

№ 11 2013

ноябрь

Научно-практический
журнал для специалистов

Республика Беларусь, г. Минск

ЭЛЕКТРОНИКА

Тема номера:

*«Программное обеспечение
компьютерных систем»*

Комплектация для систем защиты кабельной продукции в автомобильной и других отраслях промышленности



Schlemmer
CABLE PROTECTION SYSTEMS

FEK
ЗАО «ФЭК» РБ, 220015, г. Минск, пр. Пушкина, 29 Б,
тел./факс: +375 (17) 210-21-89,
+375 (29) 370-90-92; +375 (29) 274-17-13,
e-mail: info@fek.by, www.fek.by

ПОДПИСКА В БЕЛАРУСИ: «Белпочта» – 00822
ПОДПИСКА В РОССИИ: «Роспечать» – 00822
«АРЗУ – Почта России» – 91654

ISSN 1999-7515



9 771999 751006 13 011

А л в ф а ч и п л т д

Новые возможности ваших идей

- Средства автоматизации
- Электронные компоненты
- Датчики
- Сенсоры
- Устройства индикации
- Светодиоды

Прямые поставки от мировых производителей

Разработка и техническая поддержка новых проектов



SUNLIKE
DISPLAY TECH. CORP.



MICROCHIP

E-MAIL: ANALOG@ALFA-CHIP.COM
WWW.ALFACOMPONENT.COM
WWW.ALFA-CHIP.COM

БЕЛАРУСЬ, МИНСК, УЛ. Я.КОЛАСА, 3, ОФИС 8
ТЕЛ.: +375(17) 209-80-45
ФАКС: +375(17) 209-80-47

**ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

электроника
инфо

**International magazine
of amateur and professional electronics
№11 (101) ноябрь 2013**

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь

Регистрационный №71
от 05 марта 2009 года

Главный редактор:
Раковец Леонид Иванович
electronica-info@yandex.ru

Заместитель главного редактора:
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmalouskaya@electronica.by

Редактор технический:
Бортник Ольга Викторовна

Редакционная коллегия:

Председатель:

Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:

Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
e-mail: sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:

Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.

Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.

Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.

Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.

Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.

Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.

Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.

Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.

Мулярич Степан Григорьевич, д.т.н.

Петровский Александр Александрович, д.т.н.

Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.

Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:

Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс. +375 (17) 204-40-00
e-mail: s.antonovich@fek.by

Учредитель:

ТЧУП «Белэлектронконтракт»
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Пушкина, 29 Б,
тел./факс: +375 (17) 210-21-89,
+ 375 (17) 204-40-00

© Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале «Электроника инфо», допускается
с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписной индекс в РБ:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:

150 экз. отпечатано
тип. ООО «Полиграф»

г. Минск, ул. Кнорина, 50/4-401А

Лицензия №02330/0494199 от 03.04.2009 г.

Подписано в печать 01.11.2013 г.

Заказ №

СЛАВНЫЕ ИМЕНА

ПИОНЕР ИНФОРМАТИКИ.....2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....6

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

ЛЕГАЛЬНОЕ ПО В БЕЛАРУСИ.....10

ВЫСТАВКИ

ЭНЕРГЕТИКА. ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭЛЕКТРО 2013 / ENERGY EXPO.....14

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....17-39

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ HELP-СИСТЕМ,
ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ПОДДЕРЖКУ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
О.В. Пивоварчик.....17

МОДЕЛЬ И СРЕДСТВА КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ
НА ОСНОВЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
И.Т. Давыденко.....23

СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
И СРЕДСТВА КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ
Д.В. Шункевич.....27

МОДУЛИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОДЕРЖИМОГО
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ В ВЫХОДНЫЕ ФОРМАТЫ
М.В. Стержанов.....31

СТЕК АЛГОРИТМОВ СТЕГАНОГРАФИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТОВ И ДЕРЕВА НУЛЕЙ
А. Сейеди, Н.Н. Иванов.....34

ТЕХНОЛОГИИ

МОБИЛЬНЫЕ МЭМС-ИНТЕРФЕЙСЫ: МНОГООБРАЗИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИМЕНЕНИЙ
С. Сысоева.....40

АНАЛОГОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

АПЕРИОДИЧЕСКИЕ АНАЛОГОВЫЕ ФИЛЬТРЫ
В. Голуб.....53

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

«Алнар».....64	«ФЭК».....64
«Альфалидер групп».....64	«Чип электроникс».....64
«Барс-электроникс».....16	
«БелПлата».....63	
«ГорнТрейд».....30	
«Минский часовой завод».....30	
«Нанотех».....52	
«Приборостроительная компания».....64	
«Промтехсервиснаб».....63	
«СветЛед решения».....64	
«Тиком».....52	
	Обложки, цветные вставки
	Microchip.....II вст.
	«Альфасофт».....II обл.
	«Рейнбоу».....III обл.
	«ФЭК».....I обл., I вст.
	«Электроконтинент».....IV обл.
	«Дарвейт».....IV обл.

ПИОНЕР ИНФОРМАТИКИ

Современным математикам, программистам и компьютерным инженерам имя Алана Тьюринга хорошо знакомо еще со студенческой скамьи: всем им приходилось изучать «машину Тьюринга» – «основу основ» теории алгоритмов. Без «машины Тьюринга» не обходится ни один серьезный учебник по математической логике и теории вычислимости.

Почти за каждым выдающимся научным открытием стоит удивительная история. За «машиной Тьюринга» стоит история жизни научного гения – гения, который лишь через много лет после своей трагической смерти получил достойное признание.

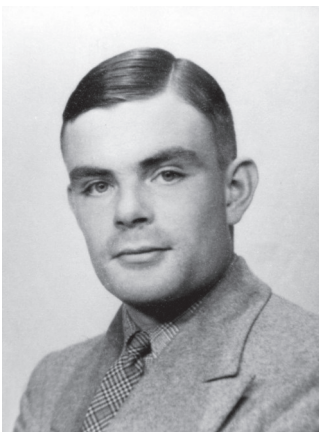
Роль А. Тьюринга в истории информатики отнюдь не исчерпывается одним лишь изобретением «машины Тьюринга», как это может иногда показаться из-за относительной скудости опубликованных (на русском языке) сведений о нем.

Алан Тьюринг может быть причислен к плеяде составляющих гордость человечества величайших математических и философских умов, таких, как Р. Декарт, Г.В. Лейбниц, Б. Рассел, Д. Гильберт, А. Витгенштейн. Удивительно, сколь злую шутку сыграло с Тьюрингом его полное безразличие к борьбе за приоритет в научных открытиях: вплоть до недавнего времени его место в истории развития научных и инженерных идей представлялось очень неполно, если не сказать односторонне (и не в последнюю очередь благодаря некоторым американским историкам науки, тщательно заботившимся об абсолютизации своего национального приоритета в создании компьютеров, да и, пожалуй, в создании всей информатики).

Кстати, именно Алан Тьюринг впервые пустил в обращение сам термин «компьютер» в современном понимании. До этого так называли тех, кто занимался вычислениями, например, банковских служащих, работавших на арифмометре.

Мемориальная доска, установленная на стене одной из лондонских гостиниц, гласит: «Здесь родился Алан Тьюринг (1912–1954), взломщик кодов («Code-breaker») и пионер информатики («computer science»). Действительно, сейчас (но отнюдь не при жизни!) Тьюринг признан одним из основателей информатики и теории искусственного интеллекта, его считают первым теоретиком современного программирования и, наконец, первым в мире хакером. (Между прочим, его «хакерская деятельность» внесла во время второй мировой войны существенный вклад в победу союзных войск над германским флотом, а один из коллег Тьюринга однажды сказал: «Я не берусь утверждать, что мы выиграли войну благодаря Тьюрингу. Однако без него могли бы ее и проиграть»).

Будущие родители Алана Тьюринга – Юлиус Мэтисон Тьюринг и Этель Сара Стоуни познакомились и обвенчались в Индии. Тьюринг служил в английском колониальном ведомстве, а Этель Сара была дочерью главного инженера Мадрасских железных дорог. Это была добропорядочная английская аристократическая семья, принадлежавшая к так называемому «высшему среднему классу» (upper-middle-



class) и жившая в соответствии со строгими традициями Империи.

Спустя год после родов мать Тьюринга вернулась в Индию, оставив Алана на попечение друга семьи, отставного полковника. Позже мальчика отдали в частный интернат.

Маленький Алан обладал очень пытливым умом. Самостоятельно научившись читать в возрасте 6 лет, он просил у своих воспитателей разрешения читать научно-популярные книги. В 11 лет он ставил вполне грамотные химические опыты, пытаясь извлечь йод из водорослей. Все это доставляло огромное беспокойство его матери, которая боялась, что увлечения сына, идущие вразрез с традиционным воспитанием, помешают ему

поступить в Public School (английское закрытое частное учебное заведение для мальчиков, учеба в котором была обязательна для детей аристократов). Но ее опасения оказались напрасны: Алан смог поступить в престижную Шербонскую школу (Sherborne Public School). Впрочем, вскоре ей пришлось опасаться уже того, сможет ли ее талантливый сын окончить эту школу...

...О школьных успехах Алана красноречиво свидетельствует классный журнал – юный Алан Тьюринг ничего не делал на уроках, а в свободное время изучал «внеклассные» науки. Пятнадцатилетним подростком он самостоятельно изучил теорию относительности: его дневниковые заметки сделали бы и в наше время честь студенту-младшекурснику.

Обстановка и стиль обучения в классической британской школе, воспитывающей добропорядочных и благонадежных подданных Империи, не располагали к дальнейшему росту подобных интересов, которые к тому же Тьюрингу было совсем не с кем разделить. Преподаваемые предметы оставляли его полностью равнодушным, он еле-еле успевал и, в конце концов, оказался перед реальной перспективой отказа в выдаче школьного аттестата, что в очередной раз привело его мать в ужас.

В 1928 году он получает неожиданный стимул для развития своего интереса к науке: этим стимулом оказывается дружба с новым одноклассником, весьма одаренным учеником по имени Кристофер Морком. В нем Тьюринг нашел долгожданную «родственную душу» и интеллектуального партнера – того, с кем ему, наконец, можно было поделиться своими размышлениями о науке.

Юношеская жажда знаний быстро сблизила Тьюринга и Моркома, они стали неразлучными друзьями. Теперь они на уроках французского языка уже вместе зевали или играли в крестики-нолики, одновременно обсуждая астрономию и математику. После окончания школы они оба собирались поступать в Кембриджский университет, и Алан, избавившийся от многолетнего одиночества, возможно, был почти счастлив...

Первая попытка сдать предварительные экзамены в Кембридж, куда они ездили вместе, была для Алана неудачной. Но он не слишком расстраивался, потому что искренне радовался за Кристофера, который успешно прошел испытания и получил стипендию. Алан надеялся поступить

со второй попытки, чтобы учиться вместе со своим другом. 13 февраля 1930 года его Криса вдруг не стало. Внезапная смерть лучшего друга потрясла семнадцатилетнего Тьюринга, повергнув его в глубокую и долгую депрессию. Тем не менее, он, бывший худший ученик в классе, нашел в себе силы поступить в Кембридж. Его поддерживало твердое убеждение в своей обязанности совершить в науке то, что Кристофер уже не мог... Тьюринг очень не скоро оправился от потрясения: уже будучи студентом Кембриджа, на протяжении нескольких лет он писал матери Моркома проникнутые душевной болью письма. В этих письмах он постоянно возвращался к размышлениям о том, как человеческий Разум и, в частности, разум Кристофера размещается внутри материальной оболочки и каким образом он освобождается от нее в момент физической смерти тела.

В 1932 году, во время одного из посещений семьи Моркомов, он составляет в их доме документ под названием «Природа Духа» – манифест своей веры в существование человеческого Духа после смерти. Основное положение этой работы состоит в том, что детерминизм традиционной физической картины мира и его очевидное противоречие с идеей свободы воли опровергаются новой наукой – квантовой физикой.

Вопрос об устройстве человеческого разума будет волновать его всю жизнь.

В 1939 году британское военное ведомство поставило перед Тьюрингом задачу разгадать секрет «Энигмы» – специального устройства, использовавшегося для шифровки радиogramм в германском военно-морском флоте и в «люфтваффе». Британская разведка раздобыла это устройство, но расшифровывать перехваченные радиogramмы немцев не удавалось.

Тьюрингу была предоставлена свобода действий. Он пригласил в свой отдел «Британской школы кодов и шифров» нескольких друзей-шахматистов. У него работал, например, Гарри Голомбек, ставший впоследствии известным судьей ФИДЕ и судивший финальный матч на звание чемпиона мира между Фишером и Спасским.

27-летнего Тьюринга и его коллег охватил настоящий спортивный азарт. Немцы считали «Энигму» неприступной. Сложность дешифровки усугублялась тем, что в закодированном слове получалось больше букв, чем в оригинале. Тем не менее, Тьюринг уже через полгода разработал устройство, названное им «Бомбой», которое позволяло читать практически все сообщения «люфтваффе». А спустя еще год был «взломан» и более сложный вариант «Энигмы», использовавшийся нацистскими подводниками. Это во многом предопределило успех британского флота.

Было обнаружено, что компьютеры все-таки могут решить не любую математическую задачу. Алан Тьюринг доказал в 1936 году, что общий алгоритм для решения проблемы остановки для любых возможных входных данных не может существовать.

В начале 1940 года он разработал дешифровальную машину «Бомба», позволявшую читать сообщения люфтваффе. Принцип работы «Бомбы» состоял в переборе возможных вариантов ключа шифра и попыток расшифровки текста, если была известна часть открытого текста или структура расшифровываемого сообщения.

Перебор ключей выполнялся за счет вращения механических барабанов, сопровождавшегося звуком, похожим

Что собой представляет машина Тьюринга?

Машина Тьюринга состоит из бесконечной в обе стороны ленты, разделенной на ячейки, и автомата (головки), которая управляется программой.

Программы для машин Тьюринга записываются в виде таблицы, где первый столбец и строка содержат буквы внешнего алфавита и возможные внутренние состояния автомата (внутренний алфавит). Содержимое таблицы представляет собой команды для машины Тьюринга. Буква, которую считывает головка в ячейке (над которой она находится в данный момент), и внутреннее состояние головки определяют, какую команду нужно выполнить. Команда определяется пересечением символов внешнего и внутреннего алфавитов в таблице.

Чтобы задать конкретную машину Тьюринга, требуется описать для нее следующие составляющие:

- внешний алфавит. Конечное множество (например, A), элементы которого называются буквами (символами). Одна из букв этого алфавита (например, a0) должна представлять собой пустой символ;

- внутренний алфавит. Конечное множество состояний головки (автомата). Одно из состояний (например, q1) должно быть начальным (запускающим программу). Еще одно из состояний (q0) должно быть конечным (завершающим программу) – состояние останова;

- таблица переходов. Описание поведения автомата (головки) в зависимости от состояния и считанного символа.

Автомат машины Тьюринга в процессе своей работы может выполнять следующие действия:

- записывать символ внешнего алфавита в ячейку (в том числе и пустой), заменяя находившийся в ней (в том числе и пустой);

- передвигаться на одну ячейку влево или вправо;

- менять свое внутреннее состояние.

Одна команда для машины Тьюринга как раз и представляет собой конкретную комбинацию этих трех составляющих: указаний, какой символ записать в ячейку (над которой стоит автомат), куда передвинуться и в какое состояние перейти. Хотя команда может содержать и не все составляющие (например, не менять символ, не передвигаться или не менять внутреннего состояния).

Пример работы машины Тьюринга

Допустим, на ленте есть слово, состоящее из символов #, \$, 1 и 0. Требуется заменить все символы # и \$ на нули. В момент запуска головка находится над первой буквой слова слева. Завершается программа тогда, когда головка оказывается над пустым символом после самой правой буквы слова.

Примечание: длина слова и последовательность символов значения не имеют. На рисунке приводится пример последовательности выполнения команд для конкретного случая. Если на ленте будет другое слово, то и последовательность выполнения команд будет другой. Несмотря на это, данная программа для машины Тьюринга (на рисунке – таблица ниже) применима к любым словам описанного внешнего алфавита (соблюдается свойство применимости алгоритма ко всем однотипным задачам – массовость).

Пример работы машины Тьюринга

Последовательность выполнения команд для частного случая

Изменения на ленте

	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 1. Не менять символ, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 2. Записать ноль, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 3. Записать ноль, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 4. Не менять символ, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 5. Не менять символ, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 6. Не менять символ, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 7. Записать ноль, сдвинуться вправо, не менять состояние.					
	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	0 →	0 →	→	→	q ₂
В ячейке 8. Нечего не записывать, стоять на месте, перейти в состояние «ошибка».					

Можно усложнить программу. Допустим, головка располагается не обязательно над первым, а над любым символом слова. Тогда программа для данной машины Тьюринга может быть такой (а могла бы быть и другой):

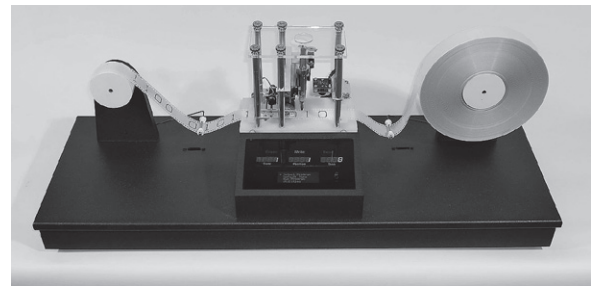
Пример программы для машины Тьюринга

	#	\$	0	1	а ₀
q ₁	←	←	←	←	→ q ₂
q ₂	0 →	0 →	→	→	q ₀

Здесь происходит сдвиг головки влево до тех пор, пока она не окажется над пустым символом. После этого машина переходит в состояние q₂ (команды которого совпадают с командами q₁ предыдущей программы).

на тиканье часов, из-за чего «Бомба» и получила свое название. Для каждого возможного значения ключа, заданного положениями роторов (количество ключей равнялось примерно 1019 для сухопутной «Энигмы» и 1022 для шифровальных машин, используемых в подводных лодках), «Бомба» выполняла сверку с известным открытым текстом, выполнявшуюся электрически.

Первая в Блетчли «Бомба» Тьюринга была запущена 18 марта 1940 года. Дизайн «Бомб» Тьюринга так же был основан на дизайне одноименной машины Реевского.



Через полгода удалось взломать и более стойкий шифр Кригсмарине. Позже, к 1943 году, Тьюринг внес ощутимый вклад в создание более совершенной дешифровальной электронно-вычислительной машины «Колосс», использующейся в тех же целях.

Даже читая зашифрованные немецкие сообщения, в марте 1943 года Великобритания стояла на грани поражения в Битве за Атлантику и во всей Второй мировой войне. Вполне вероятно, что без расшифровки кода «Энигмы» ход этой войны был бы иным.

Любая интуитивно вычисляемая функция является частично рекурсивной или эквивалентно может быть вычислена с помощью некоторой машины Тьюринга.

Алан Тьюринг высказал предположение (известное как тезис Черча-Тьюринга), что любой алгоритм в интуитивном смысле этого слова может быть представлен эквивалентной машиной Тьюринга.

Уточнение представления о вычислимости на основе понятия машины Тьюринга (и других эквивалентных ей понятий) открыло возможность для строгого доказательства алгоритмической неразрешимости различных массовых проблем (то есть проблем о нахождении единого метода решения некоторого класса задач, условия которых могут варьироваться в известных пределах).

Простейшим примером алгоритмически неразрешимой массовой проблемы является так называемая проблема применимости алгоритма (называемая также проблемой остановки). Она состоит в следующем: требуется найти общий метод, который позволял бы для произвольной машины Тьюринга (заданной посредством своей программы) и произвольного начального состояния ленты этой машины определить, завершится ли работа машины за конечное число шагов, или же будет продолжаться неограниченно долго.

Машина Тьюринга является расширением модели конечного автомата и способна имитировать (при наличии соответствующей программы) любую машину, действие которой заключается в переходе от одного дискретного состояния к другому.

Тест Тьюринга – тест, предложенный Аланом Тьюрингом в 1950 году в статье «Вычислительные машины и разум» (англ. Computing Machinery and Intelligence) для проверки, является ли компьютер разумным в человеческом смысле слова. В этом тесте один или несколько людей должны задавать вопросы двум тайным собеседникам и на основании ответов определять, кто из них машина, а кто человек. Если не удавалось раскрыть машину, которая маскировалась под человека, предполагалось, что машина разумна.

Заслуги Алана Тьюринга были по достоинству оценены: после разгрома Германии он получил орден, был включен в научную группу, занимавшуюся созданием британской электронно-вычислительной машины. В 1951 году в Манчестере начал работать один из первых в мире компьютеров. Тьюринг занимался разработкой программного обеспечения для него. Тогда он написал и первую шахматную программу для ЭВМ. Это был только алгоритм, потому что компьютера, способного применить эту программу, еще не существовало.

Шахматы были не единственным хобби этого человека. Он занимался бегом, кроссом по пересеченной местности. В 1947 году на Всеанглийском марафоне занял почетное пятое место. Кроме работы в университете, Тьюринг продолжал сотрудничать и с Департаментом кодов. Только теперь в центре его внимания были уже шифры советской резидентуры в Англии. В 1951 году он был избран членом королевского научного общества.

В 1952 году Тьюринг опубликовал работу под названием «Химические основы морфогенеза» (The chemical basis of morphogenesis), где впервые математически описывается процесс самоорганизации материи.

Все рухнуло буквально в один день. В 1952 году квартиру Тьюринга обокрали. В ходе расследования выяснилось, что это сделал один из друзей его сексуального партнера. Ученый никогда, в общем-то, не скрывал своей «нетрадиционной сексуальной ориентации», но и вызывая себе не вел. Однако скандал с кражей получил широкую огласку, и в результате обвинение в «непристойном поведении» было

выдвинуто против самого Тьюринга. 31 марта 1953 года состоялся суд. Приговор предполагал выбор: либо тюремное заключение, либо инъекции женского гормона эстрогена (способ химической кастрации). Он выбрал последнее.

Из Департамента кодов его уволили. Лишили допуска к секретным материалам. Правда, коллектив преподавателей Манчестерского университета взял Тьюринга на поруки, но он и в университете почти не появлялся. 8 июня 1954 года Алан Мэтисон Тьюринг был найден мертвым в своем доме. Он покончил жизнь самоубийством, отравившись цианистым калием.

Раствор цианида Тьюринг впрыснул в яблоко. Надкусив его, он скончался. Говорят, именно этот плод, найденный затем на ночном столике Алана, и стал эмблемой знаменитой компьютерной фирмы «Эппл». Впрочем, яблоко – это еще и библейский символ познания и греха...

10 сентября 2009 года Премьер-министр Великобритании Гордон Браун публично принес извинения за те методы, которым был подвергнут Алан Тьюринг.

В 2009 году Алан Тьюринг был признан «одной из самых известных жертв гомофобии в Великобритании».

Память об Алане Тьюринге

Одна из ежегодных наград Ассоциации вычислительной техники называется Премия Тьюринга.

Алан Тьюринг упоминается в историческом романе «Криптономикон» Нила Стивенсона и фигурирует в романе Роберта Харриса «Энигма».

Известный писатель-фантаст Гарри Гаррисон в соавторстве с американским ученым в области искусственного интеллекта Марвином Мински написал роман «Выбор по Тьюрингу» («The Turing Option», 1992).

В романе Уильяма Гибсона «Нейромант» фигурирует «полиция Тьюринга» («регистр Тьюринга»), которая занимается контролем и следит за развитием существующих искусственных интеллектов.

peoples.ru

НОВОСТИ

ОЧЕРЕДНОЕ КРУПНОЕ ОБНОВЛЕНИЕ ОС WINDOWS МОЖЕТ СТАТЬ ДОСТУПНЫМ ВЕСНОЙ 2015 ГОДА

Windows 8.1 уже официально доступна для пользователей при том, что релиз Windows 8 состоялся меньше года назад. Многие люди считают, что очередное подобное обновление может появиться где-то в конце весны – начале лета 2014 года, однако, в сети появился слух о том, что в Microsoft вынашивают другие планы по этому поводу.

Очередное крупное обновление ОС Windows может стать доступным весной 2015 года.

Как сообщает ZDNet со ссылкой на анонимный источник, отдел по разработке операционных систем Microsoft, который сейчас возглавляет Терри Маерсон (Terry Myerson), пересматривает текущую стратегию выпуска обновлений Windows. Так, сейчас разработ-

чики операционной системы намерены подготовить очередное крупное обновление к весне 2015 года.

Это обновление позволит значительно уменьшить дистанцию между настольной платформой Windows и Windows Phone. Возможно, будет введен единый магазин приложений, где пользователи смогут скачать программы, работающие на обеих системах. Во время последней встречи финансовых аналитиков Маерсон также намекнул на более пролонгированный срок действия данного патча.

До весны 2015 года Microsoft выпустит еще одно не столь существенное обновление для Windows 8.1, ориентировочно весной 2014 года, вместе с уменьшенным планшетом Surface, а также Windows Phone 8.1.

news.org.ua

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В 1953 году создатель теории информации, американский математик Клод Шеннон писал: «Наши ВМ выглядят как ученые-схоласты. При вычислении длинной цепи арифметических операций ЦВМ значительно обгоняют человека. Когда же пытаются приспособить ЦВМ для выполнения неарифметических операций, они оказываются неуклюжими и неприспособленными для такой работы».

Три этапа информационной технологии: эволюция критериев

1 Этап: машинные ресурсы. Отмеченные Шенноном функциональные ограничения, а также устрашающая стоимость первых ЭВМ полностью определяли основную задачу информационной технологии 50-х – начала 60-х гг. – повышение эффективности обработки данных по уже формализованным или легко формализуемым алгоритмам.

Основной целью тогда было – уменьшить общее число машинных тактов, которых требовала для своего решения та или иная программа, а также объем занимаемой ею ОЗУ. Основные затраты на обработку данных находились тогда почти в прямой зависимости от затраченного на них машинного времени.

2 Этап: программирование. В середине 60-х годов начался 2-й этап развития информационной технологии, который продолжался до начала 80-х годов. От технологии эффективного исполнения программ к технологии эффективного программирования – так можно было определить общее направление смены критериев эффективности в течение этого этапа. Наиболее известным результатом этого первого радикального пересмотра критериев технологии программирования стала созданная в начале 70-х годов ОС UNIX. Операционную систему UNIX, нацеленную, прежде всего, на повышение эффективности труда программистов, разработали сотрудники «Белл Лэбс» К. Томпсон и Д. Ритчи, которых совершенно не удовлетворяли имеющиеся примитивные средства проектирования программ, ориентированные на пакетный режим. На рубеже 80-х годов UNIX рассматривалась как

классический образец ОС – она начала триумфальное шествие на мини-ЭВМ серии PDP-11 в середине 70-х годов.

3 Этап: формализация знаний. Персональный компьютер, как правило, имеет развитые средства самообучения пользователя-новичка работе за пультом, гибкие средства защиты от его ошибок и, самое главное, все аппаратно-программные средства такой ЭВМ подчинены одной «сверхзадаче» – обеспечить «дружественную реакцию» машины на любые, в том числе неадекватные, действия пользователя. Основная задача персональных вычислений – формализация профессиональных знаний – выполняемая, как правило, самостоятельно непрограммирующим пользователем или при минимальной технической поддержке программиста.

Операционная система MS-DOS

MS DOS была создана в 1981 году фирмой Microsoft по заказу IBM для разрабатывавшихся тогда компьютеров IBM PC. Компьютер IBM PC, для которого была написана MS DOS, был мало похож на современные компьютеры – медленный микропроцессор Intel-8088, 256 Кбайт оперативной памяти, без жесткого диска, алфавитно-цифровой черно-белый монитор, работа лишь с односторонними 160-Кбайтными дискетами и т.д. Однако эти возможности были значительно выше, чем у конкурирующих персональных компьютеров.

Первая версия MS DOS тоже обладала гораздо более скромными возможностями, чем современные ОС. Она обеспечивала работу на компьютере лишь одного пользователя и одной программы (то есть была однопользовательской и однозадачной), поддерживала работу лишь с дискетами, клавиатурой и алфавитно-цифровым дисплеем. Зато DOS была компактной, предъявляла довольно скромные требования к аппаратуре и выполняла необходимый минимум функций для пользователей и программ. За те полтора десятка лет, которые прошли с момента появления IBM PC, технические характеристики компьютеров совершили фантастический рывок вперед. Современные компьютеры

превосходят по всем показателям (быстродействию, объему оперативной и дисковой памяти, возможностям монитора и т.д.) компьютеры начала 80-х годов в сотни и даже тысячи раз.

Поэтому фирма Microsoft внесла в MS DOS много изменений и добавлений, чтобы расширить ее возможности и более эффективно использовать новые, более мощные, компьютеры:

- в MS DOS была добавлена поддержка новых устройств (жесткого диска, новых типов дискет, компакт-дисков, расширенной памяти и т.д.), а также обеспечена возможность поддержки и любых других устройств с помощью программных драйверов;
- была включена поддержка иерархической файловой структуры на дискетах и жестких дисках;
- была обеспечена поддержка национальных клавиатур и алфавитов;
- были включены многочисленные новые возможности для пользователя (новые команды DOS, полезные утилиты, оптимизатор использования памяти, поддержка сжатия дисков и т.д.).

При выпуске новых версий MS DOS фирма Microsoft неукоснительно следовала двум важнейшим принципам:

1. Сохранение совместимости: любая версия MS DOS могла исполнять программы, написанные для любой из предыдущих версий MS DOS.

2. Работоспособность на любом компьютере: любая версия MS DOS может работать на любом IBM PC-совместимом компьютере (даже без жесткого диска, с 512 и даже менее Кбайтами оперативной памяти, с любым монитором и т.д.). Однако многие усовершенствования в MS DOS оказались невозможно добавить, сохраняя полную совместимость со всеми существующими DOS-программами: MS DOS так и осталась однозадачной ОС. Различные программные средства, позволяющие запускать несколько DOS-программ и переключаться между ними (DesqView, DosShell и др.) так и остались половинчатыми решениями, не получившими широкого распространения.

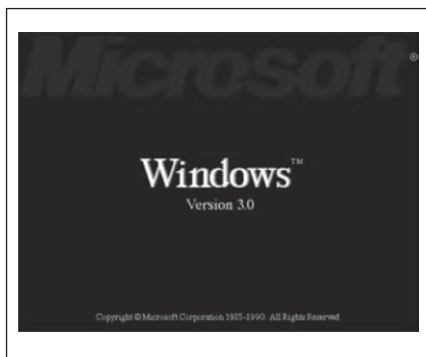
В MS DOS оказалось невозможным встроить надежные средства для защиты данных от несанкционированного доступа и организации коллективной работы с данными; DOS-программы могут выполняться только в пределах

первого Мбайта памяти, а остальная память может использоваться лишь для хранения данных.

Операционная система Windows

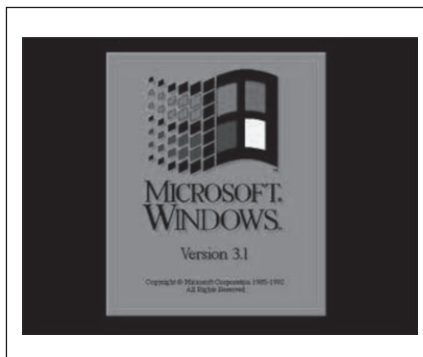
На сегодняшний момент операционная система Windows фирмы Microsoft во всех ее проявлениях бесспорно считается самой распространенной операционной системой на ПК: в мире более 150 млн совместимых компьютеров, и система Windows установлена на 100 млн из них. Очевидно что ознакомление с ПК необходимо начинать с ознакомления с Windows, ведь без нее работа на ПК немислима для большинства пользователей. Знание системы Windows – необходимый кирпичик в стене познания ПК.

История Windows берет свое начало в 1986 году, когда появилась первая версия системы. Она представляла собой набор программ, расширяющих возможности существующих операционных систем для большего удобства в работе. Через несколько лет вышла вторая версия, но особой популярности система Windows не завоевала. Однако в 1990 году вышла новая версия – Windows 3.0, которая стала использоваться на многих персональных компьютерах. Популярность

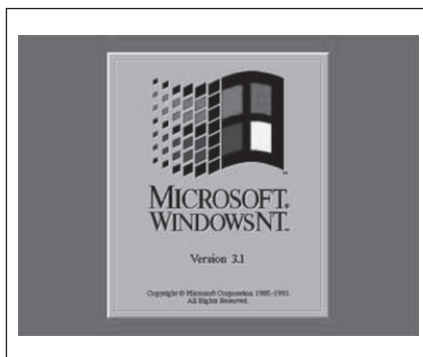


новой версии Windows объяснялась несколькими причинами. Графический интерфейс позволяет работать с объектами вашего компьютера не с помощью команд, а с помощью наглядных и понятных действий над значками, обозначающими эти объекты. Возможность одновременной работы с несколькими программами значительно повысила удобство и эффективность работы. Кроме того, удобство и легкость написания программ для Windows привели к появлению все больше разнообразных программ, работающих под управлением Windows.

Наконец, лучше была организована работа с разнообразным компьютерным оборудованием, что также определило популярность системы. Последующие версии Windows были направлены на повышение надежности, а также поддержку средств мультимедиа (версия 3.1) и работу в компьютерных сетях (версия 3.11).



Параллельно с разработкой Windows компания Microsoft в 1988 году начала работу над новой операционной системой, названной Windows NT. Перед новой системой были поставлены задачи существенного повышения надежности и эффективной поддержки сетевой работы. При этом интерфейс системы не должен был отличаться от интерфейса Windows 3.0. Интересно, что самой распространенной версией Windows NT также стала третья версия. В 1992 году появилась версия Windows NT 3.0, а в 1994 году – Windows NT 3.5.



Процесс развития операционных систем не стоит на месте, и в 1995 появилась система Windows 95, ставшая новым этапом в истории Windows. По сравнению с Windows 3.1 значительно изменился интерфейс, выросла скорость работы программ. Одной из новых возможностей Windows 95 была возможность автоматической настройки дополнительного оборудования компьютера для работы без конфликтов друг с другом. Другой

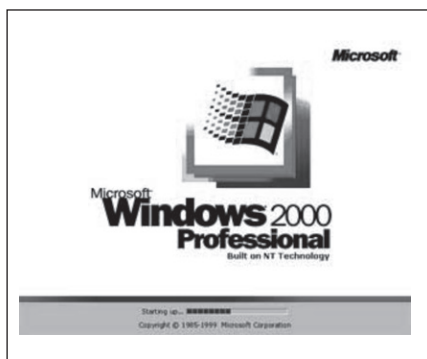
важной особенностью системы стала возможность работы с Интернетом без использования дополнительных программ.



Интерфейс Windows 95 стал основным для всего семейства Windows, и в 1996 появляется переработанная версия Windows NT 4.0, имеющая такой же интерфейс, как и Windows 95. Продолжением развития Windows 95 стала операционная система, появившаяся в 1998 году. При сохранившемся интерфейсе внутренняя структура была значительно переработана. Много внимания было уделено работе с Интернетом, а также поддержке современных протоколов передачи информации – стандартов, обеспечивающих обмен информацией между различными устройствами. Кроме того, особенностью Windows 98 является возможность работы с несколькими мониторами.



Следующим этапом в развитии Windows стало появление Windows 2000 и Windows Me (Millennium Edition – редакция тысячелетия). Система Windows 2000 разработана на основе Windows NT и унаследовала от нее высокую надежность и защищенность информации от постороннего вмешательства. Операционная система Windows Me стала наследницей Windows 98, но приобрела многие новые возможности. Прежде всего,



это улучшенная работа со средствами мультимедиа, возможность записывать не только аудио, но и видеоинформацию, мощные средства восстановления информации после сбоев и многое другое. Постепенно разница между различными системами Windows стирается, и новая операционная система Windows XP предназначена для замены как Windows 2000, так и Windows Me.



Операционная система UNIX

История ОС UNIX неразрывно связана с американской компанией AT&T Bell Laboratories и прославленными именами сотрудников этой фирмы Кэна Томпсона, Денниса Ричи и Брайана Кернигана.

С 1965 по 1969 год фирма Bell Labs совместно с компанией General Electric и группой исследователей из Массачусетского технологического института участвовала в проекте ОС Multics. Эта операционная система, хотя и не была полностью доведена до стадии коммерческого продукта, обогатила мировое сообщество системных программистов массой ценных идей, многие из которых сохраняют свою актуальность по сей день и используются

применительно не только к операционным системам.

Основным недостатком ОС Multics, который, по всей видимости, и помешал довести систему до уровня программного продукта, была ее чрезмерная сложность. Оставив проект Multics, немногочисленная группа сотрудников Bell Labs решила разработать свою собственную простую операционную систему, пригодную для их собственных нужд. С этого и началась ОС UNIX. Название UNIX было придумано Брайаном Керниганом для простейшей операционной системы, работавшей на PDP 7 (1970 г.). Эта система была написана на языке ассемблера и была мало похожа на современный UNIX: сохранились только общие подходы к логической организации файловой системы и управлению процессами, а также некоторые утилиты для работы с файлами. В 1971 году система была переписана (все еще на языке ассемблера) для более мощной ЭВМ PDP 11/20. В первой версии ОС UNIX для PDP 11 были воплощены уже почти все идеи, признаваемые теперь как основа UNIX. Отсутствовал только механизм взаимодействия процессов через программные каналы (pipe), но и этот механизм появился во второй версии системы. Параллельно с этим велась разработка языка программирования, пригодного для написания операционных систем. На основе существовавшего к этому времени языка BCPL был создан популярнейший теперь язык Си.

И, наконец, в 1973 году ОС UNIX была переписана на языке Си. Основными разработчиками этого варианта системы были Томпсон и Ритчи. Широкое распространение получила шестая версия UNIX (1975 г.), но подлинную революцию произвела разработка седьмой версии, которая стала первой по-настоящему

мобильной версией системы. Это было продемонстрировано прежде всего самими разработчиками, осуществившими успешный перенос системы с 16-разрядной PDP 11 на 32-разрядную ЭВМ Interdata 8/32 (1977 г.).

С 1979 года UNIX Version 7 начала активно распространяться и была перенесена на множество разнообразных ЭВМ. Важным этапом в истории ОС UNIX явилась разработка версии системы для ЭВМ VAX 11/780 (UNIX 32V). Эта работа была выполнена сотрудниками Bell Labs Джоном Рейзером и Томом Лондоном и получила дальнейшее развитие в Калифорнийском университете (г. Беркли) в серии BSD UNIX. В дальнейшем история ОС UNIX развивалась весьма бурно, так что проследить все детали затруднительно. В настоящее время с тематикой ОС UNIX связано множество коммерческих фирм и исследовательских организаций. Среди них имеются и организации, разрабатывающие новые варианты системы, и фирмы, занимающиеся исключительно переносом существующих вариантов на новые ЭВМ.

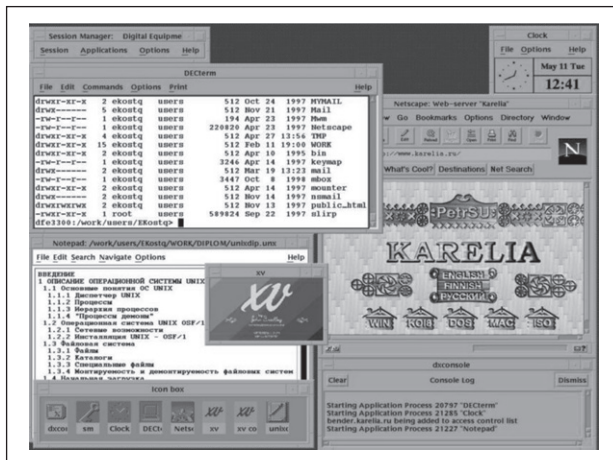
Операционная система Linux

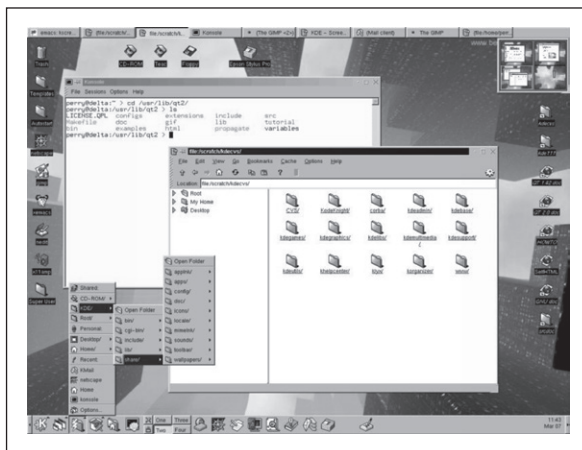
Первоначально Linux создавался Линусом Торвалдсом, как хобби. Его вдохновила операционная система Minix. Дальше Linux стал разрабатываться группой энтузиастов UNIX. Сегодня Linux – полноценная операционная система UNIX, способная работать с «X Windows», TCP/IP, Emacs и прочими пакетами. Что делает Linux столь отличным от других операционных систем? Он был создан и продолжает совершенствоваться и развиваться группой добровольцев. Все желающие приглашаются подключиться к этой работе. Единственное, что требуется, – это интерес к семейству UNIX и желание совершенствовать свои навыки в этой среде. Университеты по всему миру применяют Linux в учебных курсах по программированию и проектированию операционных систем.

Главные отличия Linux от UNIX

Цена. Коммерческие UNIX системы стоят 1000–3000 USD. Linux распространяется бесплатно или для коммерческих дистрибутивов по сравнительно низкой цене.

Лицензионная политика. Linux распространяется вместе с исходными текстами и под лицензией, которая не разрешает использовать Linux, не распространяя исходных текстов. Эта политика постоянно поддерживает цену





коммерческих дистрибутивов Linux на низком уровне. Эта политика делает также невозможным использования тактики имени Microsoft – использование недокументированных возможностей системы.

Переносимость. Linux с самого начала был предназначен для работы на IBM совместимых компьютерах. Отсюда его невысокие требования к ресурсам.

Операционная система OS/2

Когда бета-тестеры получили Chicago, первую публичную версию Windows 95, те, кто уже использовал OS/2, отметили чрезвычайную схожесть двух систем. Например, обе начинают работу с показа красивой заставки, а затем приглашают пользователя к работе за вместительным рабочим столом; обе системы рассматривают иконки и программы как объекты; обе используют правую кнопку мыши для управления поведением объектов; обе используют более 20 дискет для инсталляции. Пользовательский интерфейс обеих систем имеет одинаковый уровень изощренности, требования к аппаратным ресурсам компьютера похожи, и они обе основаны на использовании одинакового набора лежащих в основе системы технологий. Эти технологии включают многозадачность и многоплатформенность, способность выполнять DOS-программы с помощью виртуальных машин процессоров Intel 80x86, полную 32-битную организацию. И это не случайно.

С тех пор, как IBM выпустила версию 2.0 OS/2, а Microsoft решила позиционировать Windows NT как корпоративную ОС, стала ясно видна важная брешь в линии операционных систем Microsoft, которую и заполнила IBM. Попытки Microsoft выдвинуть Windows 3.1 на ту же роль наиболее развитой ОС для настольных систем, что и OS/2, имели ограниченный

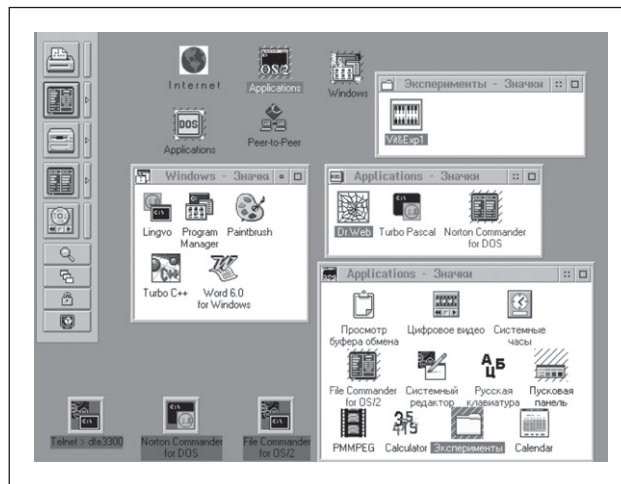
успех. Аналитики считают, что корпорация Microsoft действительно хотела, чтобы Windows NT заняла на рынке то же место, что и OS/2, но OS/2 уже заняла его к тому времени, когда вышла Windows NT. В результате Microsoft стала нести потери в объемах продаж, и, что более важно, терять твердую почву для своих операционных систем.

Когда стало ясно, что Windows NT вряд ли в полной мере станет лидером настольных ОС высшего класса, маркетинговая машина Microsoft стала меньше говорить о возможностях Windows NT и начала говорить о возможностях Windows 95. Ясно, что IBM и OS/2 оказали значительное влияние на стратегию Microsoft в области операционных систем. IBM, в свою очередь, постоянно создает здоровую конкуренцию для линии Windows. Windows 95 не сравнима с OS/2 2.2. Скорее конкурировать будут Windows 95 и OS/2 Warp 3/0. Warp – это выстрел с дальним прицелом, направленный на вытеснение Windows. И хотя Warp имеет некоторые исходные преимущества и система выглядит «лучше», Windows по-прежнему является надежным выбором. Имена операционных систем могут измениться, но равновесие в битве IBM/Microsoft останется тем же. Через два года Microsoft и IBM смогут обмениваться аналогичными выстрелами в сражении Cairo – OS/2 вместо Windows 95 – Warp.

Существуют две причины – фактическая и эмоциональная, – которые мешают установлению перемирия между этими двумя компаниями: «Фактически, IBM была в этой области первой. OS/2 превратилась в работающий продукт со своей версией 2.0 в 1992 году. С этого времени она стала многозадачной, многоплатформенной системой с удобным объектно-ориентированным интерфейсом. Усилия по развитию OS/2 были неторопливыми и постоянными, и система получала похвалы и поддержку

на всем пути своего развития. Однако Windows по-прежнему держала наибольшую долю рынка. Преимущества OS/2 были не всесторонними и, несмотря на усилия технических и маркетинговых специалистов IBM, система не стала вполне совершенной. В отношении управления системой, с OS/2 работать не проще, чем с Windows. Конфликты с аппаратной и программной совместимостью могут по-прежнему вызывать проблемы, и их решение не выглядит универсальным и интуитивным». Эмоционально, IBM чувствует себя «преданной» Microsoft, которая сбежала из рядов разработчиков OS/2. Это не совсем справедливо по отношению к Microsoft, так как компания вправе вкладывать свои капиталы в ту сферу деятельности, которая по ее мнению принесет наибольшую прибыль. Хотя Microsoft могла бы вести себя более тактично и продолжать партнерство по OS/2.

Хотя сейчас IBM далеко не та компания, какой она была в те далекие дни, когда она доминировала на рынке персональных компьютеров, ей тоже не хватает такта. Эта компания была первой так долго, что она не умеет выступать в вторых ролях. Первоначальная стратегия игнорирования общественных потребностей и навязывания дорогих, но не всегда обоснованных решений, быстро потерпела неудачу. С появлением клонов персональных компьютеров отпала необходимость платить больше только за марку IBM. Поэтому с момента появления версии OS/2 2.0 IBM изменила свою стратегию. Она стала играть по тем же правилам, по которым играют остальные компании.



Екатерина Колпакова
kolpakova-ea.narod.ru

ЛЕГАЛЬНОЕ ПО В БЕЛАРУСИ

Вопрос защиты интеллектуальной собственности для Беларуси — из разряда не утрачивающих актуальности уже много лет. Тем не менее, год от года в прессе появляются данные о значительном улучшении (а то и вовсе разрешении!) проблемы защиты интеллектуальной собственности в сфере программного обеспечения. Мы решили не доверять сомнительным фактам и отправились за разъяснениями к человеку, который знаком с ситуацией не понаслышке — Игорю Ивановичу Верховодко, управляющему партнеру компании «Бизнесконсалт», которая представляет в Беларуси интересы Business Software Alliance.



— Добрый день. Охарактеризуйте, пожалуйста, ситуацию, сложившуюся в Беларуси в сфере защиты интеллектуальной собственности по части программного обеспечения.

— Вообще у нас дела в этой сфере обстоят по-разному, на этот вопрос можно отвечать с нескольких ракурсов. С одной стороны, это вопрос активности правообладателя, с другой, это вопрос активности тех органов, которые должны бороться с нарушением авторских прав. Третья сторона — это законодательная база, которая является основой для борьбы с контрафактом. Давайте разбираться с конца. С законодательной базой у нас все более-менее хорошо. У нас примерно такая же база как, допустим, в России, и наши правоохранительные органы полностью вооружены законами, которые позволяют эффективно вести борьбу с пиратством. Против пиратов можно применять административную и уголовную ответственность, и никаких препятствий к этому не существует. Вторая составляющая — активность правообладателей. В отношении аудио- и видеопродукции правообладатели активизировались достаточно давно, в этой области наработан богатый опыт — правоохранительные органы прекрасно осведомлены о том, как выявлять контрафакт, как бороться с теми уловками, которыми пользуются пираты. Т.е. в этом направлении имеется целый набор средств, целый формат работы с нелегальной продукцией. А вот в отношении программного обеспечения правообладатели пока серьезно не активизировались в Республике Беларусь, нет масштабных действий, которые вызвали бы к жизни работу правоохранительных органов. А те, как известно, работают по остаточному принципу. То есть, если правообладатель своими активными действиями побуждает их к работе, то такая работа проводится. Если правообладатель «спит», то, соответственно, пассивны и правоохранители. А немногочисленные рейды могут выявлять только незначительное количество пиратского программного обеспечения и, в основном, в отношении продавцов нелегальной продукции. Что же касается обычных пользователей, то в этом плане проблема достаточно серьезная, ведь милиция не обязана

осуществлять рейды в их отношении и проверять используемое ими ПО на лицензионность. Зачастую правоохранительные органы работают по заявлению правообладателей или каких-то лиц. Я уже говорил, что помимо заявлений правообладателей встречаются заявления и потребителей или тех лиц, которые случайно или по роду деятельности обнаруживают факты использования нелегального программного обеспечения. Например, совсем недавно был случай, когда программист организации обратился с заявлением в отношении этой самой организации в милицию с просьбой привлечь ее руководителя к ответственности за использование нелегального программного обеспечения. Милиция провела проверку, правда результаты ее пока не известны, сейчас вопрос находится на стадии решения об

уголовном или административном преследовании организации и ее должностных лиц.

— Как Вы считаете, почему наши правообладатели настолько пассивно ведут себя? Не отстаивают свои права хотя бы так же, как это делается в России?

— Дело в том, что у правообладателя есть несколько направлений деятельности. Я уже говорил, что это, во-первых, работа с государственными органами всех уровней, включая Правительство. С другой стороны, проведение образовательных мероприятий: семинаров, различных форумов, распространение методических материалов, выступления в СМИ. Третье — работа с пользователями, с продавцами, со всеми теми, кто причастен к процессу использования и продажи нелегального программного обеспечения. Это тоже целая серия мероприятий: рейды, различного рода и формата проверки, информационные сообщения, звонки, повторные звонки, подача заявлений о привлечении к ответственности и т.д. Эта система мероприятий, помимо того, что глобальная, еще и затратная. Поэтому для организации такой деятельности в определенной стране необходимо, чтобы в ней был аккредитован правообладатель и находились его представители. В общем, курирование различных структур со стороны правообладателя — это достаточно громоздкий механизм, требующий временных и финансовых затрат. Поэтому, с учетом того, что определенные программные продукты могут быть не очень распространены в Беларуси, правообладатель самостоятельно принимает решение о целесообразности борьбы с контрафактным программным обеспечением. Что касается активности правоохранителей, как видите, она не очень высока вследствие низкой активности правообладателей.

— Т.е. можно сказать, что наш рынок невелик и потому не стоит затрат на преследования пиратов?

— Это только одна сторона проблемы, потому что любой рынок, велик он или невелик, все равно дает определенную

отдачу и работать на нем целесообразно. К примеру, нельзя сказать, что нет смысла завозить стиральный порошок в Беларусь, потому что здесь проживает малое количество людей и, следовательно, здесь мало стирают. Все равно это рынок, дающий определенный доход. Соответственно, каждый производитель стремится к тому, чтобы максимально охватить круг потенциальных покупателей. Просто у любой компании есть свои приоритеты, в соответствии с которыми они действуют и выходят на конкретные рынки: сразу на рынки самых больших и развитых стран, потом на все остальные. Вторая проблема, которая серьезно влияет на этот процесс, – готовность государства и общества к борьбе с пиратством. В начале 90-х годов государство предприняло серьезные шаги по борьбе с порнографией, и сейчас вы ни в одной розничной точке не купите открыто продукцию эротического содержания. Точно также в развитых странах, например, в Германии или Австрии, вы не сможете купить нелегальный софт в магазине. Он распространяется по другим каналам, но не продается открыто и не доступен широкому потребителю. Для того, чтобы аналогичная ситуация сложилась и в плане контрафактного программного обеспечения, государство должно отдавать себе отчет, что оно готово начать массированную атаку на пиратов. Все равно к этому все придет: как пропала из продажи порнография, так, рано или поздно, пропадет и нелегальное программное обеспечение. Нет смысла скрывать, что сегодня нелегальное программное обеспечение используется не только простыми жителями Беларуси, но и государственными и даже правоохранительными органами. Я могу привести пример, когда наши представители правообладателя участвовали в составлении административного материала на одного из продавцов контрафактной продукции в виде ПО на компакт-дисках. Проходящие мимо сотрудники милиции попытались попросить пиратский диск для того, чтобы обновить ПО на своих компьютерах. Показательно, правда? Соответственно, пока государство само не решится на борьбу с этим явлением, то и у правообладателей не будет возможности начать широкомасштабную борьбу. Если сегодня милиция накажет какого-то конкретного нарушителя, то вторым шагом может быть наказание самой милиции за использование нелегального программного обеспечения. И это нужно понимать.

– Игорь Иванович, а Вам не кажется, это еще вопрос привычки и удобства? Когда годами в любой организации, будь то государственной или частной, работают на ПК под управлением Windows, то просто так перейти сразу на бесплатную операционную систему, например, Linux, невозможно, потому что одно тянет за собой другое, третье. По сути, замену всего софта. А у новых программ может быть еще и разный принцип работы...

– Я с этим согласен, но хочу сказать вот что: лицензионное программное обеспечение не дешево, но, при этом, если организация покупает компьютер, то в ее интересах купить его с лицензионным ПО. Потому что когда вы тратите 1000-1500 долл. США на ПК, то вы сталкиваетесь с тем, что разница в цене между легальным и контрафактным программным обеспечением невелика. И проще сразу купить машину с установленным ПО, чем получить «железо», а потом искать нужные программы. Вы попытаетесь их устано-

вить, а они не устанавливаются, или плохо работают, или заражают ваш компьютер вирусами. Зачем все это надо? Опять-таки, если для работы необходим широкий набор программ, то обычный пользователь просто не справится с их установкой – придется нанимать программиста или системного администратора, что влечет увеличение затрат. В этом нет ни малейшего смысла.

– Получается, что лицензионный софт себя окупает в процессе эксплуатации?

– Да, именно так. К тому же, большое количество интересных обновлений могут стать побудительным мотивом к использованию лицензионного софта. Также правообладатели зачастую организуют проверки ПО. Вам, наверное, приходилось сталкиваться с ситуациями, когда та или иная программа предлагает проверить лицензионность вашей версии или просто обновиться. Если это пиратский софт, то он просто не пройдет проверку – на экране появится значок, который свидетельствует о том, что ваша система является нелегальной. Это очень неприятно. Это как купить джинсы, на которых наклеена этикетка «украдено».

– Игорь Иванович, может быть, в нашем законодательстве чего-то не хватает, чтобы правообладатели могли расправить свои крылья и начать проводить широкомасштабную работу по выявлению нелегального софта? И в связи с этим еще один вопрос. Сейчас, когда происходит интеграция Беларуси, России и Казахстана в рамках единого пространства, может быть, предполагается унификация законодательных баз между этими странами именно в области защиты интеллектуальной собственности?

– На самом деле наше законодательство очень похоже, потому что основные вопросы, которые связаны с защитой объектов авторского права, регулируются кодифицированными законами. Кодифицированные законы, как правило, принимаются на основе модельных законов, которые разрабатываются, к примеру, в рамках СНГ. Соответственно, правовая защита объектов авторского права примерно одинакова в России и у нас. Если мы возьмем, например, административную ответственность, то найдем очень незначительные различия. Например, в Беларуси наказывается использование и продажа контрафактного ПО, а в России наказывается, кроме этого, еще и перевозка, хранение и т.д. Законодательная база у нас хорошая, она позволяет эффективно привлекать к ответственности правонарушителей, просто для этого нужно, чтобы государство двинулось в этом отношении. В России ведется статистика о правонарушениях в сфере интеллектуальной собственности. Каждый правоохранительный орган в течение определенных промежутков времени отчитывается, сколько проведено рейдов, сколько выявлено нарушений, какие меры ответственности приняты. У нас этого нет, а если бы было, то была бы и статистика. Согласитесь, если есть необходимость статистической отчетности, то проставлять в ней нули – не в духе нашего менталитета, и, значит, после нулей появились бы единицы, десятки и т.д. Пока же этого нет, работа правоохранителей напоминает сонное царство. Государство должно дать команду, что «мы боремся с нелегальным софтом». Как это было сделано в случае с порнографией. Вот тогда уже каждый

милиционер будет считать своим долгом при проведении любой проверки или рейда обратить внимание и на то, продаются ли контрафактные диски или используется ли в деятельности каких-то организаций нелегальное ПО.

– Выходит, что все зависит от государства?

– Это процесс, который имеет постепенное развитие: укрепление сознания государства, укрепление активности правообладателей и, соответственно, усиление активности правоохранительных органов. И это не происходит одновременно. Развитие есть, но его надо форсировать. Тогда, я думаю, у нас все будет хорошо.

– Какими методами его можно форсировать?

– Активность правообладателей усиливается, сознание правоохранительных органов тоже развивается, потому что и правообладатели не сидят на месте. Во-первых, они общаются с правоохранительными органами, для сотрудников которых уже начинает становиться обычным вопрос невозможности использования нелегального ПО. Когда правоохранительные органы получают методические материалы, когда они начинают учиться отличать ворованное ПО от лицензионного, то они вооружаются этими знаниями и начинают проявлять их на практике.

– Возвращаясь к статистике. А есть ли какая-то статистика по рынку контрафактного ПО?

– Нет, такой статистики нет, это невозможно точно посчитать. Но по оценкам BSA, у нас на рынке 83–85 % нелегального ПО. Вероятно, даже больше.

– Но, тем не менее, тенденция к снижению есть?

– Да, конечно. С учетом того, что активность правообладателей усиливается, сокращается и рынок контрафактного ПО на 2–5 % в год. Но это очень субъективные цифры. Если сравнивать наши достижения с достижениями Казахстана, который заявляет о росте доли легального ПО на 5–10 % в год, то наши успехи более скромные. Скорее всего, эта цифра все-таки на уровне 1–2 %. Но еще раз повторюсь, что это очень сложно подсчитать, и никакой официальной статистики на этот счет нет.

– Может быть, есть тогда статистика выявленных правонарушений?

– В этом плане все тоже очень относительно. Количество выявленных правонарушений растет. Если два года тому назад заявления в милицию о продаже контрафактного программного обеспечения влекли немотивированный отказ, то сейчас правоохранительные органы реагируют на эти обращения. В то же время, могу сказать, что среди правоохранительных органов, которые наделены правом борьбы с контрафактом, присутствует Комитет государственного контроля и Национальный центр интеллектуальной собственности, однако, они этим не занимаются, хотя закон наделяет их такими полномочиями. И, соответственно, обязывает бороться с нелегальным программным обеспечением.

– Насколько жестко наказание за использование нелегального ПО?

– Согласно Кодексу об административных правонарушениях, административная ответственность может

налагаться в виде штрафа: на гражданина – от 20 до 50 базовых величин, на индивидуального предпринимателя – до 100 базовых величин, на юридическое лицо – до 300 базовых величин. Во всех случаях с конфискацией предмета правонарушения. Но есть и уголовная ответственность, которая прописана в 31-й статье Уголовного кодекса. Для того, чтобы наступила уголовная ответственность, необходимо, чтобы была административная преюдиция или был причинен крупный ущерб – 500 базовых величин (это чуть более 6000 долл. США) и более. Представьте крупную организацию, которая, предположим, владеет парком в 100 компьютеров. К любому руководителю такой организации можно прийти и обеспечить уголовное дело. Но нельзя же посадить всех, поэтому не спешит и государство, и правообладатели. Понятно, что можно подать заявление о том, что все вокруг используют нелегальное ПО, но тогда придется полстраны привлечь к ответственности – так ведь нельзя поступать. Поэтому правообладатели всегда начинают с мер убеждения, разъяснения, и лишь когда имеется дело со злостными нарушителями, которые с особым цинизмом упорствуют в использовании нелегального ПО, тогда принимаются карательные меры. Так вот, если у нас есть административная преюдиция или причинен ущерб в крупном размере вследствие продажи объектов авторского права, тогда такие деяния наказываются общественными работами или штрафом, или ограничением свободы на срок до трех лет или лишением свободы на срок до двух лет. Если то же самое нарушение авторских прав совершается повторно или группой лиц по предварительному сговору или должностным лицом, либо влечет причинение ущерба в крупном размере, то тогда наказанием может быть штраф или арест на 6 месяцев или ограничение свободы на срок до 5 лет или лишение свободы на срок до 5 лет. Сами понимаете, что пять лет лишения свободы – достаточно серьезная санкция, поэтому недооценивать проблему нельзя.

– А кто из правообладателей наиболее активен в нашей стране?

– В нашей стране, конечно же, наиболее активен Microsoft. Из других организаций я бы назвал Autodesk. Хочу отметить, что BSA всегда выступает единым фронтом: принимая какие-либо действия по линии одной компании, BSA предлагает те же самые действия другим правообладателям и, так или иначе, работает в их интересах.

– Скажите, пожалуйста, по вашему мнению, насколько вредно пиратское программное обеспечение и насколько широко стоит проблема его использования?

– Мы всегда оперируем пониманием того, что использование пиратского ПО приводит к появлению проблем у конечных потребителей. Это всевозможные «трояны» и вирусы, которые могут привести вплоть к поломке компьютера. А на самом деле проблема куда масштабнее. Представьте себе, что нелегальное программное обеспечение используется в Национальном банке или любом другом банке, где не прошел ваш платеж в результате того, что остановилась система. Или, например, использование контрафактного ПО в управлении противоракетным зенитным комплексом. Это

уже национальная безопасность. И нет ни одной нормы, которая говорит о том, что хотя бы на этом уровне нужно обеспечить все компьютеры лицензионным программным обеспечением. Вот это прямая функция государства, и игнорировать этот вопрос неправильно. В концепции Национальной безопасности есть фраза о том, что мы должны обеспечить инновационное развитие, привлечение инвестиций, технологический рост и т.д. И в том числе за счет собственного развития. Я понимаю, что здесь имеется в виду разработка собственных программ и ОС. Понятно, что ставить такие задачи в Беларуси на ближайшую перспективу нереально, потому что под этим нет никакой основы. Но обеспечить безопасность за счет чистоты импортной составляющей возможно. Уместно вспомнить про старую шутку о космическом корабле, который вышел на орбиту, телефонная связь с ним осуществлялась по спаренной линии, а бабушка умерла и забыла положить трубку. Так и здесь: использование

нелицензионного ПО в космосе или на атомной электростанции, построенной в Островце, может привести к чему угодно. Хотя ни в одних документах, которыми сопровождается строительство АЭС, не написано, что там должно использоваться только лицензионное ПО. В вопросе нелицензионного софта сегодня мы зависим от субъективных решений руководства. Например, если руководство атомной станции даст команду использовать только лицензионное ПО – это хорошо. А если не даст такой команды? Мы с вами в определенной мере зависим от какого-то субъективного решения чиновника. Это неправильно. Мы должны жить в сбалансированной системе, которая предоставляет нам достаточно механизмов защиты. А в такой ситуации, когда наша защита зависит от того, в каком настроении проснулся начальник, с какой он ноги встал и есть ли сегодня деньги на предприятии, обеспечить это невозможно.

techlabs.by

НОВОСТИ

В ПК С WINDOWS 8 НАЙДЕНА «ДЫРА» ДЛЯ ШПИОНАЖА

По сведениям журналиста немецкого издания Die Zeit, власти Германии считают, что компьютеры под управлением Windows 8 позволяют шпионить за их владельцами благодаря встроенному бэкдору.

Федеральное управление по информационной безопасности Германии (BSI) выступило с предостережением, что компьютеры под управлением операционной системы Windows 8, вероятно, представляют более высокий уровень угрозы для пользователей, компаний, государственных ведомств и операторов объектов инфраструктуры государства, сообщает Reuters.

В частности, в заявлении говорится, что комбинация Windows 8 и микроконтроллера TPM (Trusted Platform Module) 2.0, которым оснащаются компьютеры под управлением Windows 8, ведет к «потере контроля над аппаратным и программным обеспечением системы». Это, утверждают в управлении, позволяет, в свою очередь, скрыто удаленно получать доступ к системе третьим лицам.

В связи с этим в управлении рекомендуют внимательно изучить предлагаемое решение и с осторожностью использовать ПК на базе Windows 8 в компаниях и организациях, хакерские атаки на которые могут привести к серьезным последствиям.

Официальная позиция BSI была разъяснена на сайте управления после нагнетания атмосферы немецким изданием Die Zeit. Недавно оно опубликовало статью, в которой говорилось, что BSI нашла в модуле TPM бэкдор (лазейку), предназначенный для осуществления слежки со стороны Агентством национальной безопасности США (NSA).

Автор статьи Патрик Бойд (Patrick Beuth), со ссылкой на внутренний документ BSI, который якобы оказался

в его распоряжении, сообщил, что BSI подозревает американские спецслужбы в шпионаже с помощью технологии TPM. То есть компьютеры с американскими технологиями, распространяемые по всему миру, однажды могут начать выполнять команды, которые на них будут присылать NSA или другие спецслужбы.

Бойд написал статью под впечатлением от серии новостей, связанных с раскрытием деятельности NSA. Однако BSI поспешила выступить с официальным заявлением, в котором пояснило, что лишь рекомендует с повышенной осторожностью относиться к указанным технологиям, и что никаких предположений в шпионаже со стороны США управление не имеет.

Модуль TPM был разработан некоммерческой организацией Trusted Computing Group, в состав которой входят американские компании AMD, Cisco, HP, IBM, Intel, Microsoft и другие. Он включает в себя средства ограничения шифрования, удаленного контроля за системой и удаленной защиты данных. В частности, с помощью TPM удаленный пользователь может запретить владельцу ПК изменять или копировать приобретенный им цифровой контент.

Ранее американские компании опровергли свою связь со спецслужбами США, заявив, что они всего лишь обрабатывают поступающие к ним запросы на предоставление данных о пользователях, если эти запросы являются легитимными. Участие в каких-либо программах, связанных со шпионажем, они отрицают.

Пока установка модуля TPM в компьютеры является добровольной, однако, в ПК с предустановленной Windows 8.1 его наличие будет обязательным.

cnews.ru

ЭНЕРГЕТИКА. ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭЛЕКТРО 2013 / ENERGY EXPO

В соответствии с распоряжением Премьер-министра Республики Беларусь № 221р от 7 августа 2013 г. Министерство энергетики совместно с заинтересованными с 15 по 18 октября 2013 года провели в городе Минске (пр. Победителей 20/2, Футбольный манеж) XVIII Белорусский энергетический и экологический форум, который включал XVIII Международную специализированную выставку «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро» (EnergyExpo' 2013) и XVIII Белорусский энергетический и экологический конгресс. Для подготовки и проведения форума был создан организационный комитет во главе с Первым заместителем Премьер-министра Республики Беларусь В.И. Семашко.

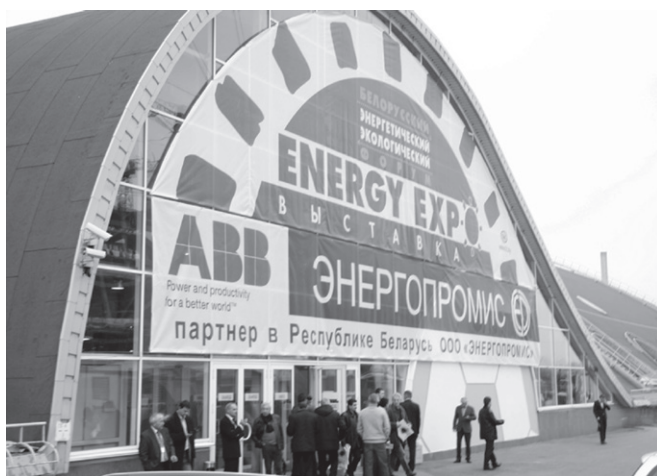
Цель проведения форума – смотр современных достижений науки, техники и технологий в сфере энергетики, энергосбережения, автоматизации, электроники, защиты окружающей среды, использования возобновляемых источников энергии.

Выставка EnergyExpo традиционно с 1995 года привлекает внимание ведущих белорусских и мировых производителей оборудования, технологий и материалов для

энергетики, экологии, энергосбережения и электротехники и является одной из самых крупных по данной тематике в странах СНГ и Балтии.

В 2013 году на выставке была представлена продукция более 360 предприятий и организаций из 18 стран мира (Беларусь, Россия, Украина, Молдова, Литва, Эстония, Польша, Чехия, Германия, Австрия, Франция, Швейцария, Италия, Дания, Швеция, Финляндия, Китай, США). При этом пятая часть участников – иностранные экспоненты. В структуре экспозиции были предусмотрены отраслевые разделы Министерства энергетики, Министерства промышленности, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Государственного комитета по науке технологиям, Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации.

В рамках форума компании-участники выставки провели 10 семинаров-презентаций, на которых отечественные и зарубежные эксперты представили современные технические и технологические решения в области энергетики и экологии.







ООО «БАРС-ЭЛЕКТРОНИКС»

г. Минск, ул. Притыцкого, 62/2-1035,
тел.: +375 17 254-72-11,
моб.: +375 29 647-53-76,
+375 29 705-04-15,

e-mail: info@elbars.com
pcb@elbars.com
web: www.elbars.com

1. Трафареты для поверхностного монтажа печатных плат.
2. Электрополировка. Срок изготовления 3 дня.
3. Разработка и поставка печатных плат.
4. Монтаж печатных плат.
5. Поставка электронных компонентов.
6. Светодиодное оформление витрин, фасадов зданий.
7. Изготовление LED прожекторов.

СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ HELP-СИСТЕМ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ПОДДЕРЖКУ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 004.82:004.55

О.В. Пивоварчик,

Барановичский государственный университет, г. Барановичи

Аннотация

В статье представлена модель интеллектуальной help-системы, ориентированной на поддержку разработки интеллектуальных систем. Предложены языковые и инструментальные средства для проектирования help-систем. В качестве языковых средств используются sc-языки представления и обработки знаний.

Введение

Проектирование интеллектуальных систем, решающих такие трудно формализуемые задачи, как обработка текстов, обучение и самообучение, распознавание образов, оптимизация процессов и др., представляет собой сложный технологический процесс и требует использования технологий проектирования программ. Технология проектирования программного обеспечения включает в себя методы и инструментальные средства, которые необходимо использовать при создании программ. Следовательно, технология включает следующие компоненты:

- теорию программ;
- библиотеку типовых многократно используемых компонентов;
- инструментальное средство проектирования программ;
- методику проектирования программ;
- методику обучения проектированию программ.

Разработка интеллектуальных систем требует глубоких знаний современных технологий программирования. Изучение таких технологий – трудоемкий процесс. Поэтому, важной задачей является сокращение сроков освоения технологий, не приводящее к потере качества разрабатываемых интеллектуальных систем. Одним из способов решения данной задачи является создание программных средств поддержки разработки интеллектуальных систем, которые решают задачи консультантов по проектированию программ. Такие системы будем называть интеллектуальными help-системами. Интеллектуальная help-система представляет собой оформление документации по технологии разработки программ в виде интеллектуальной справочной и обучающей системы, которая обеспечивает всестороннее информационное обслуживание пользователей [1]. Интеллектуальная help-система решает такие актуальные задачи как информационное обслуживание и обучение пользователей, увеличение количества разработчиков интеллектуальных систем, сокращение сроков разработки интеллектуальных систем.

По функциональности существующие в настоящее время help-системы можно разделить на справочные гипертекстовые системы и обучающие системы. Системы каждого из этих классов направлены на решение определенных задач. Справочные гипертекстовые системы обеспечивают быстрый и удобный доступ к информации, поиск по определенному реквизиту, обладают гибкими возможно-

стями редактирования текста, простым и удобным выводом текста документа в файл и на печатающее устройство. Справочные гипертекстовые системы можно разделить на следующие подклассы: электронная документация (pdf, rtf, doc, docx, ePub, fb2 и др.), help-файлы (WinHelp, MS Help, HelpScribble, WebHelp, FlashHelp, HTMLHelp, NetHelp, WebHelp, JavaHelp, AnetHelp Tool, Help And Manual, Mif2GO, RoboHelp и др.), online справка (www.msdn.com, www.help.eclipse.org, www.ibm.com/developerworks, www.rsdn.ru, www.codeteacher.com, www.help-site.com, www.programmingtutorials.com, www.scientific-library.net, www.intuit.ru, www.emanual.ru и др.), wiki-документации. Обучающие системы содержат описание теории программ, подсистему оценки знаний пользователя, подсистему планирования и управления обучением, а также могут обеспечивать возможность интеграции со средой разработки программ. Обучающие системы можно разделить на подклассы: обучающие системы, направленные на изучение некоторых методов программирования на определенном языке программирования (Small Pascal System, Pascal ABC, Jeliot и др.), обучающие системы, сопровождающие процесс разработки программ (GILD, BlueJ, Greenfoot и др.), обучающие online курсы.

Анализ существующих систем показал, что основными их недостатками являются: представление информации в виде текстов, баз данных или хранилищ данных, отсутствие унифицированной модели представления знаний, отсутствие интеллектуального поиска, отсутствие должного уровня интерактивности, ограниченная функциональность. Данные недостатки не позволяют сократить сроки освоения технологий посредством использования help-систем без потери качества разрабатываемых информационных систем. Для решения вышеуказанных проблем в работе предлагается разработка интеллектуальных help-систем. К интеллектуальным help-системам предъявляются следующие требования: формирование базы знаний, использование унифицированной модели представления знаний, реализация операций интеллектуального поиска, реализация возможности интеграции с инструментальным средством разработки программ, реализация методов адаптации системы к подготовленности и индивидуальным особенностям пользователя. Для проектирования интеллектуальных help-систем предлагается использовать открытую семантическую технологию компонентного проектирования интеллектуальных систем (далее – OSTIS), представленную в [2]. В основе OSTIS лежит семантическая модель представления знаний, которая использует семантическую сеть с базовой теоретико-множественной интерпретацией и представление знаний в sc-коде.

SC-модель интеллектуальной help-системы

В качестве формальной основы при проектировании интеллектуальных систем на базе OSTIS используются

описанные в работе [1] графодинамические модели специального вида – семантические модели представления и обработки знаний. Формально семантическая модель задается двойкой:

$$SM = \{SMKB, SMPK\},$$

где SMKB – семантическая модель базы знаний, SMPK – семантическая модель обработки знаний. В связи с тем, что в основе разрабатываемых систем лежит sc-код, то семантические модели далее будем называть sc-моделями. Представим sc-модель интеллектуальной help-системы SMHS следующим образом:

$$SM_{HS} = \{SMKB_{HS}, SMPK_{HS}\},$$

где SMKB_{HS} – sc-модель базы знаний интеллектуальной help-системы, SMPK_{HS} – sc-модель машины обработки знаний интеллектуальной help-системы.

Представим sc-модель базы знаний SMKB_{HS} четверкой:

$$SMKB_{HS} = \{O_{TP}, T_{TP}, S_{TP}, L_{TP}\},$$

где O_{TP} – онтология технологии проектирования программ, описывающая теоретико-множественные характеристики ключевых понятий и связи между понятиями, T_{TP} – терминологическая сеть технологии программирования, S_{TP} – утверждения, описывающие свойства и закономерности технологии программирования, L_{TP} – логическая система понятий технологии программирования, позволяющая структурировать базу знаний. Структуризация базы знаний, выделение в ней подструктур необходимо для дидактических целей, а также для организации распределения работ при проектировании базы знаний.

Машина обработки знаний (далее – МОЗ) определяет операции help-системы. Операции реализуются посредством взаимодействия агентов. Под агентом понимается объект A , который обеспечивает некоторую совокупность действий относительно действий среды функционирования M . В графодинамической модели под средой, в которой действует агент, понимается семантическая память. Следовательно, sc-модель МОЗ можно представить следующим образом:

$$SMPK_{HS} = \{M_{HS}, A_{HS}\},$$

где M_{HS} – абстрактная семантическая память (sc-память), в которой хранятся и обрабатываются знания, A_{HS} – множество агентов, ориентированных на обработку семантической памяти и хранимых в семантической памяти.

Sc-память интеллектуальной help-системы хранит декларативные знания о технологии разработки программ, а также процедурные знания о способах их обработки. Текущее состояние sc-памяти представляет собой текущее состояние знаний о предметной области. Последовательность действий, выполняемая агентами МОЗ, проводит sc-память через последовательность состояний. Типология агентов МОЗ зависит от последовательности действий, которые агент вырабатывает на полученные им восприятия (входные данные). Множество агентов МОЗ A_{HS} включает, по крайней мере, три типа агентов и может быть представлено объединением:

$$A_{HS} = A_{HS_IN} \cup A_{HS_R} \cup A_{HS_EF}$$

где A_{HS_IN} – множество внутренних sc-агентов, A_{HS_R} – множество рецепторных sc-агентов, A_{HS_EF} – множество

эффекторных sc-агентов. Каждый агент реагирует на соответствующий ему класс событий, происходящих в sc-памяти. В соответствии с типологией событий классы агентов подразделяются на подклассы.

Модель агента, его общие и уникальные свойства определяются sc-памятью. На основании архитектуры sc-памяти, в качестве базовой модели sc-агента была выбрана модель M-agent К. Цетнаревича, описанная в работах [3, 4]. Представим адаптированную модель sc-агента следующим образом:

$$A = \{E, G, STR, X, P, EF, V, P\},$$

где $E = \{e_i\}$, $i = [1, I]$ – множество моделей окружения агента; $G = \{g_j\}$, $j = [1, J]$ – множество целей агента; $STR = \{str_k\}$, $k = [1, K]$ – множество стратегий агента; $X = \{x_n\}$, $n = [1, N]$ – множество допустимых совокупностей действий для выполнения стратегии; $P = \{p_m\}$, $m = [1, M]$ – множество условий применимости агента; $EF = \{ef_q\}$, $q = [1, Q]$ – множество допустимых воздействий на агент со стороны окружения; V – модель взаимодействия с другими агентами; P – формирование плана действий агента, исходя из его текущей цели q_i и модели окружения e_i . План формирует упорядоченную последовательность действий из множества X на основании рассуждений, реализованных в виде продукций.

Метод проектирования интеллектуальных help-систем

Метод проектирования интеллектуальных help-систем базируется на эволюционной методике проектирования интеллектуальных систем, предложенной в [5], и включает следующие этапы.

1. Спецификация тестового сборника вопросов. Формирование ответов в текстовом и формальном видах.

2. Проектирование базы знаний. Методика проектирования базы знаний включает следующие этапы: выделение набора объектов, входящих в состав базы знаний: классов объектов, отношений, связей, набора основных логических высказываний (утверждений) для описания свойств объектов; представление выделенных понятий на формальном языке; верификация базы знаний; анализ и уточнение распределения понятий по логическим уровням; анализ полноты базы знаний [2].

3. Проектирование МОЗ. Методика проектирования МОЗ включает следующие этапы: выделение множества агентов, спецификация агентов в соответствии с моделью; представление знаний агента на языке представления знаний; реализация программ на языке программирования; отладка; тестирование.

4. Проектирование пользовательского интерфейса. Методика проектирования пользовательского интерфейса включает следующие этапы: спецификация интерфейса; создание задачно-ориентированной декомпозиции пользовательского интерфейса; разработка компонентов, каждый из которых является подсистемой; тестирование [6].

Процесс проектирования рассматривается как процесс прохода по этапам. В результате реализации каждого этапа получаются эволюционный прототип интеллектуальной help-системы (таблица 1). Эволюционные прототипы включают разработанные компоненты и базовые компоненты технологии. Четвертый прототип является полностью спроектированной help-системой – полной sc-моделью.

Таблица 1 – Прототипы интеллектуальной help-системы

Компоненты	Прототип 1	Прототип 2	Прототип 3	Прототип 4
База знаний	Стартовая версия базы знаний	База знаний	База знаний	База знаний
МОЗ	Базовый компонент	Базовый компонент	МОЗ	МОЗ
Пользовательский интерфейс	Базовый компонент	Базовый компонент	Базовый компонент	Пользовательский интерфейс

Одним из основных принципов OSTIS является унификация интеллектуальных систем. Унификация позволяет не только упростить разработку интеллектуальных систем, но и интегрировать как отдельные компоненты, так и целые системы. Это позволяет реализовывать каждый компонент help-системы отдельно и легко интегрировать их.

Семантический язык для проектирования базы знаний

Для проектирования базы знаний интеллектуальной help-системы используется sc-код, который базируется на аппарате однородных семантических сетей и включает в качестве подязыков специализированные семантические языки представления и обработки знаний различных предметных областей [2, 7]. Подязыки sc-кода (далее – sc-языки) разрабатываются путем выделения необходимого набора ключевых узлов. В работе предлагаются sc-языки для представления знаний технологии проектирования программ.

В соответствии с компонентами технологии выделим компоненты базы знаний и sc-языки для проектирования компонентов:

- sc-язык для описания языка программирования и языка представления знаний $L_{PROGRAM}$;
- sc-язык для описания типовых многократно используемых компонентов и интегрированной среды разработки программ L_{IDE} ;
- sc-язык для описания методики проектирования программ L_{METHOD} ;
- sc-язык для описания методики обучения программированию $L_{TRAINING}$.

Sc-язык $L_{PROGRAM}$, используемый для описания языков программирования, ориентированных на обработку знаний, задается объединением множеств:

$$L_{PROGRAM} = C_{SYNTAX} \cup S_{SYNTAX} \cup R_{SYNTAX} \cup C_{SEMANTICS} \cup S_{SEMANTICS} \cup R_{SEMANTICS}$$

где C_{SYNTAX} – множество ключевых узлов, предназначенных для описания синтаксиса языка программирования; S_{SYNTAX} – множество утверждений, предназначенных для описания синтаксиса языка программирования; R_{SYNTAX} – множество отношений, определенных на множестве ключевых узлов C_{SYNTAX} и S_{SYNTAX} ; $C_{SEMANTICS}$ – множество ключевых узлов, предназначенных для описания денотационной и операционной семантик языка программирования; $S_{SEMANTICS}$ – множество утверждений, предназначенных для описания семантики языка программирования; $R_{SEMANTICS}$ – множество отношений, определенных на множестве ключевых узлов $C_{SEMANTICS}$ и $S_{SEMANTICS}$.

В соответствии со свойствами языков программирования, ориентированных на обработку знаний, были выделены типы синтаксических конструкций и вспомогательные

понятия для описания синтаксиса. Введем множество C_{SYNTAX} :

$$C_{SYNTAX} = \{\text{программа, оператор, переменная, константа, тип оператора, тип компонента, тип обрабатываемых данных, атрибут}\}.$$

S_{SYNTAX} включает множество логических утверждений, заданных для всех типов синтаксических конструкций. Логические утверждения задают множество правил, которые определяют правильность построения синтаксических конструкций и их иерархию, завершающуюся конструкцией самого верхнего уровня – программой. Знак логического утверждения связывается со знаком типа синтаксической конструкции отношением Утверждения синтаксиса*. Правильность конструкции проверяется путем подстановки в утверждение значений аргументов.

На множестве ключевых понятий задаются отношения, описывающие общие теоретико-множественные свойства ключевых понятий и связывающие описание синтаксиса языка в формальную модель. Введем множество R_{SYNTAX} , включающее ключевые узлы отношений:

$$R_{SYNTAX} = \{\text{синоним*}, \text{пояснение*}, \text{разбиение*}, \text{пример*}, \text{область значений*}, \text{обрабатываемые данные*}, \text{компонент*}, \text{утверждения синтаксиса*}\}.$$

Денотационная семантика описывает отображение синтаксических конструкций языка в результаты их выполнения. Описываемый в работе язык $L_{PROGRAM}$ использует теоретико-множественное описание данных и соответствующие логико-предикатные механизмы для их обработки. Следовательно, описание денотационной семантики сводится к отображению синтаксических конструкций в теоретико-множественные объекты и объекты логики предикатов первого порядка. Порядок построения формальной модели денотационной семантики языка программирования заимствован из метода, представленного в работе [8]. Введем множество $C_{SEMANTICS}$:

$$C_{SEMANTICS} = \{\text{значение переменной, абстрактная память, отсутствие значения, ошибка выполнения}\}.$$

$S_{SEMANTICS}$ включает множество семантических уравнений. Знак семантического уравнения связывается со знаком типа синтаксической конструкции отношением Утверждения денотационной семантики*. Данное отношение связывает множество синтаксических доменов с семантическими доменами посредством уравнений. Введем множество $R_{SEMANTICS}$:

$$R_{SEMANTICS} = \{\text{утверждения денотационной семантики*}\}.$$

Описание операционной семантики языков программирования представляет собой логическую процедуру построения трансляции программ и отдельных синтаксических конструкций. Трансляция строится на некотором метаязыке, содержащем набор инструкций, являющихся простейшими действиями абстрактной машины. В настоящей работе метаязыком является $L_{PROGRAM}$. Т.к. разрабатываемый язык $L_{PROGRAM}$ является подязыком sc-кода, то наиболее простым способом описания операционной семантики различных языков, ориентированных на обработку знаний, является переход от способов представления знаний и программ к их представлению в виде семантически эквивалентных sc-конструкций.

Описываемый язык приводится к некоторому графовому sc-языку. Такому языку ставится в соответствие своя абстрактная sc-машина. Эквивалентность приведенного языка описана в [9]. В качестве базовой абстрактной sc-машины предлагается scr-машина. Переход от интерпретируемой абстрактной sc-машины произвольного вида к интерпретирующей scr-машине описан в [9]. Таким образом, $L_{PROGRAM}$ содержит ключевые узлы для описания scr-машины. При реализации help-системы он дополняется необходимыми ключевыми узлами. Дополним множество $C_{SEMANTICS}$:

$$C_{SEMANTICS} = C_{SEMANTICS} \cup \{ \text{sc-элемент, scr-процесс,} \\ \text{тип состояния scr-процесса, ошибка,} \\ \text{генерация sc-элемента, удаление sc-элемента,} \\ \text{поиск sc-элемента, поиск sc-элементов по шаблону,} \\ \text{поиск по содержимому sc-элемента,} \\ \text{преобразование содержимого sc-элемента,} \\ \text{проверка типа sc-элемента,} \\ \text{преобразование типа sc-элемента} \}.$$

Каждая операция характеризуется именем, условием инициирования, входными/выходными данными, трансляцией. Дополним множество $R_{SEMANTICS}$:

$$R_{SEMANTICS} = R_{SEMANTICS} \cup \{ \text{условие инициирования*}, \\ \text{входные данные*}, \text{выходные данные*}, \text{трансляция*} \}.$$

Для формального описания интегрированной среды разработки программ необходимо построить ее компонентную модель. Каждый компонент определяется своей функциональностью и может включаться или не включаться в состав среды. Компонент представляется своей формальной моделью. Таким образом, формальной моделью интегрированной среды разработки программного обеспечения является ее компонентная модель и совокупность формальных моделей каждого компонента. Формальная модель среды описывается на семантическом языке LIDE. LIDE задается объединением множеств:

$$L_{IDE} = C_{IDE} \cup S_{IDE} \cup R_{IDE},$$

где C_{IDE} – множество ключевых узлов, предназначенных для описания формальных моделей компонентов интегрированных сред; S_{IDE} – множество утверждений, предназначенных для описания компонентов интегрированных сред; R_{IDE} – множество отношений, определенных на множествах C_{IDE} и R_{IDE} .

На основании анализа компонентов интегрированной среды разработки программ и их базовых функций введем множество C_{IDE} :

$C_{IDE} = \{ \text{редактор исходного кода, транслятор,} \\ \text{компоновщик, отладчик, интерфейс,} \\ \text{справочная система, язык программирования,} \\ \text{нотация языка программирования,} \\ \text{подсветка синтаксиса,} \\ \text{автоматическое указание ошибок,} \\ \text{форматирование текста, загрузка шаблона,} \\ \text{дополнение кода, всплывающие подсказки,} \\ \text{запуск процесса, завершение процесса, библиотека,} \\ \text{файл данных, ресурс, процесс, проект, программа,} \\ \text{память, трассировщик, режим отладки, точка останова,} \\ \text{тип точки останова, режим разработки, режим отладки,} \\ \text{режим выполнения, вид инструментального средства,} \\ \text{проект, файл, мастер создания проекта} \}.$

S_{IDE} включает множество логических утверждений, описывающих особенности работы инструментального средства.

R_{IDE} включает множество отношений, описывающих общие теоретико-множественные свойства ключевых узлов и связывающих ключевые понятия в единую формальную систему.

Введем множество R_{IDE} :

$$R_{IDE} = \{ \text{синоним*}, \text{пояснение*}, \text{разбиение*}, \text{компонент*}, \\ \text{утверждения*}, \text{поддерживаемые нотации языка*}, \\ \text{шаблон*}, \text{используемый транслятор*}, \\ \text{выполняемые действия*} \}.$$

SC-язык описания методики проектирования программ задается объединением множеств:

$$L_{METHOD} = C_{METHOD} \cup R_{METHOD},$$

где C_{METHOD} – множество ключевых узлов, предназначенных для описания методики проектирования программ; R_{METHOD} – множество отношений, определенных на множестве ключевых узлов.

В качестве базовой модели методики проектирования используется формальная модель эволюционной методики проектирования интеллектуальных систем, которая описана в [2, 5].

Введем множество C_{METHOD} :

$$C_{METHOD} = \{ \text{методология, метод, этапы проектирования,} \\ \text{требования, проектирование, кодирование,} \\ \text{интеграция, тестирование, внедрение, поддержка,} \\ \text{прототип, инструментальное средство,} \\ \text{язык программирования, язык представления знаний,} \\ \text{методика проектирования базы знаний,} \\ \text{методика проектирования операций,} \\ \text{методика проектирования} \\ \text{пользовательского интерфейса} \}.$$

SC-язык описания методики обучения программированию задается объединением множеств:

$$L_{TRAINING} = C_{TRAINING} \cup R_{TRAINING},$$

где $C_{TRAINING}$ – множество ключевых узлов, предназначенных для описания формальных моделей методов и стратегий обучения; $R_{TRAINING}$ – множество отношений.

Формальная модель методики обучения представляет собой совокупность взаимосвязанных иерархических компонентов и их моделей. Введем множество $C_{TRAINING}$:

$C_{\text{TRAINING}} = \{\text{целевой компонент,}$
 содержательный компонент,
 деятельностный компонент, результативный компонент,
 управленческий компонент, цель обучения,
 задача обучения, язык программирования, алгоритм,
 этап проектирования интеллектуальной системы,
 задача, способы решения задачи, тестовое задание,
 тестирование, формы проведения тестирования,
 стратегия обучения, модель пользователя\}.

Кроме этого, в связи с высокими темпами обновления технологий разработки программ, появления новых языков программирования, развития новых инструментальных средств разработки программ меняются подходы к методике обучения проектированию программ. Это необходимо учитывать при проектировании help-системы.

Язык программирования SCP

Для проектирования агентов МОЗ используется язык программирования SCP [9]. Язык SCP является sc-языком, т.е. тексты языка представляются в виде sc-конструкций. Программы языка SCP и перерабатываемые ими информационные структуры могут храниться в одной базе знаний. Тест языка SCP является sc-конструкцией, хранимой в sc-памяти и описывающей некоторую систему параллельных взаимодействующих процессов переработки других sc-конструкций, хранимых в той же sc-памяти. Особенности языка SCP являются:

- ориентация на использование структурно перестраиваемой (графодинамической) ассоциативной памяти;
- хорошая приспособленность к переработке нечисловых структур;
- ориентация на переработку непосредственно семантических сетей;
- возможность описания механизмов решения задач различного уровня сложности;
- возможность через понятие sc-узла интеграции scr-программ с программами, написанными на других языках программирования;
- высокий потенциал распараллеливания процессов переработки информации в графовой структурно перестраиваемой ассоциативной памяти [9].

Язык SCP обладает мощной типологией операторов, позволяющей производить различные виды операций с информационными структурами, представленными в виде семантических сетей. Типология операторов: операторы генерации sc-конструкций, операторы удаления sc-конструкций, операторы ассоциативного поиска sc-конструкций, операторы выборки, операторы проверки условий, операторы изменения свойств sc-элемента, операторы управления scr-процессом, операторы вывода.

Язык SCP разрабатывается и реализуется в нескольких модификациях, имеющих одинаковый набор непосредственно выполняемых операций, но различный синтаксис. Система операций языка SCP описана в [9, 10, 11]. В текущей версии реализован интерпретатор, обеспечивающий выполнение всех включенных операций. Для каждой из модификаций языка SCP дополнительно к указанному интерпретатору требуется реализовать конвертор из соответствующей формы представления scr-процедур в форму, поддерживаемую интерпретатором. Реализовано инстру-

ментальное средство проектирования программ, которое поддерживает представление scr-программ в графической (SCg) и линейных (SCs, M4SCP) формах. Инструментальное средство включает: редактор scr-программ, средство сборки репозитория исходных текстов, scr-интерпретатор, scr-отладчик с возможностью визуального отображения процесса отладки scr-программ.

Заключение

В работе предложена модель интеллектуальной help-системы, метод, позволяющий осуществить поэтапную разработку, а также языковые средства проектирования базы знаний и МОЗ. Предложенная модель ориентирована не только на языки обработки знаний, она может быть адаптирована к традиционным языкам программирования. Предложенная модель обеспечивает легкую интеграцию интеллектуальных help-систем с другими интеллектуальными системами, построенными на базе OSTIS.

Использование sc-языков для представления и обработки знаний позволяет явно представить семантическую структуру предметной области, что облегчает реализацию семантической навигации по всей структуре информации, а также реализацию ассоциативного поиска информации.

Литература:

1. Голенков, В.В. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования / В.В.Голенков, Н.А.Гулякина // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск : БГУИР, 2012. – С. 23–52.
2. Открытая семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ostis.net/mediawiki/index.php/>.
3. Тарасов, В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте / В.Б. Тарасов // Новостной искусственного интеллекта : Сб. – 1998. – № 2. – С. 5–63.
4. Cetnarovicz, E. Agent-Oriented Technology of Decentralized Systems Based On the M-agent Architecture / E. Cetnarovicz, E. Nawarecki, K. Cetnarovicz // Preprints of IFAC / IFIP Conference on Management and Control of Production and Logistics, MCPL'97, Campinas, SP, Brazil, August 31-September 3, 1997. – Vol. 2. – P. 35–66.
5. Гулякина, Н.А. Комплексная методика проектирования и обучения проектированию интеллектуальных справочных систем / Н.А. Гулякина, О.В. Пивоварчик // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск : БГУИР, 2011. – С. 519–522.
6. Корончик, Д.Н. Семантические модели мультимедиапользовательских интерфейсов и семантическая технология их проектирования / Д.Н. Корончик // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск : БГУИР, 2012. – С. 339–346.

7. Голенков, В.В. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах. Монография / В.В. Голенков, О.Е. Елисеева, В.П. Ивашенко [и др.]; под ред. В.В. Голенкова. – Минск : БГУИР, 2001. – 412 с.

8. Ильичева, О.А. Формальное описание семантики языков программирования : электронный учебник / О.А. Ильичева. – Ростов на Дону : ЮФУ, 2007. – 223 с.

9. Голенков, В.В. Программирование в ассоциативных машинах / В.В. Голенков, Г.С. Осипов, Н.А. Гулякина [и др.]. – Минск : БГУИР, 2001. – 276 с.

10. Голенков, В.В. Описание семантики языка SCPas. Операторы преобразования состояния SC-графа (Материалы по математическому обеспечению ЭВМ) / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина, В.Г. Королев [и др.]. – Минск : Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси, 1994.

11. Голенков, В.В. Описание семантики языка SCPas. Операторы поиска и проверки условий. Операторы управления вычислительным процессом (Материалы по

математическому обеспечению ЭВМ) / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина, В.А. Татаренко [и др.]. – Минск : Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси, 1994.

Abstract

The article is devoted to the intellectual help-system for intelligence system developers. The model, the method and resources of help-system engineering are presented. The sc-language for description of programming language (LPROGRAM), the sc-language for description of integrated development environment (LIDE), the sc-language for description of methodology software engineering (LMETHOD), the semantic language for description of methodology of training software engineering (LTRAINING) are proposed for designing of the knowledge base. The programming language SCP is proposed for development of agents.

Поступила в редакцию 03.04.2013 г.

НОВОСТИ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ WEG

Автоматические выключатели WEG на токи нагрузки до 1600 А подразделяются на выключатели общепромышленного применения (серии MDW, RDW, DWP, DWA) и автоматические выключатели для защиты электродвигателей (серия MPW, DWM).

Автоматические выключатели серия MDW разработаны для защиты электрооборудования от перегрузок и короткого замыкания. В этих автоматах применяются специальные контакты, обеспечивающие защиту от сварки в случае короткого замыкания; также имеются камеры гашения дуги. Автоматические выключатели выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении, рассчитаны на токи от 2 А до 100 А и характеристик отсечки В и С. Также автоматический выключатель MDW имеет возможность установки дополнительного контакта (1NO), который заказывается как дополнительный аксессуар.

Автоматические выключатели серии RDW с устройством защитного отключения (УЗО) используются в электроустановках для защиты людей. Выпускаются в двух- и четырехполюсном исполнении на токи от 25 А до 100 А, и токами отключения 30 mA и 300 mA.

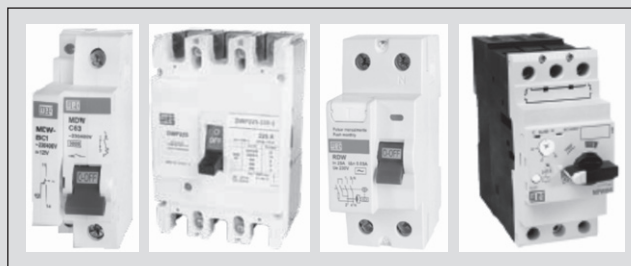
Компактные автоматические выключатели DWP рассчитаны на токи от 100 А до 225 А, выпускаются только трехполюсные. Разработаны для защиты электрических установок и жилых помещений от перегрузок и короткого замыкания. В виде аксессуара к выключателям DWP225 могут поставляться коробки, что позволяет делать прямое кабельное соединение до 120 мм².

Предусмотрена также серия автоматических выключателей DWA общепромышленного применения, рассчитанная на токи от 10 до 1600 А. Выпускаются эти выключатели в трехполюсном исполнении (два и четыре полюса изготавливаются под заказ).

Для защиты и управления электродвигателями применяются автоматические выключатели серии MPW. Автоматические выключатели имеют фиксированный расцепитель

короткого замыкания и регулируемую защиту от перегрузки, объединенные в одном компоненте. Время срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя зависит не только от величины тока, но и от температуры окружающей среды, поэтому в автоматах MPW предусмотрена температурная компенсация, что позволяет точно выдерживать заявленные параметры и не требует выбора следующего габарита автоматического выключателя.

В выключателях предусмотрена трехпозиционная вращающаяся ручка (ВКЛ-РАСЦЕПЛ-ВЫКЛ), которая может блокироваться в положении «OFF» (ВЫКЛ). Автоматические выключатели серии MPW имеют компактный размер и представлены четырьмя моделями: MPW16/MPW25 (45 мм), MPW65 (54 мм) и MPW100 (70 мм). Выключатели серии MPW выпускаются в трехполюсном исполнении и рассчитаны на токи от 0,16 А до 100 А. Имеется большая номенклатура дополнительных аксессуаров. Для защиты двигателей также используется серия автоматических выключателей DWM, рассчитанная на токи от 9 до 1000 А.



Опытные консультанты компании «Вектор технологий» придут к вам на помощь, если вы затрудняетесь в самостоятельном подборе оборудования. Мы порекомендуем модели автоматических выключателей с характеристиками, которые помогут решить поставленные задачи.

О.М. Лешкевич,
инженер Частного предприятия «Вектор технологий»

МОДЕЛЬ И СРЕДСТВА КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УДК 004.822:514

И.Т. Давыденко,
БГУИР, г. Минск

Аннотация

Приведены основные положения подхода к разработке баз знаний интеллектуальных систем. Рассмотрена семантическая модель базы знаний, средства ее проектирования, а также библиотека многократно используемых компонентов баз знаний. В основе предлагаемого подхода лежит представление информации с помощью семантических сетей.

Введение

На сегодняшний день все более актуальной становится задача эффективного информационного обеспечения научной и производственной деятельности, связанная с бурным ростом объемов информации в различных отраслях знаний. Данная задача, как правило, рассматривается в контексте создания хранилищ знаний и их систематизации и структуризации с целью облегчения их обработки.

Одним из ключевых компонентов интеллектуальных систем различного назначения является база знаний [1], [2], [3]. Разработка этого компонента является трудоемким и продолжительным процессом.

При разработке баз знаний необходимо обеспечить не только возможность хранения знаний и навигации по ней, но и возможность работы над созданием и изменением базы знаний распределенным коллективом разработчиков.

Существует ряд проблем в области проектирования баз знаний [4]:

- доступность семантического контента;
- доступность баз знаний и средств их разработки;
- эволюция баз знаний;
- масштабируемость баз знаний;
- мультязычность баз знаний;
- стабильность баз знаний;
- визуализация баз знаний.

Эти проблемы обусловлены следующими недостатками существующих технологий проектирования баз знаний:

- сложность языков представления знаний;
- неоднородность и ограниченность моделей представления знаний;
- ограниченность или отсутствие средств верификации и отладки баз знаний;
- плохая отчуждаемость баз знаний в силу привязки к инструментарию;
- ограниченность или отсутствие возможности интеграции баз знаний, что влечет за собой ограничения на расширение базы знаний, отсутствие общих стандартов совместимости уже разработанных фрагментов баз знаний [5].

Все эти недостатки порождают еще одну проблему – недостаточное количество квалифицированных инженеров баз знаний, которая возникает из-за высоких стартовых требований к разработчикам.

В качестве решения вышеуказанных проблем предлагается технология компонентного проектирования баз

знаний, основанная на унифицированных семантических сетях с базовой теоретико-множественной интерпретацией [6].

В основе предлагаемой технологии лежат следующие основные принципы массовой семантической технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) [7]:

- поэтапное эволюционное проектирование баз знаний на основе быстрого прототипирования;
- ориентация на коллективное проектирование баз знаний в рамках Open Source проекта;
- ориентация на семантическое представление знаний;
- унификация моделей баз знаний интеллектуальных систем;
- модульное проектирование на основе библиотек типовых многократно используемых компонентов.

Технология проектирования баз знаний представляет собой комплекс моделей, инструментальных средств и методов проектирования баз знаний.

Предлагаемая технология имеет следующую структуру:

- унифицированная семантическая модель представления знаний;

- семантическая модель базы знаний;
- библиотека многократно используемых компонентов баз знаний;
- средства проектирования семантических моделей баз знаний;
- методика проектирования семантических моделей баз знаний.

В данной статье рассмотрим семантическую модель базы знаний, средства ее проектирования и библиотеку многократно используемых компонентов баз знаний.

Унифицированная семантическая модель представления знаний

В качестве формальной основы проектируемых логико-семантических моделей баз знаний интеллектуальных систем используются графодинамические модели специального вида – семантические модели представления и обработки знаний, в основе которых лежат унифицированные семантические сети с базовой теоретико-множественной интерпретацией. Основным способом кодирования информации для таких сетей является SC-код (Semantic Code) [8].

В рамках унифицированной семантической модели представления знаний все элементы (атомарные фрагменты) семантической сети являются знаками различных сущностей. Такими сущностями могут быть всевозможные внешние описываемые объекты, а также различные множества, состоящие их элементов (атомарных фрагментов) этой же семантической сети.

База знаний интеллектуальной системы, представленная в виде корректно построенной семантической сети,

полностью исключает дублирование информации в рамках такой базы знаний.

Представление знаний в виде унифицированных семантических сетей позволяет существенно упростить процедуру ассоциативного доступа к различным видам фрагментов хранимой базы знаний, а также существенно расширить типологию запросов к базе знаний [8].

Семантическая модель базы знаний

В основе разработки баз знаний с помощью технологии OSTIS лежит четкое разделение процесса проектирования формального описания семантической модели разрабатываемой базы знаний от процесса реализации (интерпретации) этой модели на той или иной платформе [8]. Данный факт позволяет обеспечить кросс-платформенную разработку интеллектуальных систем.

Всю семантическую сеть (максимальную семантическую сеть), хранимую в семантической памяти абстрактной логико-семантической модели интеллектуальной системы, будем называть абстрактной семантической моделью базы знаний этой интеллектуальной системы.

Семантическая модель базы знаний интеллектуальной системы представляет собой формальную трактовку семантического пространства, которое известно интеллектуальной системе в текущий момент времени.

Эффективность интеллектуальной системы в первую очередь определяется объемом и качеством содержащихся в них формализованных экспертных знаний, как декларативных (теоретических), так и процедурных (практических навыков).

База знаний должна содержать в себе всю информацию, необходимую агентам, работающим над семантической памятью, для организации коллективной деятельности по решению задач, с которыми должна справляться интеллектуальная система.

Для расширения разнообразия видов знаний, хранимых в базе, необходимым этапом в разработке семантической модели базы знаний является ее структуризация.

Понятие базы знаний тесно связано с понятием предметной области. Соотношение между базой знаний и описываемой ею предметной областью задает семантику базы знаний интеллектуальной системы.

Рассмотрение структуры базы знаний во взаимосвязи с предметной областью позволяет рассматривать исследуемые объекты на разных уровнях детализации. Детализацию рассмотрения исследуемых объектов можно осуществлять как в рамках исходной предметной области, так и в системе самостоятельных, но связанных между собой предметных областей.

При переходе от предметной области к ее модели, представленной в виде семантической сети, выполняются следующие условия:

- каждому элементу предметной области взаимно-однозначно соответствует обозначающий его элемент семантической сети;

- каждому сигнатурному элементу предметной области взаимнооднозначно соответствует либо обозначающий его ключевой узел семантической сети, либо обозначающий элемент алфавита семантической сети.

Первым и важнейшим этапом проектирования семантической модели базы знаний является уточнение струк-

туры описываемой предметной области или нескольких взаимосвязанных предметных областей. Под уточнением структуры предметной области понимается явное выделение класса исследуемых объектов, класса вторичных объектов, построенных на основе исследуемых, класса вспомогательных объектов, через связи с которыми описываются некоторые характеристики исследуемых объектов, отношения, связки которых связывают только исследуемые объекты между собой, а также отношения, связки которых связывают исследуемые объекты со вспомогательными.

Рассмотрение базы знаний с позиции ее соотношения с предметной областью позволяет рассматривать исследуемые объекты на различных уровнях детализации:

- классификация классов исследуемых объектов по различным признакам;

- классификация самих исследуемых объектов, т.е. рассмотрение структур взаимосвязанных частей этих объектов;

- рассмотрение связей исследуемых объектов со вспомогательными объектами, не входящими в класс исследуемых объектов.

В зависимости от исследуемых объектов можно говорить о достаточно богатой типологии предметных областей. Можно выделить следующие классы предметных областей:

- предметная область, описывающая теоретико-множественные характеристики и связи заданного семейства объектов. Такие предметные области, в частности, могут быть онтологиями других предметных областей;

- терминологическая онтология – это класс предметных областей, для каждой из которых объектами исследования являются термины (словосочетания), соответствующие различным элементам описываемой предметной области;

- предметная область, являющаяся логическим описанием некоторой предметной области, – это класс предметных областей, для каждой из которых объектами исследования являются всевозможные логические формулы, описывающие причинно-следственные закономерности, интерпретируемые на некоторой описываемой предметной области;

- логическая система понятий, описываемых в заданной формальной теории. Эта предметная метаобласть выделяет класс понятий, не определяемых в заданной формальной теории, и связывает каждое определяемое понятие с теми понятиями, на основе которых оно определяется;

- логическая система утверждений заданной формальной теории. Эта предметная метаобласть выделяет класс аксиом для заданной формальной теории, каждой теореме ставит в соответствие одно из ее доказательств (основное доказательство) и связывает каждую теорему со всеми теми утверждениями и определениями, которые используются в основном доказательстве этой теоремы;

- предметная область вопросов и информационных задач – это класс предметных областей, для каждой из которых объектами исследования являются вопросы, информационные задачи, обобщенные вопросы и обобщенные информационные задачи, задаваемые по отношению к некоторой описываемой предметной области, а также соответствующие им способы решения информационных задач (то есть различные программы).

Семантическая структура базы знаний интеллектуальной системы трактуется в рамках технологии проектирования баз знаний интеллектуальных систем как иерархическая система взаимосвязанных между собой предметных областей, которые представляются в базе знаний.

На множестве предметных областей могут быть заданы следующие отношения: включение, объединение, пересечение, декомпозиция, гомоморфизм, изоморфизм, теоретико-множественная онтология, логическое описание, логическая онтология. Исходя из этого, мы можем рассматривать некую метаобласть, объектами исследования которой являются всевозможные предметные области.

Таким образом, семантическая структура базы знаний представляет собой иерархическую систему описываемых ею предметных областей, надстраиваемых над заданной основной предметной областью.

Построение семантической структуры базы знаний требует не только явного представления спецификации каждой описываемой предметной области в виде формального текста, но и явного описания всевозможных связей между этими предметными областями.

Библиотека многократно используемых компонентов баз знаний

В целях сокращения времени процесса проектирования семантических моделей баз знаний интеллектуальных систем необходимо создать библиотеку многократно используемых семантически совместимых компонентов баз знаний.

К основным типам компонентов баз знаний, хранящихся в библиотеке, относятся:

- онтологии различных предметных областей, которые могут быть самыми различными по содержанию, однако, должны быть семантически совместимыми;
- базовые фрагменты теорий, соответствующие различным уровням знания пользователя, начиная от базового школьного до профессионального;
- семантические окрестности различных объектов;
- спецификации формальных языков описания различных предметных областей.

Для обеспечения семантической совместимости таких компонентов баз знаний, которые являются унифицированными семантическими моделями, необходимо:

- согласовать семантику всех используемых ключевых узлов;
- согласовать глобальные идентификаторы ключевых узлов, используемых в разных компонентах. После этого интеграция всех компонентов, входящих в состав библиотеки, и в любых комбинациях осуществляется автоматически, без вмешательства разработчика.

Для включения компонента в библиотеку необходимо его специфицировать по следующим критериям:

- предметная область, описание которой содержится в компоненте;
- класс (тип) компонента базы знаний;
- состав базы знаний;
- количественные характеристики ключевых узлов базы знаний;
- информация о разработчиках базы знаний;
- дата создания базы знаний;
- информация о верификации базы знаний;
- версия компонента базы знаний;

- условия распространения компонента базы знаний;
- сопровождающая информация.

Средства проектирования семантических моделей баз знаний

При коллективном инжиниринге знаний любая база знаний рассматривается как результат консенсуса группы специалистов о модели некоторой области знаний, что должно быть обеспечено соответствующими средствами проектирования [4].

Для эффективной организации проектирования баз знаний интеллектуальных справочных систем необходимо включать в состав основной системы в качестве подсистем следующие компоненты:

- интеллектуальную подсистему поддержки проектирования и сопровождения системы;
- help-систему информационного обслуживания разработчиков баз знаний;
- интеллектуальную систему автоматизации проектирования;
- интеллектуальную подсистему управления проектированием и сопровождением системы.

К средствам проектирования также относятся:

- средства верификации баз знаний, включающие выполняемую библиотеку команд и операций верификации баз знаний;
- средства анализа качества баз знаний, позволяющие определить такие характеристики баз знаний как полнота, связность, информативность;
- средства редактирования баз знаний, решающие проблему синхронизации редактирования семантической модели базы знаний и соответствующего фрагмента ее исходного текста несколькими разработчиками;
- средства поддержки коллективной разработки баз знаний.

Заключение

В работе предложена модель базы знаний, представляющая собой иерархическую систему предметных областей, в основе которой лежит представление информации на семантических сетях. Использование такой модели позволяет структурировать знания, хранящиеся в базе по различным признакам, что позволяет расширить разнообразие хранимых видов знаний. К основным достоинствам предлагаемой модели можно отнести:

- возможность унифицированного представления разнообразных видов хранимых знаний;
- наличие унифицированных средств структуризации базы знаний;
- ориентация на коллективную разработку баз знаний.

Литература:

1. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем : учебник / Т.А. Гаврилова [и др.]. – СПб. : Изд-во «Питер», 2001.
2. Гаврилова, Т.А. Визуальные методы работы со знаниями: попытка обзора / Т.А. Гаврилова, Н.А. Гулякина // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1. – С. 15–21.
3. Хорошевский, В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) / В.Ф. Хорошевский //

Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1. – С. 80–97.

4. Ефименко, И.В. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 1. Онтологическое моделирование: подходы, модели, методы, средства, решения : препринт WP7/2011/08 (ч. 1) / И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 76 с.

5. Ивашенко, В.П. Семантические модели и средства интеграции и отладки баз знаний / В.П. Ивашенко // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем». – Минск, 2012. – С. 193–204.

6. Голенков, В.В. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // В кн. Междунар. научн.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных

систем» (OSTIS-2011), Минск, 10-12 февр. 2011 г. – Минск: БГУИР, 2011. – С. 21–59.

7. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.ostis.net>. – Дата доступа: 27.11.2010.

8. Голенков, В.В. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // В кн. Междунар. научн.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2012), Минск, 16-18 февр. 2012 г. – Минск: БГУИР, 2012.

Abstract

The article describes main points of approach to the development of knowledge bases of intelligent systems. Overviewed the semantic model of knowledge bases, the design tools, and the library of reusable components of knowledge bases. The proposed approach is based on using semantic networks to information representation.

Поступила в редакцию 04.04.2013 г.

НОВОСТИ

IFA 2013: LENOVO ПРЕДСТАВИЛА ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ НОУТБУКИ И ПОРТАТИВНЫЙ ПК-МОНОБЛОК FLEX

Все функции флагманских устройств со временем перемещаются в более доступную нишу. Причем речь идет не только о характеристиках, но и форматах. В дополнение к своему новому ноутбуку-трансформеру Yoga 2 (а также ThinkPad Yoga для бизнеса), Lenovo представила еще два аналогичных, но более доступных по цене решения линейки Flex.

Речь идет о ноутбуках Flex 14 и 15 – каждый из них напоминает Yoga своим поворотным экраном, что позволяет использовать ноутбуки в различных положениях. Впрочем, есть и заметные отличия – компьютеры линейки Flex не могут превращаться в полноценные планшеты (их дисплеи разворачиваются только на 300 градусов, а не на 360, как у Yoga). Другими словами, пользователи получают возможность использовать устройство либо в формате обычного ноутбука, либо в режиме сенсорного экрана, когда клавиатура развернута от пользователя клавишами к столу.

Технически устройства также явно принадлежат к среднему классу. Эти тонкие ноутбуки оснащаются по стандарту мультисенсорными экранами с разрешением 1366×768 (в последней четверти текущего или в первом квартале следующего года обещаны варианты с дисплеями 1080 p), процессорами Haswell (вплоть до Core i7) и временем автономной работы до 9 часов у обеих моделей. Устройства могут оснащаться до 8 Гб оперативной памяти и жестким или гибридным накопителем объемом до 1 Тб. Цветовые решения корпуса представлены чисто черным и черным с оранжевыми элементами.

Размеры Flex 14 составляют 343,2×250,9×21,5 мм при весе 2 кг, а габариты Flex 15 – 380,5×272,7×22,2 мм при весе 2,3 кг. Кроме того, ноутбуки получают модели, оснащенные дискретной графикой NVIDIA GeForce GT740M, но

чуть позже в этом году. В США устройства поступят уже в сентябре по цене от 800 долл. США и 830 долл. США, причем 14-дюймовая модель будет доступна только через официальный сайт, а 15,6-дюймовую можно будет увидеть и в розничных магазинах сети Best Buy.

Вместе с ноутбуками был представлен и ПК-моноблок Flex 20 с 19,5-дюймовым экраном под управлением Windows 8. На первый взгляд, он напоминает IdeaCentre Horizon 27, но Flex 20 существенно тоньше и легче, даже если принимать во внимание изменение размеров дисплея. Flex 20 может использоваться в качестве обычного домашнего компьютера, но встроенная батарея позволяет перемещать устройство при желании по дому (благо оно может работать автономно до 3 часов).

Разрешение дисплея составляет 1600×900 точек. Как и Horizon, Flex 20 использует особый пользовательский интерфейс Aura, нацеленный на игры и манипуляции с фотографиями. Разумеется, устройство использует процессоры Intel Haswell, но большая часть моделей оснащается чипами Core i3 (хотя есть варианты и с Core i7). В режиме планшета можно использовать небольшие тактильные джойстики, которые в отличие от Horizon продаются отдельно.

С точки зрения характеристик устройство может предложить до 8 Гб оперативной памяти, HDD емкостью до 500 Гб (есть вариант с гибридным HDD с 8-Гбайт кешем SSD), веб-камеру 720 p, встроенные стереодинамики, 2 порта USB 3.0, 3,5-мм гнездо для наушников, Bluetooth 4.0, Wi-Fi 802.11n. Весит ПК-моноблок не так уж много – 3,5 кг при габаритах 509,3×311,7×20,5 мм. В продажу в США устройство поступит в этом месяце по цене от 900 долл. США.

3dnews.ru

СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И СРЕДСТВА КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

УДК 004.822:514

Д.В. Шункевич,
БГУИР, г. Минск

Аннотация

В данной работе рассматриваются проблемы существующих методов, средств и технологий построения машин обработки знаний и ставится проблема отсутствия средств, позволяющих относительно неподготовленному разработчику в удовлетворительные сроки проектировать машины обработки знаний для прикладных интеллектуальных систем различного назначения. Далее рассматривается технология, призванная решить поставленную проблему путем интеграции различных методов и способов решения задач на общей формальной основе.

Введение

В настоящее время особенно актуальными становятся проблемы обработки знаний в интеллектуальных системах. Вопросы представления знаний различного вида в настоящее время рассматриваются достаточно широко, существует большое количество языков представления знаний различной мощности и сложности, а также моделей представления знаний [1].

Машина обработки знаний, включающая информационно-поисковую машину, интеллектуальный решатель задач и набор служебных операций обработки знаний (операции сборки мусора, выявления противоречий в базе знаний и т.д.), является важнейшей частью любой интеллектуальной системы, т.к. именно возможностями машины обработки знаний определяется функционал системы в целом, возможность давать ответы на нетривиальные вопросы пользователя и способность решать различные задачи.

Однако большинство прикладных интеллектуальных и экспертных систем [1] имеют один и тот же недостаток — они не позволяют в должной мере обеспечить обработку тех знаний, которые в них содержатся.

Те же прикладные системы, которые обладают встроенной машиной обработкой знаний, предоставляют пользователю жестко ограниченный функционал, заданный разработчиком на этапе проектирования системы. Примером таких машин обработки знаний может служить машина дедуктивного вывода, представленная в ряде экспертных систем [2], или машина нечеткого вывода.

Машина обработки знаний каждой конкретной системы во многом зависит от назначения данной системы, множества решаемых задач, предметной области и других факторов. Например, в системе, решающей задачи по геометрии, химии и другим естественным наукам, обоснованным будет использование дедуктивных методов вывода, поскольку решение задач в таких предметных областях основывается только на достоверных правилах. В системах же медицинской диагностики, к примеру, постоянно возникает ситуация, когда диагноз может быть поставлен только с некоторой долей уверенности и абсолютно достоверным ответ на поставленный вопрос быть не может. В связи с этим,

возникает необходимость использования различных машин обработки знаний в различных системах, при этом состав и возможности машины обработки знаний в конкретной системе определяются не только непосредственно разработчиком, а требуют консультаций с экспертами в данной предметной области.

При проектировании машин обработки знаний интеллектуальных систем, как и при проектировании любых программных систем, возникает ряд трудностей, связанных с переносимостью разработанного программного обеспечения на различные платформы, обеспечением возможности его последующей доработки (в том числе и сторонними разработчиками), универсализацией методов решения поставленных задач.

Основная проблема, рассматриваемая в данной работе, заключается в отсутствии средств, позволяющих относительно неподготовленному разработчику в удовлетворительные сроки проектировать машины обработки знаний для прикладных интеллектуальных систем различного назначения. Под неподготовленным разработчиком здесь понимается лицо, не имеющее специальной подготовки непосредственно в области разработки машин обработки знаний, однако, имеющее представление об особенностях текущей предметной области и обладающее базовыми техническими навыками в работе с современными компьютерными средствами. Примером может служить эксперт-профессионал, тесно связанный с предметной областью, для которой разрабатывается система.

В связи с этим, возникает необходимость создания универсальной технологии проектирования машин обработки знаний, обладающей следующими свойствами.

Универсальность. Проектируемая технология должна обеспечивать возможность для обработки знаний и решения произвольных классов задач в различных предметных областях, не требуя при этом вмешательства пользователя данной разработки в ее внутреннее устройство.

Модульность и расширяемость. Проектируемая технология должна предоставлять возможность расширения функционала системы, без изменения базовой модели машины обработки знаний.

Кроссплатформенность. Проектируемая технология не должна зависеть от операционной системы и аппаратной архитектуры устройства, на котором предполагается работа информационной системы.

Параллельность. Проектируемая технология должна обеспечивать возможность параллельного использования различных способов решения задач в рамках решения одной задачи, а также возможность параллельного решения сразу нескольких задач. При этом необходимо обеспечить согласованность и интегрируемость результатов применения различных методик решения задач.

Обоснованность. Машина обработки знаний, в частности, интеллектуальный решатель задач, построенный на базе предлагаемой технологии, должен в случае необходи-

мости указать пользователю правила вывода, на которых базируется решение той или иной задачи, другими словами, построить алгоритм решения поставленной задачи в виде, понятном пользователю.

В данной работе рассматриваются основные принципы построения универсальной семантической технологии проектирования машин обработки знаний интеллектуальных систем, обладающей всеми описанными выше достоинствами. Данная технология является частью открытой семантической технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS [3].

Унифицированная модель машин обработки знаний, разрабатываемых на основе технологии OSTIS

В рамках технологии OSTIS машина обработки знаний рассматривается как графодинамическая sc-машина (память в качестве модели представления знаний использует семантическую сеть), состоящая из двух частей:

- графодинамическая sc-память;
- система sc-операций (sc-агентов).

Система операций реализует агентно-ориентированный подход и представляет собой набор sc-операций, условием инициирования которых является появление в памяти системы некоторой определенной конструкции. При этом операции взаимодействуют между собой через память системы посредством генерации конструкций, являющихся условиями инициирования для другой операции. При таком подходе становится возможным обеспечить гибкость и расширяемость функционала системы путем добавления или удаления из ее состава некоторого набора операций.

Отличительной особенностью машины обработки знаний как многоагентной системы в рамках данного подхода является принцип взаимодействия операций-агентов. По сути, предлагаемый подход реализует принцип «доски объявления», рассматриваемый в теории многоагентных систем [4]. Агенты обмениваются сообщениями исключительно через общую память путем использования соответствующего языка взаимодействия (языка вопросов-ответов, рассматриваемого далее), в отличие от большинства классических MAC, в которых агенты обмениваются сообщениями непосредственно друг с другом. В рассматриваемом подходе каждый агент, формулируя вопросную конструкцию в памяти, априори не знает, какой из агентов будет обрабатывать указанную конструкцию, а лишь дожидается появления в памяти факта окончания обработки вопроса. При этом в решении поставленной таким образом задачи может принимать участие целый коллектив агентов. Аналогичным образом, реагируя на появление некоторой конструкции в памяти, агент в общем случае не знает, кто из его коллег поставил данный вопрос, а лишь может проверить соответствие сгенерированной конструкции своему условию инициирования. В случае наличия такого соответствия, агент начнет обработку указанного вопроса (решение поставленной задачи), и в результате работы сгенерирует некоторый ответ на поставленный вопрос.

Проверка соответствия сгенерированного вопроса условиям инициирования агентов происходит следующим образом: автору вопроса после его формулирования

необходимо инициировать данный вопрос (включить его во множество инициированных вопросов). После инициирования вопроса каждый из агентов, работающих в памяти, переходит в активное состояние и начинает проверку условия инициирования. При этом проверка начинается с наиболее уникальных фрагментов условия (например, типа вопроса) с целью оптимизации данного процесса. В случае установления факта изоморфности вопросной конструкции и условия инициирования агент начинает решение поставленной задачи, в противном случае, агент переходит в состояние пассивного ожидания.

Описанная модель взаимодействия агентов в общей памяти позволяет обеспечить максимальную расширяемость системы агентов и предельно упростить процесс добавления новых агентов в уже имеющийся коллектив.

Следует также отметить немаловажный момент: для описания процедур, реализующих принципы работы того или иного агента (т.е. программ агента [5]) используется специализированный язык SCP, построенный на базе SC-кода, как и в случае с представлением знаний, предназначенных для обработки. Такой подход имеет ряд преимуществ:

– и программа агента, и обрабатываемые знания, по сути, представлены на одном и том же языке. В связи с этим преобразование восприятий агента в его действия, описываемое функцией агента [5], значительно упрощается, т.к. отсутствует необходимость дополнительных преобразований во внутреннее представление агента;

– так как алгоритм работы агента описан на том же языке, что и другие знания в системе, то появляется возможность модифицировать сам алгоритм того или иного агента прямо в процессе его работы. Это предоставляет широкие возможности для построения принципиально нового класса программ и, соответственно, агентов, способных к самоконфигурированию в процессе работы.

Иерархическая структуризация машин обработки знаний, разрабатываемых на основе технологии OSTIS

Для определения структуры рассматриваемой модели машины обработки знаний рассмотрим более подробно процесс поиска ответа на вопрос интеллектуальной системой.

Определим два основных понятия, используемых ниже.

Под стратегией решения задачи понимается общий, недетализированный план решения задачи, способ достижения поставленной цели. Стратегия решения задает принцип и порядок обхода объектов в рамках семантической окрестности вопроса.

Под операцией логического вывода понимается некоторый sc-агент, который получает на вход теоретико-множественную пару $\{S, O\}$, где S – логическое утверждение произвольной конфигурации; O – совокупность объектов, в семантической окрестности которых необходимо применить утверждение S .

Целью такого агента является генерация в памяти новых знаний на основании уже имеющихся, т.е., по сути, применение утверждения S .

Указанный процесс поиска ответа можно разделить на следующие этапы.

Этап работы поисковых операций. Вне зависимости от типа поставленного вопроса всегда имеется вероятность того, что данная задача уже была решена системой ранее или системе уже откуда-либо известен ответ на поставленный вопрос. На данном этапе работу осуществляет коллектив поисковых операций, каждая из которых, как правило, соответствует некоторому классу решаемых задач. Если ответ найден, подсистема обработки знаний прекращает свою работу. В противном случае происходит переход на следующий этап решения.

Этап применения стратегий решения задач. На данном этапе осуществляется выбор между различными стратегиями решения задач и, при необходимости, параллельный запуск различных стратегий. Целью работы каждой из стратегий является получение набора пар, связывающих некоторое множество объектов и логическое утверждение из базы знаний, которое справедливо для классов, которым принадлежат эти объекты в рамках некоторой теории. Впоследствии при рассмотрении каждого утверждения осуществляется попытка применить его в рамках некоторой семантической окрестности рассматриваемых объектов, для чего осуществляется переход на следующий этап решения.

Этап применения правил логического вывода. На данном этапе происходит попытка применения утверждения, полученного на предыдущем шаге, с целью генерации в системе новых знаний. Если такое применение справедливо (например, посылка истинна) и имеет смысл (в результате применения будут сгенерированы новые знания), то осуществляется генерация новых знаний на основе одного из правил логического вывода. При этом применение происходит в контексте объекта, рассматриваемого на предыдущем этапе (в общем случае – ряда объектов). Если в данном контексте вывод на основе данного утверждения невозможен или нецелесообразен, решение возвращается на предыдущий этап. В случае успешного применения утверждения происходит переход к следующему этапу решения.

Этап верификации и оптимизации сгенерированных знаний и сборки мусора. На данном этапе происходит интерпретация арифметических отношений, сгенерированных в процессе решения на предыдущем этапе, то есть попытка вычисления недостающих значений компонентов связей арифметических отношений (например, сложение величин и произведение величин) на основе имеющихся значений. Если вычислить все недостающие значения не представляется возможным, то все знания, сгенерированные на предыдущем этапе, уничтожаются и решение переходит на этап применения стратегий. В таком случае применение логического вывода для рассматриваемого на предыдущем шаге утверждения считается не целесообразным. Также на данном этапе происходит устранение синонимии, если таковая появилась на предыдущем этапе решения, например, сгенерирована связка отношения совпадения между некоторыми объектами. В конечном итоге происходит удаление конструкций, ставших ненужными и по каким-либо причинам не удаленных на предыдущих этапах решения.

Если все этапы решения выполнены успешно, то решение возвращается к первому этапу, и в случае, если

ответ не получен, процесс повторяется еще раз. Стоит отметить, что в процессе решения один и тот же объект или одно и то же высказывание могут быть использованы многократно, если это целесообразно. Однако, очевидно, что применение одного и того же утверждения для одного объекта несколько раз не имеет смысла, при условии, что нужные знания из памяти не удаляются в процессе решения какими-либо сторонними операциями.

Следует учитывать тот факт, что агенты сборки мусора, устранения синонимии и верификации знаний могут оказаться полезными и необходимыми не только на завершающем этапе работы интеллектуального решателя задач. В этом смысле 4-ый этап является несколько размытым и может быть частично интегрирован с какими-либо из предыдущих.

Таким образом, в структуре описываемой модели можно выделить 4 логических уровня, на каждом из которых возможно использование методов параллельной обработки информации.

Следует также отметить, что использование такой многоуровневой модели позволяет улучшить производительность системы в целом за счет попеременного «выключения» некоторых уровней в процессе решения сложной задачи, т.е. искусственному переводу агентов, соответствующих некоторому уровню в неактивное

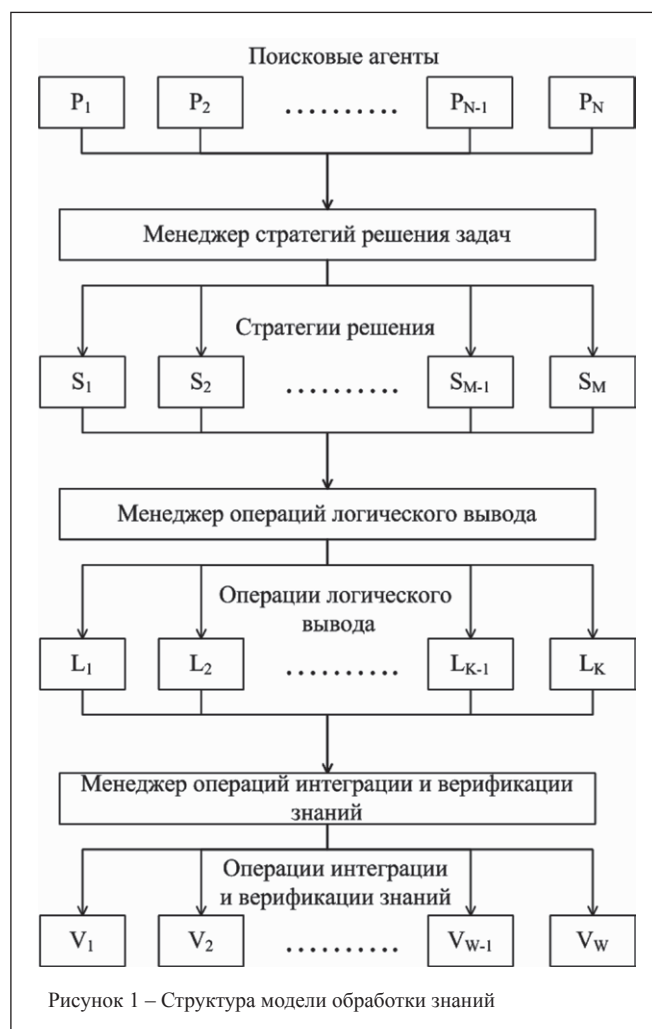


Рисунок 1 – Структура модели обработки знаний

состояние. К примеру, на этапе применения правил логического вывода могут быть отключены агенты, реализующие стратегии решения задач. Это уменьшит число ненужных срабатываний и проверок условий инициирования агентов при возникновении в памяти некоторого события. Однако такие действия могут негативно сказаться на возможностях системы в целом, к примеру, станет невозможным одновременное решение нескольких задач, поскольку разные задачи могут на один и тот же момент времени находиться на разных этапах решения, что делает отключение какого-либо этапа недопустимым.

Структура такой параллельной асинхронной модели машины обработки знаний представлена на рисунке 1.

В рамках каждого менеджера возможно использование принципа векторного параллелизма. Действительно, набор стратегий решения или операций логического вывода, по сути, представляет собой вектор. Каждый элемент данного вектора может быть рассмотрен по отдельности и активирован независимо от других в асинхронном режиме. Это позволяет говорить о возможности параллельного использования в рамках решения одной задачи нескольких стратегий, операций логического вывода, операций верификации и интеграции знаний. Таким образом, можно считать, что каждый из менеджеров реализует концепцию агента-супервизора, рассматриваемого в теории многоагентных систем, т.е. некоторого метаагента, основной задачей которого является координация действий других агентов [4].

Заключение

В работе предложен подход к построению машин обработки знаний интеллектуальных систем на основе многоагентной архитектуры. Данный подход предполагает возможность интеграции различных методов информационного поиска и решения задач за счет организации коммуникации агентов не непосредственно друг с другом, а через общую память, что позволяет существенно снизить накладные расходы при добавлении новых агентов в общий коллектив. Данная работа осуществляется в рамках открытого проекта OSTIS [3].

Литература:

1. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем : учебник / Т.А. Гаврилова [и др.]. – СПб. : Изд-во «Питер», 2001.
2. Ефимов, Е.И. Решатели интеллектуальных задач / Е.И. Ефимов. – М. : Наука, 1982.
3. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. – Минск, 2012. – Режим доступа : <http://ostis.net/>. – Дата доступа : 30.11.2012.
4. Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям / В.Б. Тарасов. – М. : Изд-во УРСС, 2002.
5. Рассел С. Искусственный интеллект. Современных подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М. : Вильямс, 2006

Abstract

This work is devoted to considering of problems of existing methods, means and technologies of knowledge processing machines design. The article describes the problem of lack of means, which allow relatively inexperienced developer to design knowledge processing machine for applied intelligent systems for different purposes. Next part of the paper considers the technology which was designed to solve given problem in the way of integration different problem situations solution methods and ways on the common formal basis.

Поступила в редакцию 04.04.2013 г.



ООО «ГорнТрейд»

поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082
факс: +375 17 290 0084
e-mail: info@horntrade.net

Качество и компетентность в мире печатных плат

ОАО «Минский часовой завод»

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск,
пр. Независимости, 95,
т./ф. +375 (17) 280-49-55
моб. +375 (29) 750-45-50
bogdashich@mail.ru

Срок изготовления от 2 дней до двух недель

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрытия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, Ni-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы : FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

МОДУЛИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОДЕРЖИМОГО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ В ВЫХОДНЫЕ ФОРМАТЫ

УДК 621.391

М.В. Стержанов,
БГУИР, г. Минск

Аннотация

В статье рассматриваются различные подходы по преобразованию контента СУД Stagiritis с сохранением основного логически-структурного содержания. Описывается функциональность и внутренняя реализация модулей преобразования информации в форматы XML, HTML и формат настольной базы данных.

Введение

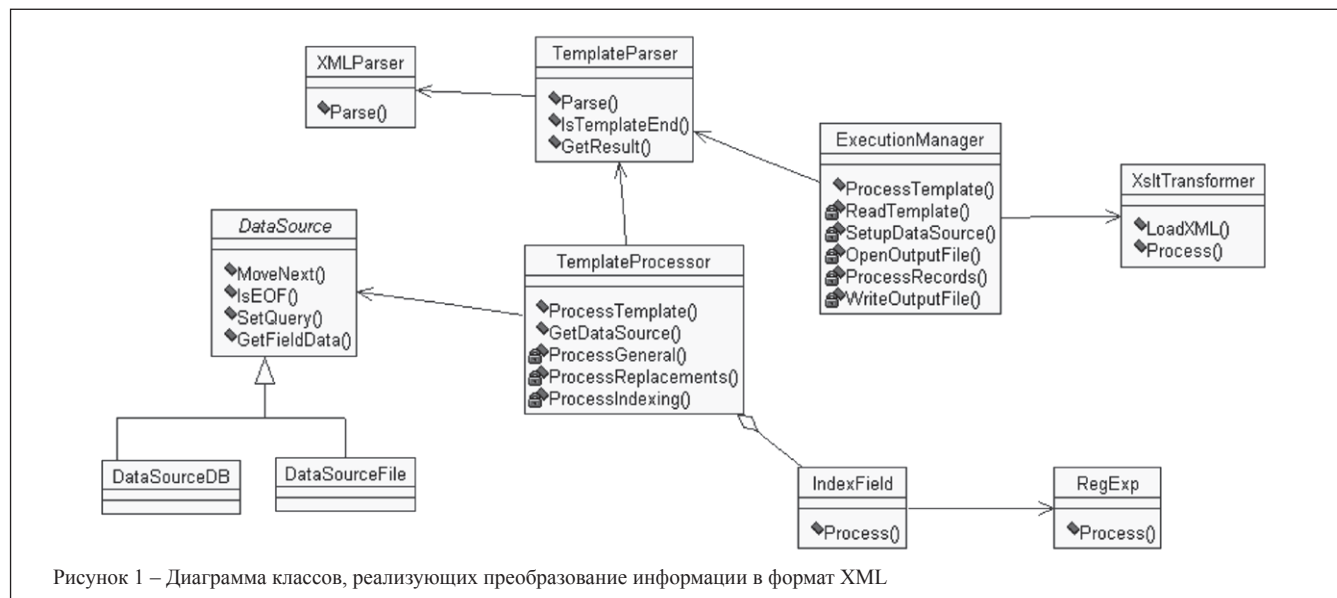
Системы управления документами (СУД) помогают распределить между сотрудниками обязанности по созданию содержания и обеспечивают возможность его опубликования. Процесс создания контента состоит в написании и редактировании текстовой информации, интеграции мультимедийных документов, создании элементов навигации. Практический опыт внедрения различных прикладных решений показывает, что большое значение имеет возможность организации обмена между разными информационными системами [1, 2]. Система Stagiritis предоставляет разнообразные инструменты для обмена данными. Под опубликованием понимается процесс представления контента системы в различных форматах (XML, HTML, формат настольной БД).

Эффективная система управления документацией (СУД) предприятия должна самостоятельно предоставлять возможность решения указанных выше задач, а не делегировать их выполнение различным разрозненным подсистемам. Например, часто создание и редактирование контента ведется в одной среде, архивное хранение – во второй, а трансформация публикаций в формат HTML – в третьей. Это ведет к нерациональному использованию имеющихся программных средств и значительному увеличению общего времени обработки.

Система Stagiritis представляет контент в виде множества отдельных записей, упорядоченных при помощи иерархической древовидной структуры, называемой деревом публикаций [3]. Текстовые записи бывают трех типов: публикация, заголовок, статья. Запись, соответствующая корневому узлу дерева, называется публикацией. Каждая публикация содержит набор логически сгруппированных документов и может представлять отдельный проект, дело, книгу и т.п. Некорневые записи-контейнеры называются заголовками. Заголовками являются структурные элементы проектной документации, описывающие отдельные разделы, главы. Статьи являются листьями дерева публикаций и хранят в себе текст, таблицы, изображения.

Физически текстовые данные СУД хранятся в таблицах реляционной базы данных (БД) в формате ХТМЛ. Каждая запись помимо информации о соответствующем документе содержит вспомогательную служебную информацию: мета-информацию, элементы навигации, историю внесенных в документ текстовых правок. При преобразовании содержимого системы в выходной формат служебная информация, которая актуальна только в контексте исходной СУД, должна быть удалена. В качестве примера такой информации можно привести историю внесения в документ текстовых правок. Служебная информация, которая может быть использована в других приложениях и контекстах, должна быть соответствующим способом предварительно обработана. В качестве примера такой информации можно привести описание элементов навигации между документами.

На сегодняшний день одним из наиболее распространенных подходов к организации обмена данными между разными информационными системами является обмен данными в формате XML (рисунок 1). Система Stagiritis позволяет представить содержимое публикации в формате



XML для взаимодействия с другими системами (например, типографской). Алгоритм преобразования данных в формат XML состоит из трех шагов. На первом шаге осуществляется последовательное размещение в XML-файле текстовых документов и заголовков с учетом порядка размещения записей в публикации. На втором шаге при помощи регулярных выражений осуществляется поиск и замена внутренних системных тегов тегами, поддерживаемыми целевой системой. На третьем шаге формируется дерево ключевых слов.

Опишем процесс публикации данных системы Stagiritis на веб-сайте. Графический интерфейс модуля позволяет пользователю указать узел дерева публикаций системы, записи которого должны быть опубликованы. Администратор системы может поставить в соответствие узлу дерева публикаций директорию на веб-сайте, в которую будет осуществляться доставка HTML-файлов. Затем для каждого документа, относящегося к поддереву выбранного узла, из БД извлекается текст и направляется на вход процедуры предобработки, цель которой заключается в замене элементов внутренней навигации. Например, междокументная ссылка заменяется HTML-тегом <a>. Примечание преобразуется в гиперссылку, при нажатии на которую при помощи Javascript-кода в всплывающем окне показывается текст примечания. Затем осуществляется XSLT-преобразование, результат которого сохраняется в HTML-файл с именем, равным идентификатору документа в исходном дереве публикаций системы.

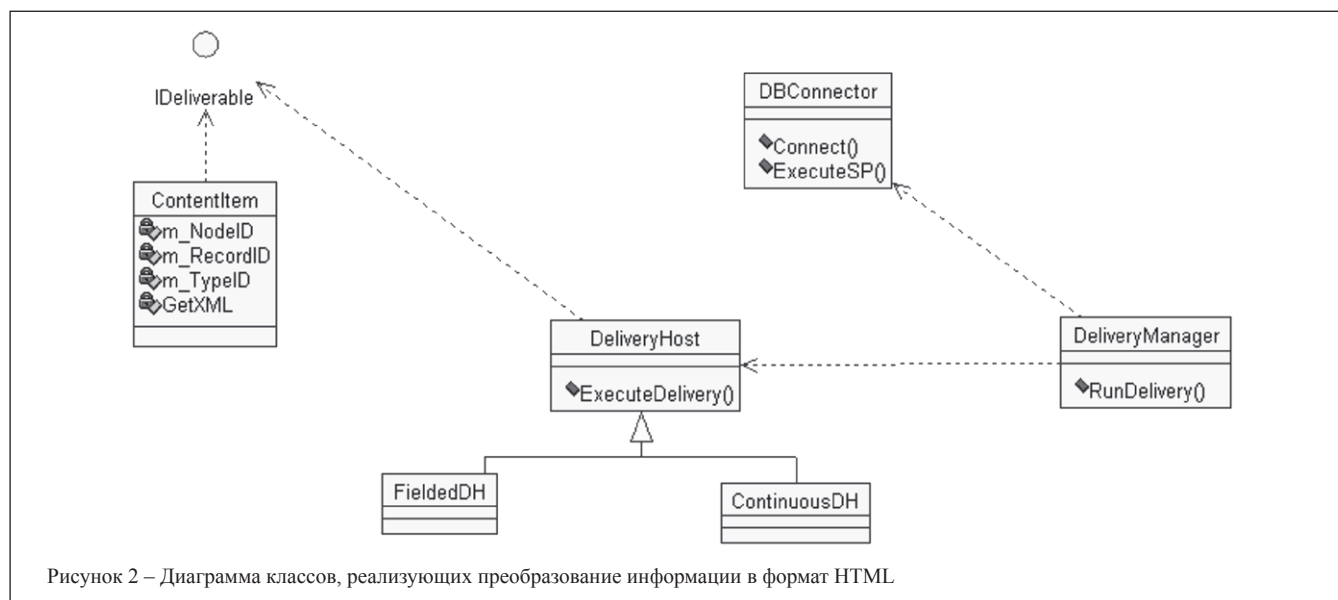
Чтобы сохранить информацию об отношении «родитель-потомок» между полученными HTML-документами, на целевом сайте строится XML-файл, именуемый деревом контента. Его узлы хранят информацию об имени записи, ее типе и уникальном идентификаторе. При выборе узла дерева контента по значению его идентификатора загружается HTML-документ, имеющий соответствующее имя и размещающийся в директории, содержащей файлы данной публикации. Также следует отметить, что дерево контента для каждой публикации на веб-сайте имеет узел с именем «Предметный указатель», который строится на основе дерева ключевых слов СУД.

В качестве платформы реализации модуля преобразования контента системы в формат HTML выбраны программ-

ная платформа Microsoft .NET и язык программирования C#, наиболее полно охватывающий возможности .NET Framework (рисунок 2). Класс DeliveryManager управляет процессом преобразования информации. Он получает на вход узел дерева публикаций СУД, который необходимо обработать и формирует массив элементов класса ContentItem, соответствующих поддереву выбранного для доставки узла. Отдельная текстовая запись СУД представлена классом ContentItem, инкапсулирующим в себе идентификатор узла дерева публикаций, содержащего запись, а также идентификатор и тип записи. Класс ContentItem реализует интерфейс IDeliverable. Класс DeliveryHost получает на вход массив объектов, соответствующих записям дерева публикаций СУД и реализующих интерфейс IDeliverable, и выполняет для каждого документа XSLT-преобразование. Создаваемые файлы помещаются в заданную директорию на жестком диске сервера приложений. Для переопределения стандартного алгоритма преобразования, заданного в классе DeliveryHost, используется механизм наследования.

Используя описанную технологию, наборы данных, представленные в репозитории СУД, могут рассматриваться как продукты, доступ к которым конечным пользователям предоставляется через веб-сайт с использованием механизма подписки. По мере внесения изменений в СУД, данные на веб-сайте будут обновляться.

Процесс преобразования информации в формат настольной БД состоит из двух этапов. На первом этапе содержимое каждой публикации экспортируется в один или несколько текстовых файлов данных формата XHTML, которые будут подаваться на вход модуля индексации. Решение использовать промежуточный формат представления было принято для снятия зависимости модуля индексации от формата представления публикации в таблицах БД. Каждый файл содержит информацию о структуре публикации (т.е. отношениях иерархии между ее записями), об элементах навигации (ссылках на другие документы, примечаниях) при помощи собственных служебных тегов. Для отделения служебных тегов от тегов разметки они размещаются внутри кода HTML-комментариев с использованием специальной маркировки, позволяющей отличить



служебный тег от обычного HTML-комментария. Информация о каждой записи (элементе контента) хранится в отдельном блоке. Для описания такого блока используется служебный тег, содержащий уникальный идентификатор записи, ее тип, идентификаторы родительской записи и публикации, к которой относится запись. Служебные теги, описывающие элементы структуризации, имеют аналогичную структуру и собственный набор атрибутов.

Процесс генерации файлов данных осуществляется при помощи XSLT-преобразования, в котором задаются правила конвертации тегов исходных документов.

Вторым этапом преобразования элементов контента в формат настольной БД является построение индексной базы, которая будет обеспечивать быстрый поиск информации различного вида (как произвольного текста, так поиска в заголовках или ключевых словах).

Для этого выполняется проход по каждому исходному файлу и построение основных индексных файлов. Как было сказано выше, исходные файлы содержат метainформацию о принадлежности каждого текстового фрагмента к определенному полю (заголовок, текстовая запись, ключевое слово). Очевидно, что последующий поиск будет эффективным в случае возможности искать текст как во всей базе целиком, так и осуществляя фильтрацию по конкретному полю. Поэтому после извлечения очередного слова из исходного файла его значение дополняется префиксом поля. Таким образом, одно и то же слово может быть проиндексировано принадлежащим разным полям.

Опишем структуру файлов, составляющих индексную базу (рисунок 3). Записями файла FilesStorage являются имена исходных HTML-файлов, содержащих индексируемый контент. Файл DocsStorage связывает логические документы с их физическим местом хранения, в нем каждая запись хранит имя документа и ссылку на целевой файл, содержащий данный документ. Файл FieldsDict хранит в себе описание всех полей, по которым выполняется индексация (например, имена документов, заголовки разных уровней, просто текст). Каждая запись в этом файле содержит название поля, количество проиндексированных слов, указатель на первую запись файла FieldsCatalog, соответствующую данному полю. Записи файла FieldsCatalog позволяют для каждого поля определить начало размещения слов, начинающихся с заданной буквы. Файл WordList представляет собой упорядоченную в алфавитном порядке последовательность проиндексированных слов. Каждая запись этого файла содержит слово, а также идентификаторы

документов, в которых оно встречается. Заметим, что на диске все файлы хранятся в зашифрованном виде.

Заключение

В статье рассмотрены различные подходы по преобразованию контента СУД Stagirites с сохранением основного логически-структурного содержания информации. Описанная технология позволяет организациям быстро и безопасно публиковать информацию и документы в Web, не зная языка разметки HTML. Благодаря этому организация может возложить задачу публикации документов в Web на бизнес-пользователей – владельцев контента, что не требует привлечения квалифицированных специалистов. Эффективность применения разработанного ПО также заключается в том, что благодаря выполнению преобразования средствами системы снижается количество ошибок и нестыковок в выходной информации. Использование модуля преобразования публикации в формат настольной БД, владелец контента получает возможность его распространения для доступа в автономном режиме.

Благодарности

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Ф11-М210 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Литература:

1. Wiggins, B. Effective Document and Data Management: Unlocking Corporate Content / B. Wiggins. – Gower Publishing Ltd., 2012. – 266 p.
2. Jenkins, T. Enterprise Content Management Methods: What you need to know / T. Jenkins. – Open Text Corporation, 2005. – 272 p.
3. Стержанов, М.В. Функциональность CMS строительной организации / М.В. Стержанов, Е.П. Калоша // Веб-программирование и Интернет технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «WebConf09», Минск, 8–10 июня 2009 г. / Ин-т математики НАН Беларуси. – Минск, 2009. – С. 37–38.

Abstract

Various approaches for delivering the data of engineering content management system are detailed in this paper. We present the description of general functionality and technical implementation of content delivery modules that preserve publication structure and transform data into XML, HTML and standalone DB formats.

Поступила в редакцию 05.03.13 г.

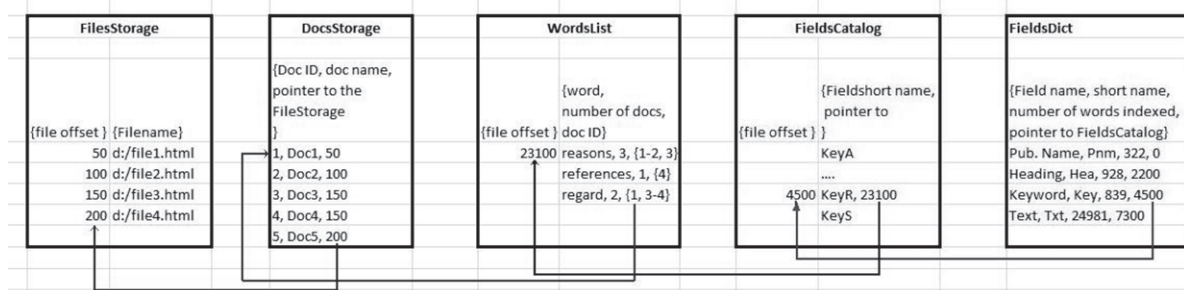


Рисунок 3 – Схематическое представление файлов, составляющих индексную базу

СТЕК АЛГОРИТМОВ СТЕГАНОГРАФИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТОВ И ДЕРЕВА НУЛЕЙ

УДК 004.056.5

А. Сейеди, Н.Н. Иванов,
БГУИР, г. Минск

Аннотация

Стеганография – это один из методов тайной передачи информации. Стеганографический метод может состоять из нескольких этапов. Комбинирование различных алгоритмов на этапах дает результаты, отличающиеся по многим параметрам. В статье используются полезные свойства метода дерева нулей в вейвлет-преобразовании. Исходное изображение разбивается на ячейки 8×8 , к каждой из которых применяется целочисленное вейвлет-преобразование со схемой лифтинга. Метод дерева нулей позволяет определить коэффициенты вейвлет-разложения, в которые будет внедряться секретное сообщение. Предварительно к сообщению применяется арифметическое кодирование и перемешивание символов. Эксперименты показали, что предлагаемый стек алгоритмов обеспечивает приемлемую величину PSNR, высокий уровень безопасности и полученное стего-изображение имеет высокую робастность против его сжатия с потерями.

Введение

В широком смысле стеганография – это метод скрытого встраивания информации в любую форму медийных данных. В узком смысле этот термин означает встраивание цифрового сообщения в цифровой мультимедийный файл [12], [14], [17]. Файл, в который встраивается секретное сообщение, называется контейнером, файл со встроенным сообщением называется стего-файлом. Основные понятия современной стеганографии были введены Симмонсом в 1983 году [19]. В работе рассматривается встраивание сообщения только в полутоновые изображения, для определенности индекс цвета изменяется в интервале $[0, 255]$. Простейший метод встраивания секретного сообщения в пиксели контейнера называется методом замены наименее значащих бит (LSB), он широко распространен в стеганографии изображений. В случае замены одного младшего бита каждого или некоторых пикселей изображения, качество стего-изображения, воспринимаемого зрением человека, изменяется незначительно. Метод LSB прост в использовании, функция его сложности линейна, он позволяет спрятать сообщение значительного объема [6], [8], однако, метод имеет низкую робастность против любых атак недоброжелателей.

Будем рассматривать исходное цифровое изображение как матрицу, выражающую функцию градаций серого цвета от своих естественных индексов строк и столбцов. Тогда изображение выражается функцией от двух своих аргументов на плоскости – горизонтального и вертикального. Интегральные преобразования сигналов и изображений, заданных в пространственной области, переводят функции, выражающие эти объекты, в частотную область. Примеры таких преобразований: преобразование Фурье, косинус-преобразование, вейвлеты и др. Сокрытие сообщения в частотной области получило широкое распространение [1], [4], [7], [9]. Процедура встраивания в частотную область состоит из трех основных этапов, вначале контейнер пре-

образуется в частотную область, затем в коэффициенты частотного представления встраивается сообщение, на последнем этапе выполняется обратное преобразование в пространственную область, в результате чего получается стего-изображение. Методы встраивания сообщения в пространственную область называются пространственными методами стеганографии, соответственно методы встраивания в частотную область называются частотными. Известно, что частотные методы по сравнению с пространственными обладают большей устойчивостью к изменениям стего-изображений. С другой стороны, интегральные преобразования требуют больших вычислительных ресурсов. Тем не менее, частный случай интегральных преобразований – вейвлеты лежат в основе бурно развивающейся ветви стеганографии. В этой статье показано применение вейвлетов для достижения высокого объема встраиваемого сообщения при малом искажении контейнера.

Рассмотрим некоторые работы частотной стеганографии. Д. Бхаттачарая с соавторами [3] предложил схему, основанную на дискретном вейвлет-преобразовании (DWT) с учетом различия соседних коэффициентов частотной области. Замечено, что в пространственной области встраивание сообщения в границы объектов дает меньшее искажение контейнера по сравнению со встраиванием в гладкие области. Д. Бхаттачарая перенес этот прием на частотные методы, встраивание выполняется в высокочастотные коэффициенты с большой абсолютной величиной. С. Бхаттачарая и С. Гаутам [20] применили эту схему с использованием целочисленного вейвлет-преобразования на основе схемы лифтинга. Алгоритм, который они назвали методом попиксельного отображения (MPP), применяется в частотной области к поддиапазонам контейнера. Метод позволяет встроить сравнительно небольшие сообщения. Идея метода близка к выбору коэффициентов, допустимых для встраивания, а само встраивание выполняется приемом, близким к LSB. Существуют методы, не использующие LSB, один из них изложен в статье М. Редди [16].

По сравнению с методами, упомянутыми выше, алгоритм, представленный в статье, обеспечивает более высокое качество стего-изображения, имеет более высокий объем внедряемого сообщения, является робастным против сжатия изображения. Представляемый здесь метод стеганографии является комбинацией известных алгоритмов: алгоритма перемешивания и арифметического кодирования; целочисленного вейвлет-преобразования контейнера со схемой лифтинга [22]; метода дерева нулей (ZTM) для выбора частотных коэффициентов, в которые внедряется сообщение; обратного целочисленного вейвлет-преобразования, применяемого к матрице измененных частотных коэффициентов.

Оценки алгоритмов стеганографии

При сравнении алгоритмов стеганографии с изображением в качестве контейнера используется простейший критерий, состоящий в визуальном сравнении из двух

изображений: контейнера и стего-изображения. Однако этот качественный критерий субъективен и зависит от индивидуальных особенностей человека. Количественные критерии стеганографии унаследованы из теории сигналов, точнее, из задачи сравнения сигнала с его приближением. Для такого сравнения существует множество количественных критериев, учитывающих различные параметры сигналов [17]. В стеганографии из этого многообразия обычно выделяют три критерия: отношение сигнал-шум (PSNR), величину объема внедряемого сообщения, робастность алгоритма [7] (нечисловой критерий). Робастность не получила количественной оценки ввиду того, что невозможно описать и оценить все существующие и возможные методы искажения изображения. Кроме этих трех критериев в статье используется корреляция в виде прямого аналога этого понятия из теории вероятностей.

Качество стего-изображения. Этот критерий формализует визуальное сравнение контейнера и стего-изображения. Качество в этом критерии выражено отношением максимума сигнала к шуму (PSNR).

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \frac{255 \times M \times N}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (C_{i,j} - S_{i,j})^2}, \quad (1)$$

где $M \times N$ – размер контейнера и стего-изображения; $C(i, j)$ – интенсивность пикселей контейнера; $S(i, j)$ – интенсивность стего-изображения. Величина (1) измеряется в децибелах, как это принято в теории сигналов.

Объем внедряемого сообщения. Это размер внедренного цифрового сообщения, измеряемый в битах, байтах, и т. д. Его можно измерять и как отношение объема сообщения к объему контейнера.

Робастность. В идеальном случае внедренное сообщение должно быть сохранено при любом изменении стего-изображения. Очевидно, что достичь этого невозможно. Поэтому при оценке робастности метода ограничиваются конкретными классами преобразований, после воздействия которых возможно восстановление скрытого сообщения. Представленный алгоритм имеет робастность по отношению к статистическим атакам и к manipulation attack [17].

Корреляция. Эта оценка, заимствованная из теории вероятностей, указывает, насколько совпадают пиксели двух изображений, и вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum (C_{i,j} - \bar{C})(S_{i,j} - \bar{S})}{\sqrt{\sum (C_{i,j} - \bar{C})^2} \sqrt{\sum (S_{i,j} - \bar{S})^2}}, \quad (2)$$

где обозначения формулы совпадают с (1), а верхняя черта означает среднее значение множества чисел.

Введенные параметры не являются независимыми, с учетом различия в шкалах величина PSNR близка к корреляции. Увеличение объема сообщения вызывает уменьшение PSNR и корреляции [1], [17]. В статье [8] указано, что уровень искажения изображения 36 дБ и выше не заметен глазу человека.

Предобработка сообщения

Метод перемешивания пикселей изображения означает изменение позиции пикселя в изображении с возможным изменением значения цвета пикселя. Если преобразование

перемешивания имеет обратное преобразование, то этот алгоритм можно рассматривать как криптографический. Примером перемешивания пикселей служит преобразование Арнольда [23]. Оно взаимнооднозначным преобразованием изменяет позицию пикселя на изображениях в форме квадрата. Многочисленные методы перемешивания порождены в теории чисел и теории вероятностей [25]. Хаотическая функция Энона из теории динамических систем широко применяется для криптографии изображений [15]. Как правило, хаотическая функция изменяет как позицию пикселя, так и значение его цвета. В этой статье для изменения позиции элемента в сообщении использовался сравнительно простой линейный конгруэнтный генератор псевдослучайных чисел [24]. Для заданного исходного положительного целого числа x псевдослучайное число y вычисляется по формуле:

$$y = (ax + b) \bmod c, \quad (3)$$

где a , b и c – фиксированные параметры генератора. Для матрицы M размерности $m \times n$, параметр c полагаем равным mn , параметр a взаимнопрост с c , b – неотрицательное целое число. Этот выбор обеспечивает взаимнооднозначное соответствие целых чисел отрезка $[0, mn - 1]$ на себя [10]. Элементы матрицы M нумеруются в произвольном порядке, например, строка за строкой, числами $0, 1, \dots, mn - 1$, после чего применяется функция (3).

Кроме того, в процессе подготовки передачи сообщения разумно закодировать его одним из криптографических алгоритмов. В результате можно уменьшить размер сообщения и создать дополнительные трудности для неавторизованного чтения. Одним из таких алгоритмов является известное кодирование Хаффмана. В этом методе принимается во внимание частота, с которой символ встречается в тексте сообщения. Но в этом методе результат кодирования достаточно далек от идеала, потому что рациональное число, представляющее частоту, заменяется округленным значением. Арифметический код [2] по идее похож на кодирование Хаффмана, его отличие в том, что он заменяет не символ сообщения, а сразу всю строку сообщения. Строка сообщения заменяется рациональным числом без округления, что обеспечивает в большинстве случаев лучшее кодирование, чем код Хаффмана.

Целочисленные вейвлеты со схемой лифтинга

Вейвлеты издавна применяются для анализа сигналов и изображений. Один из этих методов представляет многомасштабный анализ сигналов (MRA), который изучает особенности частотного представления. При вейвлет-преобразовании сигнал обрабатывается низко- и высокочастотными фильтрами. Процесс обработки может применяться повторно к коэффициентам разложения [21]. Однократное применении фильтров называется вейвлет-преобразованием уровня 1. Если преобразование применяется затем к полученным коэффициентам фильтров, то говорят о преобразовании уровня 2. При применении преобразования уровня 1 к двумерному изображению получается матрица, состоящая из четырех подматриц, LL, HL, LH и HH. Матрица LL получается низкочастотной фильтрацией вдоль строк изображения – назовем индексы вдоль строки координатой x ; затем вдоль его столбцов – назовем индексы

вдоль столбца координатой y . Матрица LL представляет собой упрощенную, грубую копию исходного изображения с размером, в два раза меньшим и по x , и по y . Подматрица LH получается применением низкочастотного фильтра по координате x и высокочастотного по координате y . Соответственно HL получена высокочастотной фильтрацией по x и низкочастотной по y . И наконец, матрица HH получается высокочастотной фильтрацией по обеим координатам x , y . Для глаза человека наиболее важна матрица LL, кроме того, в этой матрице сконцентрирована большая часть энергии исходного изображения. Матрицы коэффициентов в виде интенсивностей цвета показаны на рисунке 1, где к изображению «Лена» применили вейвлет-преобразование уровня 2.



Рисунок 1 – Результат применения 2D DWT с двумя уровнями

При MRA повторному преобразованию подвергаются все четыре блока коэффициентов разложения. Фильтры, применяемые в дискретном вейвлет-преобразовании (DWT), дают коэффициенты в формате плавающей точки. Поэтому при внедрении сообщения в эти коэффициенты новые значения коэффициентов возможно будут округляться или обрезаться, что может привести к потере сообщения. Чтобы избежать проблем, связанных с плавающей точкой, следует избегать ее использования, выбирая соответствующие базисы вейвлетов [11], [13].

Схема лифтинга, предложенная У. Свелденом [23], характеризуется тем, что базис вейвлета строится в процессе получения коэффициентов разложения. Этот подход полностью основан на пространственном представлении изображения. По сравнению с фильтрацией по заданному базису он имеет меньшую вычислительную сложность при сопоставимых базисах. Схему лифтинга можно использовать для построения целочисленного вейвлет-преобразования (IntLWT). Эксперименты с различными вейвлетами, описываемыми в разделе 6, показали, что из рассмотренного множества базисов лучше всего проявил себя вейвлет CDF (2, 2) [5] со схемой лифтинга. Этот вейвлет обеспечил большую вместимость и лучшее визуальное качество.

Метод нуля-дерева

ZTM в частотной области применяется для эффективного сжатия изображений [18]. Метод использует

последовательность монотонно понижающихся порогов, коэффициенты разложения сравниваются с текущим порогом. Если абсолютная величина коэффициента меньше, чем текущий порог T , то узел дерева (рисунок 2) называется не значащим, иначе его называют значащим. Исходное значение порога обозначим T_1 , оно вычисляется по формуле:

$$T_1 = 2^{\lfloor \log_2(\max(C(i,j))) \rfloor + 1}, \quad (4)$$

где $\max(.)$ вычисляется по всем значениям интенсивностей изображения. На следующем шаге алгоритма порог уменьшается вдвое:

$$T_n = \frac{T_{n-1}}{2}. \quad (5)$$

Структура дерева нулей представлена на рисунке 2, где символ $\blacksquare$ означает произвольные коэффициенты. Метод ZTM в частотной области использует тот факт, что при увеличении уровня декомпозиции вейвлет-коэффициенты уменьшаются, при этом коэффициенты с большими абсолютными значениями более важны для сохранения изображения, чем коэффициенты с меньшими значениями. С большой долей уверенности можно предположить, что в дереве нулей значения потомков узла по абсолютной величине не превышают значения узла.

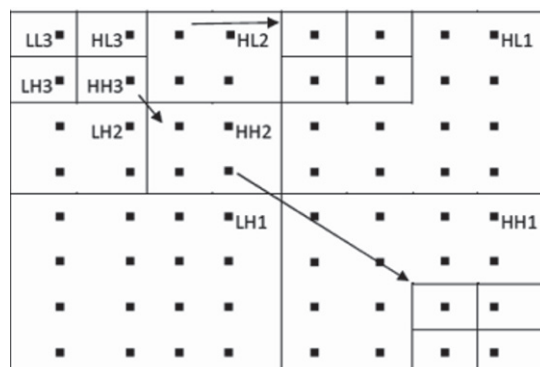


Рисунок 2 – Структура нулевого дерева

Этот факт можно использовать для внедрения бит-секретного сообщения в корневые коэффициенты (RC). Для RC и его потомков, то есть коэффициентов, которые используют его в формуле своего представления, величины всех коэффициентов меньше текущего порога. Рисунок 3 демонстрирует схему зависимости коэффициентов разложения IntLWT для уровня 3. Для матрицы на рисунке 3 исходный порог $T_1=32$, он вычисляется по формуле (4). Элементы RC-матрицы коэффициентов выделены на рисунке жирным курсивом.

Предлагаемый стек стеганографических алгоритмов

На рисунке 4 показан предлагаемый метод стеганографии для контейнеров-изображений. Цель предлагаемого метода состоит в увеличении объема и робастности. Контейнер разделяется на ячейки размером 8×8 , к каждой из которой применяется InLWT. Для идентификации RC-коэффициентов используется метод дерева нулей.

63	-34	49	10	7	13	-12	7
-31	23	14	-13	3	4	6	-1
15	14	3	-12	5	-7	3	9
-9	-7	-14	8	4	-2	3	2
-5	9	-1	47	4	6	-2	2
3	0	-3	2	3	-2	0	4
2	-3	6	-4	3	6	3	6
5	11	5	6	0	3	-4	4

63	-34	49	10	7	13	-12	7
-31	23	14	-13	3	4	6	-1
15	14	3	-12	5	-7	3	9
-9	-7	-14	8	4	-2	3	2
-5	9	-1	47	4	6	-2	2
3	0	-3	2	3	-2	0	4
2	-3	6	-4	3	6	3	6
5	11	5	6	0	3	-4	4

Рисунок 3 – Выделение RC-коэффициентов с порогом $T_1=32$

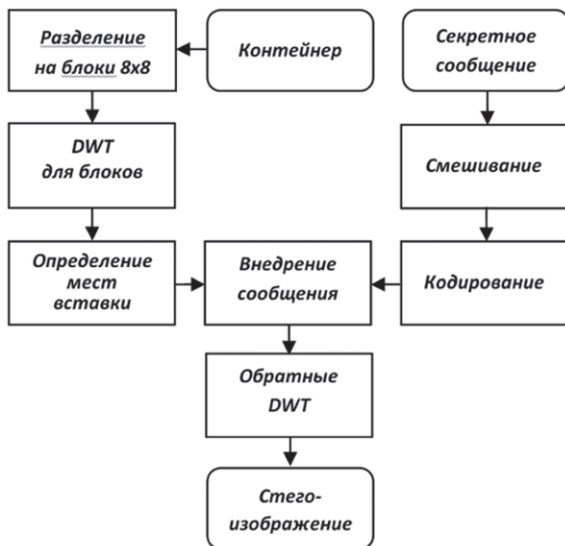


Рисунок 4 – Схема предлагаемого метода стеганографии

Алгоритм стеганокодирования

Вход: контейнер C размера $N \times N$; секретное сообщение P размера $M \times K$.

Выход: стего-изображение S размера $N \times N$.

(1) Контейнер C разделяется на блоки $B(i, j)$ размера 8×8 .

$$C = \sum_{i=1}^{N/8} \sum_{j=1}^{N/8} B(i, j).$$

(2) Применить 2D вейвлет-преобразование IntLWT уровня 2 к каждому блоку.

$$\text{Temp}(i, j) = \text{IntLWT } B(i, j).$$

(3) Перемешать и закодировать сообщение P .

(4) Методом ZTM найти RC-коэффициенты вейвлет-преобразования, в которые будут внедрены биты сообщения P .

(5) Методом LSB вставить биты из P в коэффициенты RC.

(6) Обратным вейвлет-преобразованием построить стего-изображение S .

Алгоритм извлечения сообщения

Вход: стего-изображение S размера $N \times N$.

Выход: сообщение P размера $M \times K$.

(1) Разделить стего-изображение на блоки размера 8×8 .

(2) Применить 2D вейвлет-преобразование IntLWT уровня 2 к каждому блоку.

(3) Найти RC-коэффициенты вейвлет-преобразования, из которых будут извлечены биты закодированного сообщения P .

(4) Получить сообщение P , применяя раскодировку и обратное перемешивание сообщения.

Результаты эксперимента

Для оценки эффективности предложенного метода были проведены эксперименты на широко известных образцах. Метод был реализован в MATLAB 7.10 с операционной системой Windows XP. Набор полутоновых 8-битных изображений размера 512×512 использовался как контейнеры (рисунки 5 а–г). Картинка «Домик» (рисунок 6) размера 110×110 был секретным сообщением.



(а) Аэроплан



(б) Лена



(в) Бабуин



(г) Перец

Рисунок 5 – Контейнеры

Таблица 1 – Оценки качества внедрения сообщения в контейнеры

Контейнер	Сообщение	PSNR DWT	PSNR IWT	PSNR метода	Корреляция DWT	Корреляция IWT	Корреляция метода
Аэроплан	110×110	43,9003	43,8003	50,0183	0,9994	0,9994	0,9999
Лена	110×110	42,4341	42,4199	50,0144	0,9993	0,9993	0,9999
Бабуин	110×110	40,9134	41,2099	50,3021	0,9985	0,9987	0,9998
Перец	110×110	43,8896	43,6323	50,0162	0,9995	0,9995	0,9999



Рисунок 6 – Внедряемое сообщение «Домик»

Были вычислены коэффициенты корреляции для пар изображений контейнер – стего-изображение. В таблице 1 собраны результаты оценок качества внедрения сообщения в контейнеры.

Таблица 1 представляет вместимость и значение PSNR стего-изображения. При равной вместимости предложенный алгоритм имеет большее значение PSNR [16], [20].

Заключение

Предлагаемый метод комбинируется из нескольких известных алгоритмов. Он использует нуль-дерево из вейвлетных методов сжатия изображений. При применении дискретного вейвлет-преобразования применяется схема лифтинга к 8×8 ячейкам, на которые предварительно был разделен контейнер.

Перемешивание и арифметическое кодирование затрудняют несанкционированное чтение секретного сообщения. Метод является робастным против JPEG-сжатия. Качество получаемого стего-изображения оказалось выше, чем в методах, предложенных в работах [3], [16], [20].

Предполагается обобщение предложенного стека алгоритмов к цветным изображениям.

Литература:

1. Ali, A.A. A modified high capacity image steganography technique based on wavelet transform / A.A. Ali, A. Fawzi // IAJIT. – 2010. – № 7. – P. 358–364.
2. Amir, S. Introduction to Arithmetic coding- theory and practice Imaging Systems Laboratory HP Laboratories Palo Alto HPL-2004-76 / S. Amir. – 2004.

3. Bhattacharyya, D. Text Steganography: A novel approach / D. Bhattacharyya, D. Poulami, K. Samir // International Journal of Science and Advance Technology. – 2009. – № 3. – P. 79–85.

4. Blossom, K. Steganographic approach for hiding image in DCT domain / K. Blossom, K. Amandeep, S. Jasdeep // International Journal of Advances in Engineering & Technology. – 2011. – № 1. – P. 72–78.

5. Calderbank, A.R. Wavelet transforms that map integer to integers. Applied and computational harmonic analysis / A.R. Calderbank. – 1998. – 5. – P. 332–369.

6. Chan, C.K. Hiding data in images by simple LSB substitution / C.K. Chan // Pattern Recognition. – 2004. – № 37. – P. 469–474.

7. Chen, P.Y. ADWT based approach for image steganography / P.Y. Chen, H.J. Lin // IJASE. – 2006. – № 4. – P. 275–290.

8. Hsiao, J.Y. Finding, optimal least significant bit substitution in image hiding by dynamic programming Strategy / J.Y. Hsiao // Pattern Recognition. – 2003. – № 36. – P. 1583–1595.

9. Iwata, M. Digital steganography utilizing features of JPEG images / M. Iwata, K. Miyake and A. Shiozaki // IEICE Transfusion Fundamentals, E87-A. – 2004. – № 4. – P. 929–936.

10. James, G. Random number generation and Monte Carlo methods / G. James. – 2nd. – New York : Springer, 2003.

11. Jayasudha, S. Integer Wavelet Transform based Steganographic method using OPA algorithm / S. Jayasudha. – ICCCE, India, 2012.

12. N. F. Johnson and S. Katzenbeisser. A survey of Steganographic techniques, in S. Katzenbeisser and F. Peticolas (Eds.): Information Hiding. Artech House, Norwood, MA, 2000. – P. 43–78.

13. Lee, S. Reversible image watermarking based on integer-to-integer wavelet transform / S. Lee, C.D. Yoo, T. Kalker // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2007. – № 2. – P. 321–330.

14. Lou, D.C. Steganography method for secure communications / D.C. Lou // Elsevier Science on Computers & Security. – 2000. – № 21. – P. 449–460.

15. Osama, M. A proposed encryption scheme based on Henon Chaotic System (PESH) for Image Security / M. Osama, A. Zaid, A. Nawal // IJCA. – 2013. – № 61. – P. 29–39.

16. Reddy, H.S. Wavelet base Non LSB steganography / H.S. Reddy // International journal advanced networking and applications. – 2011. – № 3. – P. 1203–1209.

17. Seyyedi, S.A. Digital image steganography concept and evolution / S.A. Seyyedi, R.K. Sadekhov // IJCA. – 2013. – № 66. – P. 17–23.

18. Shapiro, J. Embedded image coding using zero trees of wavelet coefficients. IEEE Transaction on signal processing / J. Shapiro. – 1993. – № 4. – P. 3445–3462.

19. Simmons, G.J. The Prisoners problem and the subliminal channel / G.J. Simmons. – CRYPTO '83, Plenum Press, 1984. – P. 51–67.

20. Bhattacharyya, S. Data hiding in images in Discrete Wavelet Domain using PMM / S. Bhattacharyya, S. Gautam // WASET. – 2010. – № 68. – P. 597–606.

21. Stephan, M. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence / M. Stephan. – 1980. – № 11. – P. 674–693.

22. Sweden, W. The lifting scheme: A: Construction of Second Generation Wavelets / W. Sweden // SIAM Journal on Mathematical Analysis. – 1997. – № 29. – P. 511–546.

23. Tang, Z. Zhang. Secure Image Encryption without Size Limitation Using Arnold Transform and Random Strategies / Z. Tang, X. Zhang // Journal of Multimedia. – 2011. – № 6. – P. 202–206.

24. Ye, R. An Efficient chaos-based image encryption scheme using Affine Modular Maps / R. Ye // International Journal on Computer Network and Information Security. – 2012. – № 7. – P. 41–50.

25. Yoon, J.W. An image encryption scheme with a pseudorandom permutation based on chaotic maps. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation / J.W. Yoon, H. Kim. – 2010. – № 15. – P. 3998–4006.

Abstract

Steganography is a branch of information hiding. Combination of different technologies can bring new idea in information hiding. In this article we take advantage of the zero tree method and wavelet transform in application of image processing to propose a novel steganography scheme. The proposed method works by dividing the cover image in non overlapping 8×8 cells and apply integer wavelet transform through lifting scheme to each cell. Zero tree method performs to each cell to identify suitable location for embedding confidential data. Before embedding the confidential data in order to achieve high capacity and security we utilized arithmetic coding and shuffling method. Experimental results showed that the proposed method has excellent PSNR value and provide high security and more robustness against image processing attacks.

Поступила в редакцию 18.07.2013 г.

ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В РАЗДЕЛЕ «РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ»

1. Научная статья – законченное и логически цельное произведение по раскрываемой теме – должна соответствовать одному из следующих научных направлений: информационные технологии и системы, оптоэлектроника, микро- и нанoeлектроника, приборостроение.

2. Объем научной статьи не должен превышать 0,35 авторского листа (14 тысяч печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие), что соответствует 8 страницам текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 страницы в случае печати через 1,5 интервала).

3. Статьи в редакцию представляются в двух экземплярах на бумаге формата А4 (220015, г. Минск, ул. Пономаренко, 35 а, ком. 302), а также в электронном виде (e-mail: sadov@bsu.by). К статье прилагаются сопроводительное письмо организации за подписью руководителя и акт экспертизы. Статья должна быть подписана всеми авторами.

Статьи принимаются в формате doc, rtf, pdf, набранные в текстовом редакторе word, включая символы латинского и греческого алфавитов вместе с индексами. Каждая иллюстрация (фотографии, рисунки, графики, таблицы и др.) должна быть представлена отдельным файлом и названа таким образом, чтобы была понятна последовательность ее размещения. Фотографии принимаются в форматах tif или jpg (300 dpi). Рисунки, графики, диаграммы принимаются в форматах tif, cdr, eps или jpg (300 dpi, текст в кривых). Таблицы принимаются в форматах doc, rtf или Excel.

4. Научные статьи должны включать следующие элементы: аннотацию; фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название; введение; основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии); заключение; список цитированных источников; индекс УДК; аннотацию на английском языке.

5. Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие индексировать данную статью.

6. Аннотация (100–150 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками).

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Список цитированных источников располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]).

В соответствии с рекомендациями ВАК Республики Беларусь от 29.12.2007г. №29/13/15 научные статьи аспирантов последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия требованиям, предъявляемым к рецензируемым научным публикациям.

МОБИЛЬНЫЕ МЭМС-ИНТЕРФЕЙСЫ: МНОГООБРАЗИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИМЕНЕНИЙ

Светлана Сысоева
Dr.Gold@sysoeva.com

Высокообъемная ниша потребительской электроники активно развивается ввиду неослабевающего рыночного спроса со стороны потребителей и конкуренции ведущих производителей и поставщиков компонентов, а также привлекает новых игроков. Для дифференциации своих продуктов и рыночные лидеры, и стартап-компании разрабатывают новые технологии, виды применения и компоненты для интегрированных мобильных интерфейсов (человек-машина, машина-среда, машина-машина). Преимущества МЭМС-технологий в этом трудно переоценить: миниатюрные, маломощные, высоконадежные и недорогие устройства с высоким уровнем достижимых ими характеристик обладают уникальной способностью системной интеграции с электронными устройствами любого уровня (макро, микро, нано) и идеально вписываются в дизайн портативных мобильных терминалов, автомобильной, промышленной или домашней электроники.

Введение

Смартфоны – самый популярный и продаваемый тип мобильных устройств, интегрирующий практически все известные интеллектуальные встроенные решения для удовлетворения потребностей пользователей в информации, коммуникации и развлечениях, а также решения бизнес-задач.



Рисунок 1 – Многофункциональные High-End смартфоны с расширенным пользовательским интерфейсом:
а) HTS Sensation; б) Samsung Galaxy SIII

Смартфоны – это персональные ассистенты пользователя с функциями мобильной телефонной связи, доступа в Интернет, IP-телефонии, съемки и просмотра фото и видео HD-качества, ТВ, обмена мультимедийным контентом, видеозвонков, GPS-навигации. Смартфоны предоставляют владельцу доступ в огромный мир мобильных приложений и другие возможности, список которых варьируется в зависимости от модели и назначения устройства и постоянно пополняется (рисунок 1). Новые функции смартфонов обеспечиваются посредством мобильных интерфейсов, основные категории которых включают дисплейные и сенсорные интерфейсы, вместе с широкими возможностями беспроводной коммуникации – посредством Wi-Fi, Bluetooth, DLNA и следующего поколения высокоскоростных беспроводных коммуникационных стандартов 4G LTE.

Это не только усилило популярность смартфонов среди пользователей, но и привело к развитию идеи мобильных терминалов для всеобъемлющего контроля окружения, включающего машины, управляемую и неуправляемую окружающую среду и самого пользователя. Применения мобильных терминалов включают уже не только пользовательскую электронику, но и автоматизацию зданий, сооружений, систем безопасности, а также автомобильную, промышленную и медицинскую электронику.

Мобильный контроль выполняется посредством разнообразных мобильных интерфейсов, среди которых выделяются следующие основные категории:

- человек-машина: пользовательский интерфейс смартфона;
- машина-машина: мобильный терминал применяется для контроля другой машины;
- машина-окружение: смартфон выступает как мобильный терминал для связи с системным компонентом контроля искусственного (управляемого) или неуправляемого окружения (сенсорный контроль).

Человеко-машинный интерфейс (Human machine interface, HMI) – широкое понятие, охватывающее все инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие человека с управляемыми им машинами. В эту категорию традиционно входят дисплеи, клавиатуры, кнопки и джойстики, а также переключатели, ручки и рычаги.

Пользовательские интерфейсы смартфона – это категория, описывающая двустороннее взаимодействие, в котором одна сторона представлена человеком (пользователем), а другая – машиной, устройством (смартфоном).

Большое развитие получили дисплейные и сенсорные технологии для пользовательского интерфейса – тактильные, дисплейные, жестовые, тач-интерфейсы, голосовой интерфейс с распознаванием речи. На подходе технологии видеоинтерфейса с пользователем и тактильных интерфейсов для сенсорных экранов.

Новые пользовательские интерфейсы становятся более интуитивными, удобными для использования (юзабельными). Во многом это достигается благодаря более высокому

уровню системной и мультисенсорной интеграции, который могут обеспечить МЭМС-технологии, успешно интегрируемые с электроникой, между собой и другими типами устройств на любом уровне (макро, микро, нано).

Смартфоны включают значительное число применений МЭМС, в число которых входят МЭМС-дисплеи, жестовые интерфейсы, ВЧ-компоненты, камеры с МЭМС-автофокусировкой, МЭМС-проекторы и многие другие.

Важнейшая составляющая пользовательского интерфейса – дисплеи, так как без достаточной яркости отображения информационные функции и всевозможные функциональные надстройки, например, контекстная осведомленность становятся невозможны.

Помимо того, что производители непрерывно работают над повышением качества дисплейного отображения (Qualcomm, Samsung (www.samsung.com)), что также достигается благодаря преимуществам технологии МЭМС (Qualcomm), достижением последних лет стало то, что дисплеи из средства визуализации графической информации превратились в интеллектуальные устройства ввода. Дисплеи как сенсорные интерфейсы также могут использовать преимущества технологии МЭМС или ее возможности системной интеграции.

Экран телефона HTC (www.htc.com) Sensation, гаснущий во время телефонного разговора, включается, когда пользователь переместит телефон от уха, чтобы взглянуть на экран (рисунок 1 а). В это время на экране для пользователя становятся доступными тач-кнопки выключения микрофона и завершения вызова. Когда пользователь начинает писать сообщение, на экране автоматически высвечивается виртуальная клавиатура. Для увеличения размера экранного отображения пользователь может изменить ориентацию экрана на альбомную, что регистрируется МЭМС-инклинометром и вызывает автоматический поворот изображения на экране. Еще большего увеличения можно достичь, легко постукав по экрану.

Жестовые интерфейсы посредством МЭМС-датчиков движения также широко используются вместо физических кнопок и джойстиков. Сравнительно недавно появившийся дисплейный метод ввода мультитач (с несколькими точками касания, сложными движениями) уже является стандартом де-факто, а инновации в этой сфере включают 3D тач-ввод от NextInput (www.nextinput.com), доступный посредством датчиков давления для сенсорного (пальцами) или гибридного (с помощью стилоса) интерфейса.

Тактильная экранная клавиатура, разработанная фирмой Tactus Technology (www.tactustechnology.com), способна создавать выпуклости в месте клавиш посредством нагнетания в них специальной прозрачной жидкости (микрофлюидика). Эти клавиши различимы на ощупь, но бесследно исчезают, если клавиатура не нужна. Тактильный слой имеет ту же толщину, что и обычное защитное стекло.

Финская фирма Senseg (www.senseg.com) разработала дисплей на основе электростатического эффекта, используя тонкую пленку с прозрачными проводниками, нанесенными поверх экрана, что позволяет создавать тактильные ощущения, соответствующие выпуклостям или впадинам, и другие – в произвольном месте экрана.

Стали доступными проекционные и голографические мобильные дисплеи. Например, телефон Samsung Galaxy Beam включает встроенный модуль проектора на основе

технологии DLP TI (www.ti.com). Лазерная технология PicoP от Microvision (www.microvision.com) второго поколения обещает повышение характеристик, уменьшение размера и удешевление технологий мобильных пикопроекторов. В перспективе виртуальные дисплеи позволят осуществлять визуализацию в 3D-формате и использовать методы ввода touch, multi-touch, 3D touch и даже испытывать тактильные ощущения. Например, в Токийском университете разработан тактильный интерфейс для голографического изображения без каких-либо механических элементов, основанный на фокусировке звуковых волн для создания тактильных ощущений.

Потребности в мобильных интерфейсах растут, и современные мобильные устройства способны осуществлять еще более полное обслуживание пользователя. Это становится возможным благодаря дальнейшему развитию интегрированных мультисенсорных решений, технологиям слияния сенсорных данных при объединении нескольких датчиков с процессором в сенсорном узле, которое демонстрируют технологии датчиков инерции (Invensense (www.invensense.com), ST, Freescale (www.freescale.com)).

Для мобильных датчиков весьма ярко проявляется тенденция выхода в 3D-измерение вместо 2D. Жестовые интерфейсы стали полностью 3D (и даже более – имеющими 6D, 9D, 10D и более (ND) степеней свободы, возможных при объединении с другими датчиками). Аналогичные возможности существуют и для других типов датчиков. Детектировать жесты можно посредством микрофонов (Microsoft (www.microsoft.com)) или камер (Omron (www.omron.com)).

Не только датчики инерции могут интегрироваться вместе или с другими типами датчиков. Такая возможность существует, например, для микрофонов, что допускает, например, 3D или стереомультимикрофонную аудиозапись с отменой шумов посредством тыльных микрофонов в параллели с активным голосовым интерфейсом пользователя с помощью фронтальных микрофонов.

Голосовой интерфейс отличается высокой способностью к использованию (юзабилити). Galaxy SIII (рисунок 1б) можно, например, попросить отодвинуть сигнал будильника на несколько минут. Ответить на вызов (или отклонить его), уменьшить громкость музыки и даже сделать снимок – все это также можно сделать посредством голоса.

Голосовой интерфейс распространяется и в автомобилях. В будущем поговорить можно будет со своим домом: сейчас разрабатывается проект сенсорной экосистемы по голосовой автоматизации EC (Distant Speech Interaction for Robust Home Applications, DIRHA (<http://dirha.fbk.eu>)).

Технологии камер, которые мигрировали от обычных VGA до HD высокоразрешающих (оба High-End смартфона на рисунке 1 обладают разрешением главных камер в 8 Мп, но инновации уже допускают разрешение от 12 Мп и выше), развиваются во многих направлениях. Новые High-End технологии камер включают заднее освещение пикселя (BSI), допускающее более высокий фактор его заполнения (Omnicision (www.ovt.com), Sony), автофокусировку, оптическое зуммирование и стабилизацию изображений (Tessera (www.tessera.com), poLight (www.polight.com)).

Недорогие системы сформировали спрос на камеры на уровне пластины (Wafer Level Cameras), цифровую автофокусировку с расширенной глубиной фокуса eDoF (extended

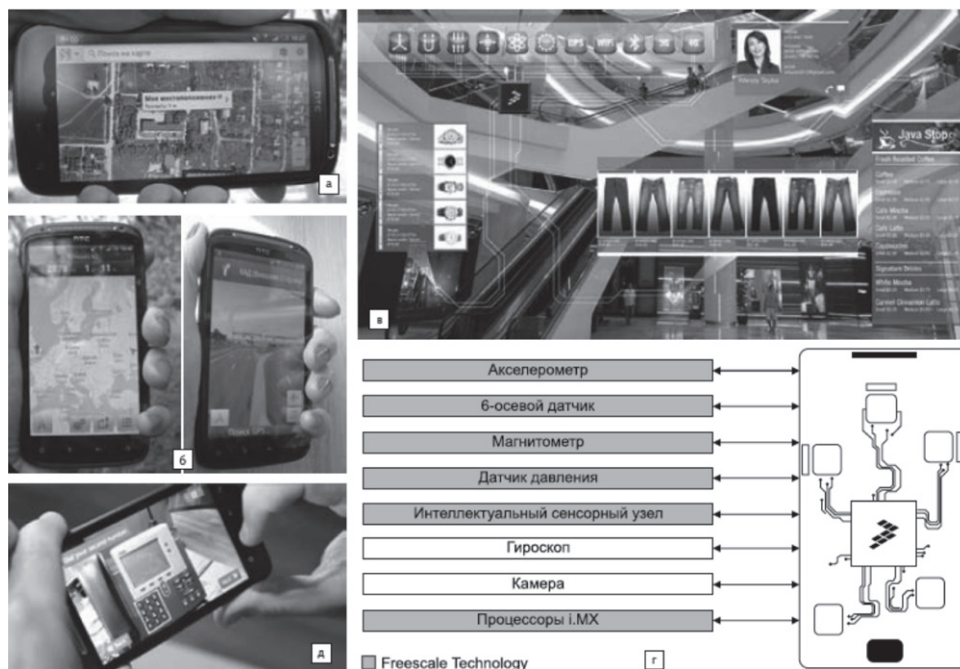


Рисунок 2 – Мобильные технологии, доступные посредством GPS и камер:
 а, б) LBS-сервисы HTS Sensation: а) виртуальный указатель местоположения поверх вида со спутника на экране;
 б) прокладка маршрута;
 в, г) концепции дополненной реальности и контекстной осведомленности от Freescale: в) примерный вид на экране;
 г) в основе дополненной реальности – технологии сенсорного слияния Xtrinsic;
 д) платформа дополненной реальности для смартфонов Qualcomm Vuforia

Depth of Focus) или автофокусировку/зуммирование на уровне пластины.

В перспективе мобильные устройства смогут вместо 2D использовать 3D-камеры – автостереоскопические камеры, включающие два датчика изображения, разнесенные на расстояние 60-65 мм – для съемок в 3D-формате и последующего просмотра без очков.

Технология распознавания лиц, которая успешно реализована в смарт-TV, проникает и в мобильные устройства.

Мобильные ОС Google Android 4.0 (Ice Cream Sandwich – последняя версия платформы Android для телефонов и планшетов) и Android 4.1 (Jelly Bean) поддерживают эту технологию.

Технология распознавания лиц при фотосъемках, например, в HTC Sensation, помогает автоматически обнаруживать лица и настраивать фокус. Фото- и видеосъемка HTC Sensation других объектов допускает масштабирование и автофокусировку в центре экрана, причем можно перефокусироваться на другой объект съемки, используя тач-фокус.

Функция Buddy photo share Samsung Galaxy SIII позволяет управлять и делиться фотографиями. Смартфон распознает лица и соединяет их, используя профиль групп. Для мгновенного обмена фотографиями теперь достаточно одного прикосновения.

Благодаря инновационной функции Smart stay, смартфон Samsung Galaxy SIII (рисунок 1 б) улавливает фронтальной камерой взгляд пользователя и автоматически поддерживает яркость дисплея на комфортном уровне.

В смартфонах и камерах стала популярна опция фото- и видеосъемок с геометками: с ее помощью можно связать

снимки с местом на картах, в котором они были сделаны, используя для этого сигнал GPS.

Совместное использование камер и технологий определения местоположения (GPS, а также с использованием базовых станций сотовых сетей GSM и UMTS или точек доступа Wi-Fi и датчиков инерции) имеет перспективы для создания дополненной реальности, получения контекстной и ситуационной осведомленности.

Контекстная осведомленность в мобильных устройствах – надстройка над осведомленностью о местоположении, доступной посредством GPS или других сигналов (рисунок 2 а).

Информация о местоположении лежит в основе LBS-сервисов, включающих:

- предоставление пользователю данных об окружающей обстановке посредством географических карт, включая режим отображения 3D (рисунок 2 а);
- прокладку маршрутов (рисунок 2 б);
- поиск объектов, оснащенных GPS-приемником и GSM-модулем.

LBS – это часть пользовательского контекста, полный набор которого включает информационный, медиа и образовательный контекст, услуги и рекламу, а также список предустановленных пользовательских предпочтений и отфильтрованные согласно этому списку все доступные поблизости ресурсы. Согласно концепции проникающей или распространяющейся контекстной осведомленности мобильные системы рассматриваются как обладающие способностями интерфейса с физическим окружением и адаптации к нему.

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – термин, относящийся ко всем технологиям дополнения реальности любыми (не только визуальными) виртуальными элементами. Результатом дополнения становится смешанная реальность, которая может быть также результатом «дополненной виртуальности» (реальные объекты интегрируются в виртуальную среду).

Дополненная реальность на экране мобильного телефона ассоциируется со слоями виртуальных объектов поверх вида от главной камеры, привязанных к реальным объектам (рисунок 2 в). Freescale связывает технологии дополненной реальности и слияния сенсорных данных (рисунок 2 г). А компания Qualcomm (www.qualcomm.com) разработала ПО, которое выделяет виртуальными элементами дополненной реальности кнопки на изображении телефона, когда пользователь наводит камеру на офисный телефон (рисунок 2 д). Но и эти технологии не стоят на месте, и концепция дополненной реальности уже включает не только видео-, но и аудиослой (STMicroelectronics (www.st.com)).

Мобильное устройство, взаимодействующее с человеком, может выступать и как устройство ввода/вывода в системах управления машинами для более полного контроля окружения. Известно, что смартфоны могут делиться контентом с другими устройствами через беспроводные сети DLNA и Wi-Fi (функция AllShare Play Galaxy SIII). Известны примеры использования смартфонов в автомобилях. Компания Mobileye (www.mobileye.com) разработала первые в мире системы помощи водителю ADAS, основанные на использовании дисплея смартфона. Такая функциональность реализуется посредством Bluetooth каналов связи смартфона и автомобильных систем безопасности вместе с приложением для смартфонов от Mobileye.

Будущие системы предполагают возможность мобильного контроля домашней электроники, освещения, производственных процессов, окружающей среды – с помощью встроенных датчиков и беспроводных компонентов и соответствующего программного обеспечения. Мобильный контроль может быть автоматическим – в том числе и без интерфейса с человеком – посредством одной телематики машин (M2M), интерфейса машина-машина MMI (Machine-Machine Interface) или мобильного интерфейса машина-окружение MEI (Machine-Environment Interface).

MMI обобщает способы физического взаимодействия машины или оборудования с другой машиной или компонентом, являющимся частью оборудования или системы управления. Способы физического взаимодействия мобильного терминала включают непосредственную беспроводную коммуникацию с компонентами – датчиками, актюаторами, логгерами данных и другими системными компонентами или трехсторонний вариант коммуникации с использованием Интернет-серверов.

MEI представляет собой способ взаимодействия машины, компонента, части окружающей систему среды для анализа влияния среды на систему, включающую машину. Этот интерфейс – необходимый компонент сенсорных экосистем и человеко-машинного интерфейса и интерфейса машина-машина для оценки влияния системы на эргономику, а в случае с пользовательскими мобильными терминалами – для удовлетворения потребностей пользователя в информации и развлечениях согласно внешним условиям.

Количественный набор и качество мобильных интерфейсов на всех известных и возможных уровнях – человек-

машина, машина-среда, машина-машина, человек-машина-среда, человек-машина-машина, человек-машина-человек и т.п. – сегодня важнейшие средства дифференциации мобильного продукта в условиях рыночной конкуренции в сегменте потребительской электроники. В борьбе за этот рынок и глобальные лидеры, и стартап-компании непрерывно работают не только над тем, чтобы устанавливать новые стандарты де-факто для мобильных датчиков инерции, камер, дисплеев, микрофонов и МЭМС, но и разрабатывают новые средства дифференциации для мобильных терминалов – новые виды применения, технологии и системные компоненты для инновационных интерфейсов.

В статье вниманию читателя представлена подборка мобильных применений и технологий МЭМС для осуществления интерфейсов, позволяющих уникально дифференцировать мобильный продукт. Некоторые из них уже достигли стадии коммерциализации, а другие еще находятся в стадии разработки или исследований. Все вместе они показывают неограниченные возможности применения мобильных технологий МЭМС в составе терминалов следующего поколения как устройств интерфейса с человеком, машиной или окружением.

Линейка человеко-машинных интерфейсов, признанных лучшими

Mirasol от Qualcomm – первый дисплейный MEMS-интерфейс, независимый от окружающего освещения

Mirasol компании Qualcomm (www.qualcomm.com) представляет собой первый МЭМС-дисплей, занимающий промежуточное положение между LCD и электронными чернилами E-ink (www.eink.com) и обладающий преимуществами обеих технологий. В категории «Дисплей года» на SID Display Week 2012 дисплейная технология Qualcomm Mirasol получила серебряную награду.

Большинство современных мобильных устройств построено на LCD-дисплеях, являющихся интерфейсами для полноцветного воспроизведения статических изображений и видео с высоким разрешением. Хорошо известные недостатки ЖК-дисплеев состоят в необходимости задней подсветки и соответствующем потреблении мощности, что ограничивает время работы мобильных устройств от аккумулятора. Кроме того, для LCD является фактом плохая читаемость или полная неразличимость информации при ярком солнечном свете.

Технология электронных чернил, разработанная американской фирмой E-Ink для электронных книг и использующая эффект электрофореза – свойства заряженных частиц в жидкости перемещаться от одного электрода к другому, обеспечивает контрастность, достаточную для чтения в условиях солнечного освещения, является бистабильной и потребляет значительно меньше мощности, чем ЖК. Эта технология также позволяет достичь очень высокого разрешения дисплеев. Оптическое состояние чернил после приложения импульса напряжения стабильно, а это означает удобство чтения при наклонах устройства, под разным углом зрения и отсутствие мерцания.

У технологии есть недостаток – слабые графические характеристики; воспроизведение видео с этой технологией также пока недоступно. Однако следует отметить, что E-Ink

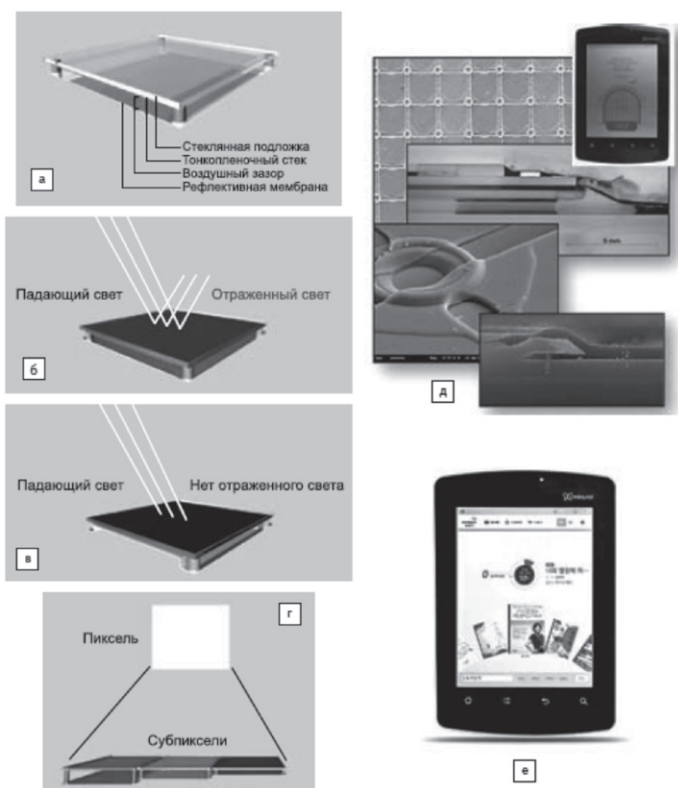


Рисунок 3 – Первый промышленный МЭМС дисплейный интерфейс, независим от окружающего освещения:
а–г) технология IMOD: а) элемент IMOD; б) видимый пиксель; в) невидимый (черный) пиксель; г) конфигурация пикселя;
д) технология производства МЭМС-структур;
е) применение в KYOBO eReader

Triton и E-Ink Pearl на 20 % быстрее, чем предыдущее поколение электронных чернил, что позволяет просматривать более динамический контент и анимированную графику.

Для технологии Mirasol компании Qualcomm MEMS Technologies таких проблем с отображением цвета и видео не существовало изначально.

Решение для мобильных дисплеев от Qualcomm обладает преимуществами обеих технологий – и электронных дисплеев, и электронных чернил. Дисплеи Mirasol отображают цветные и интерактивные изображения независимо от условий освещения, включая яркий солнечный свет. Цветность и высокая скорость обновления информации достаточны для воспроизводства видео (30 FPS). Дисплеи Mirasol обеспечивают продолжительный срок работы от батареи.

Оригинальным разработчиком технологии является компания Iridigm Display Corp., которую компания Qualcomm приобрела в 2004 году.

Дисплеи Mirasol основаны на рефлективной технологии под названием IMOD (Interferometric Modulation) и включают структуры МЭМС-типа – рефлективные микромебраны в каждом дисплейном пикселе (рисунок 3 а–г).

В основе дисплея – IMOD-элементы с двумя стабильными состояниями (рисунок 3 а, б). Каждый пиксель представляет собой МЭМС-ячейку размером 38х38 мкм. Интерферометрический эффект создается посредством варьирования зазора между подвижными обкладками-зеркалами и стационарной

стеклянной панелью. Величина воздушного зазора контролируется посредством приложения напряжения между двумя электродами. Пока не прикладывается напряжение, обкладки разделены, и свет, попадающий на подложку, отражается (рисунок 3 б). Дисплей отражает окружающий свет.

Отражательный принцип без использования подсветки соответствует низкому потреблению мощности (хотя стоит признать, что цвета несколько приглушены), а высокая отражательная способность – видимости дисплея в условиях прямого солнечного света, как у электронных чернил.

Когда прикладывается малое напряжение, обкладки соединяются вместе посредством электростатического притяжения, и свет поглощается: элемент становится черным (рисунок 3 в).

Цвет создается следующим образом. На базовом уровне дисплей Mirasol представляет собой оптическую резонансную полость, подобную обнаруженным в природе. Устройство состоит из самоподдерживающей деформируемой рефлективной мембраны и тонкопленочного стека-зеркала в оптической резонансной полости, которые оба размещены на прозрачной подложке.

Когда окружающий свет падает на структуру, он отражается от верха тонкопленочного стека и от рефлективной мембраны. При наличии зазора между отраженным светом определенной длины волны будет возникать незначительная фазовая разница. В зависимости от высоты и фазовой разницы одни волны будут интерферировать конструктивно, другие – деструктивно.

При наличии зазора каждая его величина будет соответствовать одному цвету. Для генерации трех базовых цветов необходимо три толщины воздушного зазора.

Полноцветный дисплей собирается посредством пространственного разнесения IMOD-элементов, отражающих красные, зеленые и синие волны.

Человеческий глаз будет получать цвет как усиленные волны определенной длины, а изображение на экране может переключаться между выбранным цветом и черным при изменении состояния мембраны. Это выполняется посредством приложения напряжения к электропроводному тонкопленочному стеку, защищенному слоем изолятора. Приложение напряжения притягивает мембрану, что усиливает только невидимые ультрафиолетовые волны в резонансной полости, а изображение на экране видится черным.

Толщина рефлективной мембраны представляет собой функцию величины зазора и допускает одно напряжение возбуждения для свертывания рефлективной мембраны с тремя различными воздушными зазорами.

Воздушные зазоры возникают благодаря принципу «жертвенного» слоя. Три ванадиевых слоя различной толщины депонируются прежде всего для производства рефлективных мембран, и по окончании процесса вытравливается «жертвенный» оксид. Технология производства показана на рисунке 3д.

Дисплеи Mirasol потребляют мощность, близкую к нулю, когда изображение на дисплее не изменяется, что делает их высокоэффективными и подходящими для мобильных устройств.

Преимущества технологии позволили ей найти применение в электронных книгах. В настоящее время выпускается четыре электронных книги на основе дисплейной технологии Mirasol – KYOBE eReader (рисунок 3 е), Bambook Sunflower Shanghai Nutshell (www.snda.com), Hanvon (www.hanvon.com/en) C18 и Koobe Jin Yong Reader (www.koobe.com.tw).

System Plus Consulting (www.systemplus.fr) изучила KYOBE eReader (рисунок 3 е) – первую электронную книгу с дисплеем Mirasol диагональю 5,7" в XGA-формате (1024x768 пикселей, 223 ppi).

Дисплеи Mirasol представляют собой первые MEMS LCD. Сегодня эти дисплеи собираются на производственной линии 4G LCD Foxlink.

Технология в перспективе может иметь более широкое применение, и Qualcomm продолжает работать над повышением технологических способностей производственных процессов. Компания Qualcomm связывает будущее мобильной индустрии с ростом экономических возможностей в развивающихся странах.

В 2010 году Qualcomm инвестировала в строительство специализированной линии производства дисплеев Mirasol 4.5 G (730x920 мм), пуск которой был намечен на середину 2012 года.

Стоимость производства вследствие малой выработки и малых объемов оказалась высокой, хотя в дальнейшем ожидается, что цена дисплеев будет конкурентоспособной в сравнении с существующими LCD-дисплеями и E-Ink.

В связи с недостаточностью выработки в 2012 году компания изменила стратегию и перешла к лицензированию следующего поколения дисплеев и коммерциализации только определенных продуктов Mirasol.

MEMS touch-экран, основанный на массиве датчиков давления

С текущего года МЭМС-датчики давления уже используются в потребительских устройствах в пешеходной навигации с учетом высоты – локации этажей зданий при отсутствии сигнала GPS в пределах помещения и/или как вспомогательное навигационное средство, допускающее сбережение мощности. High-End смартфон Samsung и Google Galaxy Nexus и планшет Motorola (www.motorola.com) Xoom уже включают эти датчики.

Компания NextInput (www.nextinput.com), которая была основана в 2010 году, исследовала возможности применения датчиков давления в качестве новых путей интерфейса с электронными устройствами. Большинство смартфонов, представленных на современном рынке, используют либо резистивную, либо емкостную технологию осуществления дисплейного пользовательского интерфейса.

Компания NextInput разрабатывает МЭМС touch-экран, основанный на массиве малых датчиков давления, которые в перспективе будут иметь более низкую стоимость и использовать меньшую мощность, чем емкостные touch-экраны.

В апреле 2010 года компания направила на патентование touch-технологии, получившую название NextInput. Эта технология представляет собой тактильный, чувствительный к давлению метод интерфейса фактически с любым электронным устройством.

Инновационный путь взаимодействия с электронными устройствами состоит в том, что посредством силы и давления возможно определение не только того, где пользователь касается экрана, но и как сильно он его нажимает.

На основе этой идеи NextInput создала следующее поколение 3D touch-технологий, получивших названия ForceTouch и SoftTouch (рисунок 4).

Экраны ForceTouch легко обнаруживают и отслеживают множественные точки взаимодействия. Этот интерфейс создает 3D-карту градиентов давления через touch-поверхность. Решение является менее дорогим и использует меньше мощности, чем сравнимые решения от конкурентов, представленные на рынке.

Дизайн решения NextInput ForceTouch включает (рисунок 4 а):

- жесткую поверхность (стекло, пластик);
- один или несколько датчиков силы/давления под дисплейной поверхностью.

Технология обладает следующими признаками:

- чувствительность к силе: обнаружение локации и величины силы воздействия практически любого объекта – пальца, стилоса, пальца в перчатке;
- низкая цена: цена технологии ниже, чем у аналоговых решений;
- низкая потребляемая мощность: потребление мощности меньше, чем у конкурирующих touch-решений;
- динамический диапазон: допускает варьирование величины и локации воздействия силы нажатия в широком входном диапазоне;
- более точный входной контроль интерфейса;
- непрерывный вход: допускается широкий входной диапазон, а не только on/off или инкрементальный (относительный) вход;
- прочность: используются более прочные материалы;
- надежность: отсутствие движущихся частей исключает риск износа, минимизирует сбой;
- гибкость дизайна: технология допускает большую гибкость дизайна и выступает как уникальный дифференцирующий элемент продукта.

Преимущества технологии ForceTouch представлены на рисунке 4 б–ж.

Технология обеспечивает «продвинутые» способы 3D обнаружения жестов:

- гибридный ввод – использование пальцев и утонченных стилосов;
- более сильное или мягкое нажатие для прокрутки документа быстрее или медленнее;
- жесткое нажатие одним пальцем для быстрого зуммирования или медленное мягкое нажатие двумя пальцами для медленного зуммирования;
- контроль давления или силы.

Интерфейсное решение NextInput Soft-Touch состоит из следующих элементов (рисунок 4 з):

- деформируемой жидкой или газовой ячейки (силиконовой гелевой или воздушной подушки);
- одного или нескольких датчиков давления в гелевой подушке;
- схемы для обработки датчиков давления и вывода величины и исходной точки воздействия давления на гелевую подушку;
- интерфейса для передачи данных к хосту устройству;

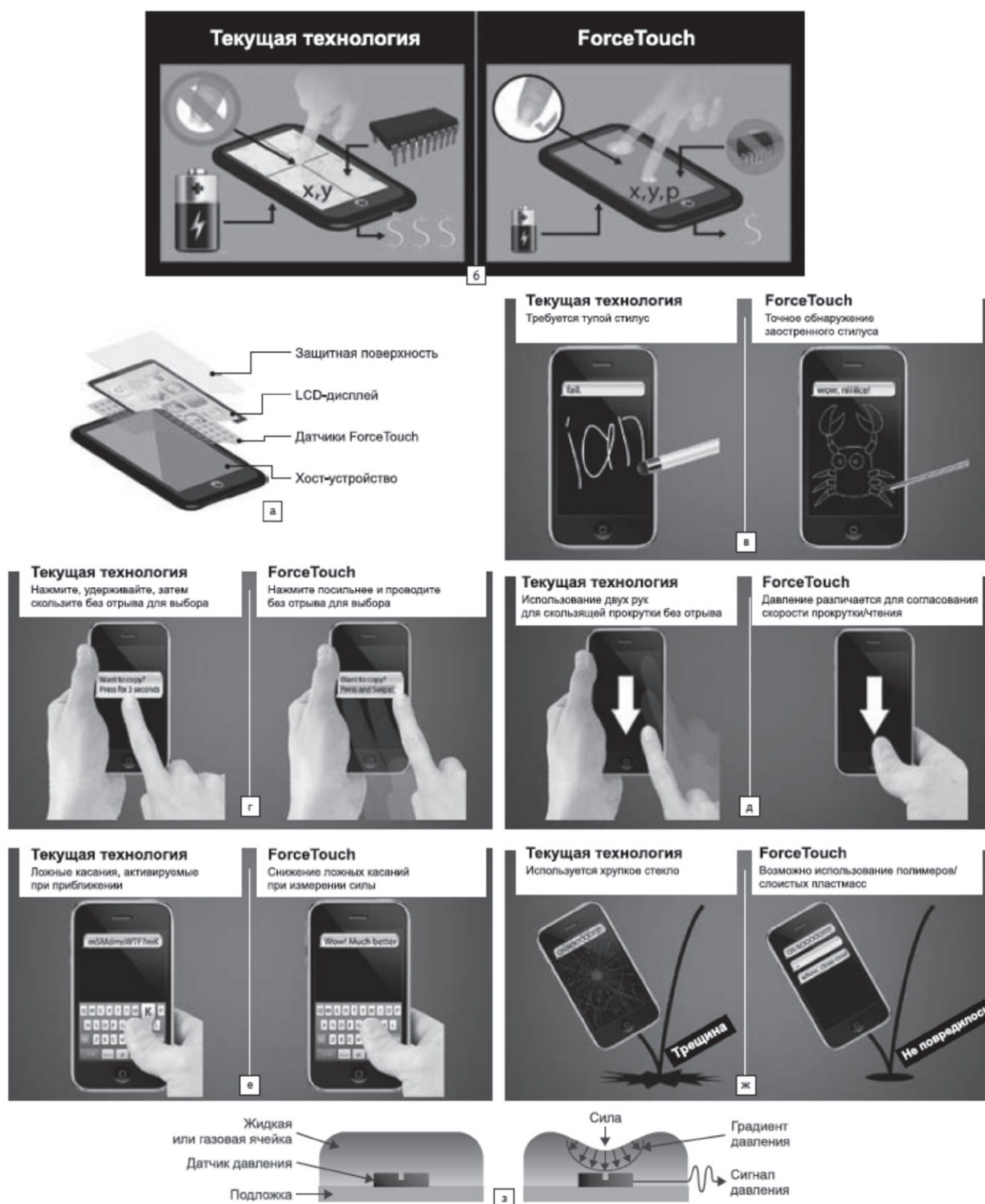


Рисунок 4 – Инновационные Touch-технологии NextInput для 3D дисплейных интерфейсов:

а) интерфейсное решение NextInput Force Touch;

б–з) преимущества технологии Force Touch в сравнении с альтернативными решениями:

б) сравнение с текущими технологиями: возможность точного 3D сенсорного мультитач-интерфейса и меньшее энергопотребление, низкая цена;

в) улучшение создания контента; г) улучшение копирования и вставки; д) улучшение навигации документа;

е) улучшение ввода текста; ж) высокая прочность дисплея, устойчивость к ударам; з) интерфейсное решение NextInput Soft Touch

– прошивки NextInput и ПО с API.

Когда пользователь нажимает на гелевую подушку, интерфейс NextInput обнаруживает величину и локацию воздействия результирующей силы и посылает информацию хост-устройству для обработки.

Преимущества SoftTouch над традиционными технологиями пользовательских интерфейсов следующие:

– чувствительные к давлению и тактильные: обнаруживают давление и обеспечивают тактильную обратную связь в одном корпусе;

– низкая цена;

– малая потребляемая мощность;

– динамический диапазон входа: от тяжелых ударов до мягких касаний;

– непрерывный вход: широкий диапазон входа, а не только on/off или инкрементальный интерфейс;

– безопасность: обеспечивается амортизация для защиты и устройств, и пользователей;

– прочность: формируется герметичное уплотнение вокруг электроники, позволяющее работать в условиях электромагнитных помех;

– надежность вследствие отсутствия движущихся частей;

– гибкость дизайна: данная технология – уникальный дифференцирующий элемент продукта, есть возможность изменять дизайн.

Потенциал сбыта своей технологии для целевых рынков компания NextInput оценивает следующим образом:

– потребительская электроника: смартфоны, PDA, PND, периферия ПК;

– игрушки и видеоигры: виртуальные «любимцы», контроллеры видеоигр, электронные игры;

– профессиональная электроника: POS-системы, CAD/CAE-периферия ПК;

– автомобильная электроника: навигация, развлечения, круиз-контроль, системы подушек безопасности;

– медицинские устройства: ортопедические устройства для реабилитации, бионические протезы, устройства для мобильности, медицинские датчики;

– промышленный контроль, автоматизация домов, зданий/сооружений: переключатели, датчики приближения.

МЭМС-джойстик Knowles

Компания Knowles (www.knowles.com) – глобальный лидер в разработке технологий микроакустики и МЭМС.

Инновационные HID-технологии включают MEMS-джойстик – уникальный тактильный интерфейс (рисунок 5). Это устройство создано для осуществления поль-

зовательского интерфейса ручных мобильных устройств в целях навигации, прокрутки и игр, для которых touch-интерфейс был неудобен.

МЭМС-джойстик Knowles KJ-33000 был отмечен как продукт 2011 года журналом Electronic Products за инновационный дизайн и достигнутые высокие характеристики.

KJ-33000 представляет собой ультрамаломощное МЭМС-устройство в малом корпусе (9,8x9,8x1,6 мм), дающее пользователю чувство реального джойстика с функциональностью скроллинга и навигации в диапазоне 360°.

Сенсорная технология – кремниевая пьезорезистивная MEMS с интегрированным CMOS-интерфейсом. Пьезорезистивные мосты измеряют напряжение, наведенное в кремнии при движении джойстика, и затем АЦП преобразует сигнал моста в цифровой код посредством интерфейса I2C.

Knowles продолжает работать над созданием джойстика, интегрированного в сотовый телефон для навигации по экрану. Кроме того, особого упоминания заслуживают достижения этой компании в отношении мобильных микрофонов.

По данным IHS iSuppli (www.isuppli.com), в 2012 году Knowles стала самым крупным поставщиком МЭМС-микрофонов в мире, а также вторым по величине на глобальном рынке поставщиком МЭМС для потребительских и мобильных устройств.

В мае 2012 года Knowles сообщила о том, что продажи SiSonicTM MEMS превысили 3 млрд единиц – это промышленный рекорд. Первый микрофон SiSonicTM был выпущен в 2003 году. Первый миллиард микрофонов был продан Knowles в августе 2009 года, второй – в мае 2011 года и менее чем за год – третий. В рейтинге 30 ведущих поставщиков МЭМС глобального масштаба компании Yole Développement (www.yole.fr) в 2011 году позиции Knowles поднялись с 13-го места до пятого.

Это также позволяет характеризовать динамику роста продаж MEMS-микрофонов для потребительской электроники и мобильных устройств как экспоненциальную. Инновации включают новые применения микрофонов и мультимикрофонные системы.

Новые применения МЭМС-микрофонов и мультимикрофонных систем

МЭМС-микрофоны соответствуют ценовым требованиям мобильных применений, что является их преимуществом перед ECM (electret condenser microphones). Они также обладают высокой надежностью и прочностью. Важнейшее преимущество технологии МЭМС – высокая степень аппаратной и программной интеграции с ASIC при дальнейшем снижении размеров корпусов модулей или кристаллов. МЭМС-микрофоны просты в исполнении и допускают однокристалльную интеграцию – не только с ASIC, как раньше, но и между собой.

Спектр применений микрофонов в смартфонах растет и включает пробуждение систем посредством голосовых команд, осуществление Skype-звонков и контроль речи с помощью фронтального микрофона, отмену шумов посредством заднего микрофона при съемках с одновременной аудиозаписью посредством микрофона во

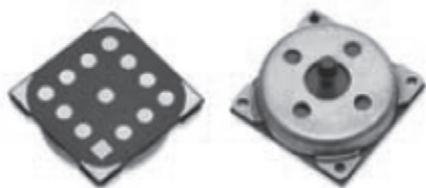


Рисунок 5 – Knowles KMJ0401IC – кремниевый МЭМС пьезорезистивный джойстик с интегрированным CMOS-интерфейсом

фронтальной панели, а также отмену шумов для наушников, контекстная информированность для которых может исключить или, наоборот, создать искусственный эффект окклюзии¹.

Пользователь может переключаться между режимами, или интеллектуальная система контекстной осведомленности может при необходимости переключаться в режим телефона или восприятия речи, допустить реакцию на важные звуки для поддержания безопасности. Система может также использовать вход датчиков инерции или местоположения для определения точек/объектов интереса пользователя, фокусировки на звуках из этого направления или наложения аудиослоя дополненной реальности согласно данному контексту.

Назначение мультисенсорных систем, объединенных на аппаратном и программном уровне вместе с ASIC и ПО, – повышение контекстной или ситуационной осведомленности. Не только МЭМС инерциальные датчики могут интегрироваться вместе, но и многие другие МЭМС-датчики и компоненты. Тому пример – мультисенсорные системы МЭМС-микрофонов, разработанные STMicroelectronics.

ST (www.st.com) – первая в мире компания, которая производит микрофоны для потребительской электроники в пластиковых корпусах (рисунок 6а). Другие производители МЭМС-микрофонов используют металлические крышки. Микрофоны ST основаны на технологии Omnip. Размер микрофонного кристалла снижен до 2х2 мм, что является очередным шагом к дальнейшей миниатюризации, следующий этап которой будет соответствовать встраиванию микрофонов в кремниевые полости.

Инновационный метод ST обеспечивает малый и тонкий корпус, механическую прочность, акустические и электрические характеристики, которые соответствуют требованиям потребительских и профессиональных систем с голосовым

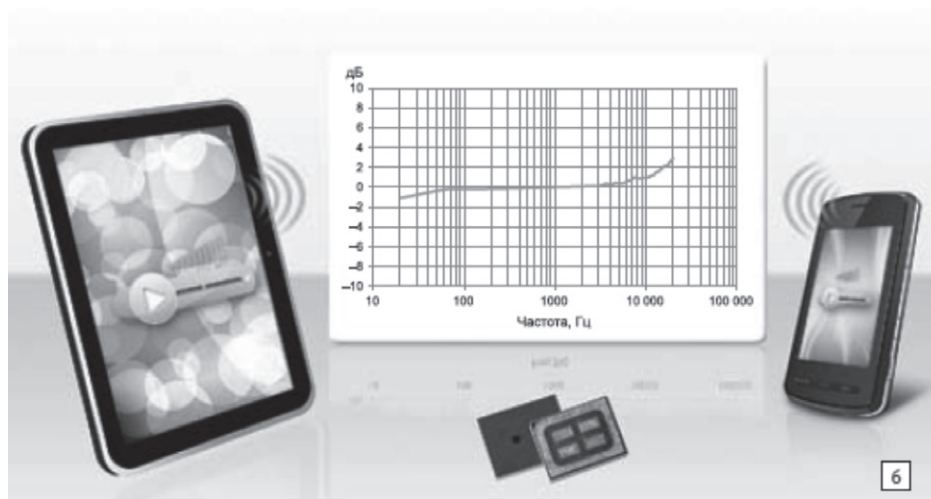


Рисунок 6 – Инновационные микрофоны ST в мобильных устройствах следующего поколения и мультимикрофонных системах

входом – от мобильных телефонов и планшетов до измерителей уровня шума и наушников с функциональностью отмены шумов.

Микрофоны ST подходят для монтажа на печатные платы с плоским кабелем. Технология позволяет размещать звуковой порт как сверху, так и снизу корпуса, чтобы гарантировать кратчайший акустический путь и одновременно – тончайший дизайн изделия.

Испытания на надежность микрофонов в пластиковых корпусах показали, что они превосходят устройства с металлическими крышками в отношении прочности. При воздействии силы в 40 Н, что эквивалентно 4 кг веса, помещенного на крохотный кристалл, микрофоны с металлическими крышками разрушались, а микрофоны ST оставались неповрежденными. Аналогичные результаты были получены для 40 падений с высоты в 1,5 м со статической силой в 15 Н,

¹ Окклюзия – модификация свойств звука, который проходит через объект или препятствие. В фонетике термин относится к такому соприкосновению органов речи, при котором произносимый согласный звук характеризуется как смычный. В аудиологии этот термин относится к явлению, при котором у людей с нормальным слухом при закрытии отверстия канала уха громкость низкочастотных звуков увеличивается благодаря специфической звуковой проводимости костей. В звуковых движках этот термин описывает модификацию свойств звука, который проходит через объект или вокруг него так, чтобы человек-пользователь испытал большее ощущение реализма. Пример: звук, идущий из-за закрытой двери, и звук, идущий из-за открытой двери, «слышатся» неодинаково.

прикладываемой к корпусу. Печатные платы с плоскими кабелями и платы стандартного дизайна с микрофонами ST выдерживали эти испытания.

Кроме того, пластиковые корпуса микрофонов ST имеют интегрированное экранирование для повышения устойчивости к электромагнитным помехам, и они совместимы со стандартным монтажным оборудованием.

Сейчас в линейке микрофонов представлены три устройства: MP34DB01, MP34DT01 и MP34DT02.

MP34DT01 (рисунок 6 б) представляет собой ультракомпактный, маломощный, omninaправленный, цифровой МЭМС-микрофон с емкостным сенсорным элементом и интерфейсом ИС. Этот микрофон имеет точку акустической перегрузки в 120 дБ SPL с SNR в 63 дБ и чувствительностью –26 дБ FS. Размеры корпуса составляют 3x4x1 мм.

MEMS-микрофоны ST подходят для широкого диапазона существующих и возникающих аудиоприменений в мобильных и портативных устройствах, включая сотовые телефоны, ноутбуки, планшеты, портативные медиаплееры, игровое оборудование и камеры, отменяющие шум наушники и, потенциально, устройства помощи слуху. Высокий SNR позволяет компании ST рекомендовать свои МЭМС-микрофоны для применений за пределами потребительских, например, их можно использовать в фонометрах и измерителях уровня звука, для которых нужен высокий динамический диапазон.

ST MEMS-микрофоны работают в паре с аудиообработывающими процессорами Smart Voice для мультимикрофонных применений и устройствами Sound Terminal со встроенным интерфейсом для подключения МЭМС-микрофона.

По данным IHS iSuppli, в рыночном сегменте МЭМС-микрофонов для потребительской электроники и мобильных хэндсетов в период с 2010-го по 2014 год ожидается рост с CAGR в 23 %. Важнейшие факторы роста включают шумоподавление с использованием нескольких микрофонов и новые применения в различных устройствах и играх.

МЭМС-микрофоны ST уже нашли еще одно новое применение в интеллектуальных аудиоаксессуарах, разработанных в сотрудничестве со швейцарской компанией Soundchip SA (www.soundchip.ch) – инноватором в области технологии аудиосистем и создателем платформы High Definition Personal-Audio (HD-PA) Reference. Цель сотрудничества ST и Soundchip – разработка технологий и компонентов для интеллектуальных аудиоаксессуаров, символизирующих собой новую концепцию персонального прослушивания.

Персональный аудиоаксессуар наподобие наушников включает новые средства контроля и персонализации звука. Он разработан Soundchip так, что его можно носить без ограничений. Это устройство поддерживает без реконфигурирования аппаратуры в ухе все режимы звучания, включая музыку, телефонные и непосредственные разговоры: для переключения между режимами необходимо будет нажать кнопку, сделать предопределенный жест или произнести голосовую команду. Поддерживаются различные интерфейсные опции, включая те, которые возможны благодаря разработкам ST в области МЭМС датчиков движения.

Интеллектуальный аудиоаксессуар обеспечивает точное воспроизведение звука без фоновых шумов. При подключении этого устройства к аппаратуре ЦОС или микроконтроллеру с ЦОС (STM32 F4), смартфону или планшету качество звучания может быть еще более повышено посредством

клиентских приложений. В частности, возможна индивидуальная обработка различных звуковых источников и смешивание сигналов для создания, например, дополненной реальности.

Как объединение запатентованной платформы Soundchip HD-PA Ready Electronic and Acoustic с микрофонами STMicroelectronics HD-PA Ready MEMS, интеллектуальный аудиоаксессуар представляет собой результат слияния технологий электроники, МЭМС-датчиков и акустики.

Микрофоны можно использовать даже для обнаружения жестов. С соответствующим ПО этот способ может стать недорогим.

Microsoft уже продемонстрировала систему, которая анализирует, как микрофонные сигналы изменяются посредством отраженных ультразвуковых сигналов при движении руки. Исследователи используют стандартные динамики и микрофоны для обнаружения жестов в воздухе и измерения частотного сдвига (эффект Доплера) при обнаружении отражения от подвижных объектов. Технология позволяет прокручивать экраны, перемещать игровые блоки Tetris, причем даже в шумном кафе.

Уникальные человеко-машинные интерфейсы

Смартфон – мобильная медицинская карта

Мобильный интерфейс мониторинга здоровья – вновь возникшая и «горячая» область разработки в мире. Не только смартфоны, но и другие устройства собирают, передают и представляют пользователям медицинские данные с помощью медицинских мобильных приложений. Эти данные могут использоваться для контроля занятий фитнесом и медицинских режимов. Спектр медицинских применений расширился настолько, что посредством анализа фото стала возможна даже диагностика рака кожи. В связи с этим ряд компаний разрабатывают датчики, предназначенные для измерения медицинских переменных, например, уровня глюкозы в крови или сердцебиения. Предполагается, что эти датчики будут интегрированы со смартфонами.

Компания LifeWatch (www.lifewatch.com) летом 2012 года представила первый в мире медицинский смартфон, оснащенный встроенными датчиками для мониторинга частоты сердечных сокращений, легочной функции, уровня сахара в крови, температуры тела и др.

Внешне LifeWatch V выглядит аналогично другим смартфонам, работающим под управлением ОС Android, но встроенные медицинские функции превращают его в уникальное медицинское устройство (рисунок 7 а, б).

Для измерения частоты сердечных сокращений необходимо просто поместить пальцы на корпусной фрейм из нержавеющей стали. Для измерений температуры пациента телефон в течение 10 с нужно удерживать в районе лобной части головы так, чтобы ИК-датчик мог бесконтактно измерить температуру.

С помощью LifeWatch V можно сделать также 35-секундную электрокардиограмму: четыре пальца помещаются на четыре датчика по бокам телефона (рисунок 7 в).

Аналогичным образом можно проверить частоту сердечных сокращений, уровень стресса и насыщение крови кислородом.

Результаты отображаются на дисплее, который служит интерактивным интерфейсом при работе с упомянутыми



Рисунок 7 – первый в мире медицинский смартфон Life Watch для контроля здоровья пользователя:
а) внешний вид смартфона, схема расположения датчиков и вид дисплея в приложении для измерения уровня глюкозы;
б) обзор тестов и множественных интерфейсов Life Watch с пользователем;
в) тест ВКГ;
г–е) выполнение теста по определению уровня глюкозы в крови:
г) вставка тестовой полоски в слот; д) экран обработки результатов;
е) комплект аксессуаров для определения уровня глюкозы в крови

и другими медицинскими приложениями, и заносятся в память смартфона. Затем они могут быть использованы не только пациентом, но и доктором.

LifeWatch V – первый смартфон, который может самостоятельно выполнять измерения уровня глюкозы в крови (рисунок 7 г–е). Для этого в соответствующий слот необходимо вставить тестовую полоску, и после прикладывания к ней проколотаго пальца на экране смартфона будет представлен результат. Комплект для измерения глюкозы включает устройство для прокола кожи, ланцеты, тестовые полоски, тампоны и расходные материалы (рисунок 7 д).

Результаты можно заносить в память устройства, отслеживать и анализировать с помощью специальных приложений, которые могут выдавать рекомендации по питанию, приему лекарств и т. п.

Данный смартфон – автономная система, закрытая для других приложений и устройств.

Каждый тестовый результат автоматически и безопасно запоминается на удаленном сервере – в «облаке» и может быть представлен для анализа вместе с другими результатами и данными. Результаты и историю могут использовать сторонние лица. Эти данные будут представлены в формате отчетов, доступных посредством E-mail или текстовых сообщений. Устройство интегрирует медицинские приложения, например, для управления питанием, напоминания о приеме лекарств. В устройство может быть загружено любое приложение, но перенаправление потока собранных данных для других приложений не производится. Интерфейс с другими устройствами также не осуществляется. По словам руководства компании, в этом нет необходимости.

Собранные данные пересылаются в чрезвычайные call-центры LifeWatch, которых в США на данный момент создано три. В ближайшее время планируется создать такой сервис в Израиле. Есть возможность посылать данные доктору пациента или страховой компании.

Но в качестве основного целевого сегмента для продаж медицинских смартфонов выступают клиенты, заинтересованные в самостоятельном просмотре медицинских данных.

Компания сообщает, что для запуска инновационного устройства, оснащенного датчиками, потребуется порядка 6-9 месяцев.

Успех смартфона на рынке будет зависеть от двух факторов – одобрения со

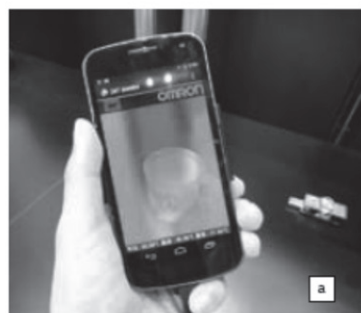


Рисунок 8 – Высокочувствительный мобильный МЭМС ИК тепловой детектор, разработанный Omron:
а) контроль остывания чашки с горячим напитком; б) измерительный принцип теплового ИК-датчика (поперечное сечение сенсорного кристалла);
в, г) в основе тепловых датчиков D6T – две версии матриц МЭМС-элементов 4×4 (D6T-44L-06) и матрицы-столбца 1×8 (D6T-8L-06);

стороны вышестоящих органов здравоохранения в каждой стране, где он будет продаваться, и от принятия смартфона пользователями.

Однако объем продаж в Израиле может быть ограничен тем, что имеется категория пользователей, для которых устройства типа iPhone являются атрибутом для развлечения или принадлежности к социальному слою молодых, продвинутых людей, стиля жизни, который не допускает демонстрацию болезней. Компания признает, что для успешных продаж необходима специальная маркетинговая политика, правильно позиционирующая данный продукт как телефон не для больных людей, а для тех, у кого на первом месте здоровье.

Мобильный МЭМС-ИК датчик под камерой – для мониторинга температуры подвижных объектов или пространственных областей

Японская компания Omron (www.omron.com) объявила о разработке сверхчувствительного теплового ИК МЭМС-детектора D6T, который в дальнейшем можно будет использовать как энергосберегающее устройство. Датчик размещается под камерой смартфона, на дисплее которого, например, посредством камеры может быть получено изображение чашки с горячим напитком, а приложение под

названием «Too hot to eat Sensor» по сигналам от датчика сможет дополнительно показывать, насколько напиток остыл для его употребления (рисунок 8 а).

Хотя это применение не является серьезным рыночным ходом Omron, оно способно показать новые возможности сенсорных технологий смартфонов и новые пути для сбережения энергии в домашнем хозяйстве, управления электроэнергией в зданиях и в промышленном производстве, повышения безопасности пользования энергией.

Сверхчувствительный ИК-датчик Omron способен эффективно детектировать людей и другие нагретые, в том числе стационарные, объекты – в отличие от менее чувствительных пирозлектрических аналогов, разработанных конкурентами, которые требуют того, чтобы объект находился в движении. В отличие от датчиков, измеряющих температуру в конкретной точке, тепловой детектор Omron способен измерять температуру в пространственной области, выполнять многоуровневый контроль температуры в жилом помещении или на производственной линии, идентифицировать необычные отклонения, указывающие на перегрев или остановку работы.

Тепловой датчик Omron основан на эффекте Зеебека, согласно которому термоЭДС генерируется вследствие разницы температур в точках контакта двух металлов

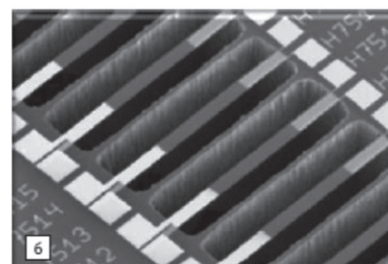
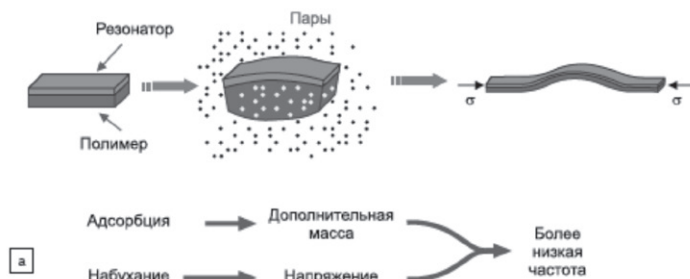


Рисунок 9 – Технология e-nose IMEC:
а) сенсорный принцип детектирования паров и газов посредством массивов МЭМС-резонаторов;
б) МЭМС сенсорный массив e-nose

(термопары) (рисунок 8 б). Тепловые датчики Omron сформированы последовательным соединением термопар, состоящих из N+ и P+ поликремния и алюминия. Горячие и холодные переходы на диэлектрических мембранах с высоким тепловым сопротивлением обеспечивают быстрое срабатывание и эффективность преобразования энергии ИК-лучей в температуру и затем в термоЭДС.

Датчик характеризуется высоким SNR (соотношением сигнал/шум), которому соответствует эквивалентная шуму разница температур NETD (Noise-Equivalent Temperature Difference) в 0,14 °C.

Разработаны версии матриц МЭМС-элементов 4x4 и 1x8 (рисунок 8в, г). Им соответствуют две версии модулей МЭМС-термоэлементов – D6T-44L-06 на основе матрицы 4x4 и D6T-8L-06 на основе матрицы-столбца. Оба продукта питаются от 5 В источника, имеют целевой диапазон детектирования +5...50 °C с заявленной точностью ±1,5 °C и выход I2C.

Omron планирует продолжить работы по выводу на рынок потребительской электроники своих тепловых датчиков для детектирования устройств, потребляющих большую мощность, – кондиционеров, осветительных, нагревательных и других бытовых приборов, и, при необходимости, их автоматического выключения (например, в отсутствие людей). Датчик можно использовать для мониторинга и поддержки оптимальной температуры в комнате, при определении незначительных температурных изменений и идентификации областей с различным нагревом. В промышленности это устройство может помочь при выявлении остановок производственных линий или областей с высоким нагревом как потенциально пожароопасных.

Электронный нос

Ученые IMEC (www.imec-nl.nl) разработали MEMS электронный нос (e-nose) для сотовых телефонов (рисунок 9). Недорогая система основана на абсорбирующих полимерах, изменяющих резонансную частоту микробалок. Детектор работает, генерируя характерные частотные паттерны при выборочном абсорбировании целевых химических МЭМС-мостами с полимерным покрытием и изменении их резонансной частоты.

Исследователи IMEC сообщили о высокой чувствительности и малом энергопотреблении разработанных ими МЭМС-детекторов паров, что может способствовать тому, чтобы превратить смартфон в средство для мониторинга здоровья. Детектор способен определять симптомы болезней при дыхании или токсичные пары, что востребовано в химической промышленности. В дальнейшем детектор будет способен определять качество пищи или вина.

Исследователи идентифицировали промышленные полимеры, молекулярная структура которых подходит для абсорбции молекул целевого компаунда, которые присоединяясь к молекулам полимера, вызывают его расширение и, следовательно, механическое напряжение в МЭМС-балке и изменение резонансной частоты.

Исследования показали результаты детектирования этанола, ацетона и водяного пара с чувствительностью в 200 раз более высокой, чем у других систем сходного размера. Для оптимизации соотношения между чувствительностью, скоростью, размером и потреблением мощности ученые тестируют различные покрытия и значения их толщины.

Заключение

Обзор, представленный в статье, показывает многообразие направлений, в которых компании ведут работу по осуществлению новых мобильных МЭМС-интерфейсов с целью уникальной дифференциации продуктов на рынке потребительской электроники, где имеется сильнейшая конкуренция.

Конечно, это не все. Инновационные интерфейсы включают развитые технологии жестовых интерфейсов посредством датчиков инерции и камер, а также МЭМС-технологии и компоненты для беспроводной коммуникации и многое другое. Информацию о некоторых из них можно почерпнуть из прошлых публикаций [1–5], а другие актуальные инновации обязательно будут рассмотрены в следующих публикациях.

Литература:

1. Сысоева, С. Мобильные датчики инерции. Все более высокие уровни миниатюризации, системной интеграции и «мобильности» // Компоненты и технологии. – 2012. – № 7.
2. Сысоева, С. Многообразие микросистемных инноваций: новые технологии и игроки // Компоненты и технологии. – 2011. – № 9–10.
3. Сысоева, С. Новые сенсорные решения. Выход на новый уровень измерений // Компоненты и технологии. – 2011. – № 8.
4. Сысоева, С. Мир МЭМС. Дальнейшая конвергенция датчиков движения и смежных технологий на массовых рынках // Компоненты и технологии. – 2011. – № 6.
5. Сысоева, С. Мобильные МЭМС-датчики с девятью и более степенями свободы // Электронные компоненты. – 2011. – № 5.

Программаторы для любых микросхем

SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM SEEPROM
EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM
EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM
FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH
PIC
MCU
PAL PAL

+375 (17) 266-32-09 www.chipstar.ru

НАНОТЕХ

ООО "Нанотех"
г. Минск, ул. Седых 12А, пом. 2Н

- **Монтаж печатных плат**
(автоматический и ручной)
- **Печатные платы**
(одно-, двухсторонние, многослойные, на алюминии)
- **Трафареты для пасты**
(лазерной резкой из нержавеющей стали)
- **Паяльные пасты**
(безотмывочные, канифольные, водосмываемые, и др.)



pcb@pcb.by тел: +375 17 237 29 34
www.pcb.by тел: +375 17 237 29 35
тел/факс: +375 17 237 29 36
тел/факс: +375 17 281 35 36

АПЕРИОДИЧЕСКИЕ АНАЛОГОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

В. Голуб, канд. техн. наук, Научно-производственная фирма VD MAIS,
e-mail: V.Golub@vdmairs.kiev.ua

Рассмотрены принципиальные различия между аналоговыми, аperiodическими, и дискретными (в том числе, цифровыми), периодическими, фильтрами. Рассмотрены основы аналоговых фильтров, широко применяемых в современной технике. Рассмотрены их схемные построения, а также характеристики в зависимости от вида фильтрации, аппроксимации и порядка. Рассмотрены также некоторые специальные применения фильтров. Работу можно рассматривать в качестве введения в аналоговые фильтры.

Введение

Фильтры подразделяют на аналоговые и цифровые [1]. Первые из них имеют аperiodические передаточные функции и, соответственно, аperiodические АЧХ и ФЧХ, вторые – периодические, или, иначе, гребенчатые. Периодические (гребенчатые) функции могут иметь и нецифровые фильтры [2], причем те же функции, что и цифровые. Поэтому правильнее подразделять фильтры по другому принципу, а именно – на аналоговые и дискретные. Последние могут быть как нецифровыми, так и цифровыми.

Итак, аналоговые и дискретные фильтры имеют, соответственно, аperiodические и периодические характеристики. Периодичность характеристик иногда бывает полезной [2], но в большинстве случаев с ней приходится бороться, оставляя один из «гребней» и подавляя остальные. Что же является определяющим в данном вопросе? Почему дискретные (цифровые) фильтры имеют периодические характеристики?

Основой построения фильтров являются инерционные элементы. В аналоговых фильтрах используются элементы с затуханием, характеризующиеся экспоненциальными переходными характеристиками, а в дискретных – элементы временной задержки, без затухания. В этом состоит основное (исходное) различие аналоговых и дискретных фильтров. И это определяет вид их характеристик – отсутствие или наличие периодичности.

Ниже рассмотрено построение аналоговых аperiodических фильтров и получение требуемых их характеристик. Рассмотрены некоторые особенности фильтров, на которые обычно не обращается внимание. Более подробное

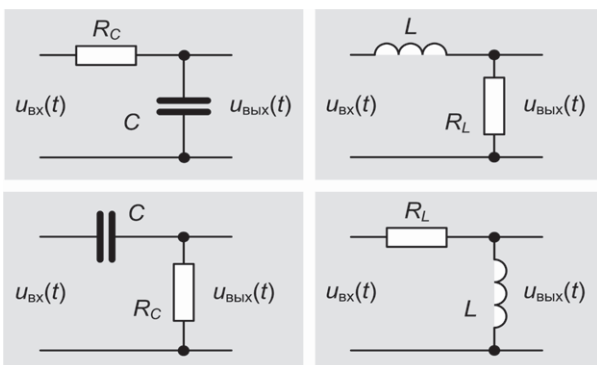


Рисунок 1 – Элементарные цепи фильтрации нижних (вверху) и верхних (внизу) частот первого порядка. Постоянные времени цепей $\tau = R_C C$ и $\tau = L/R_L$

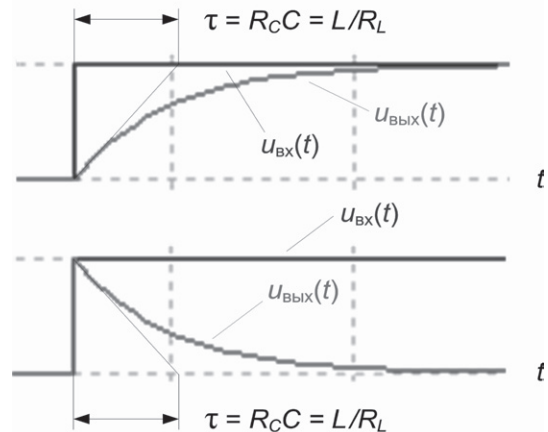


Рисунок 2 – Переходные характеристики цепей фильтрации нижних (вверху) и верхних (внизу) частот первого порядка, показанных на рисунке 1

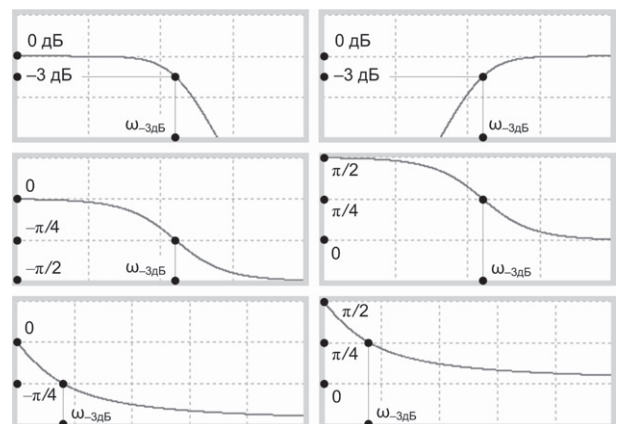


Рисунок 3 – АЧХ (первый ряд) и ФЧХ (второй и третий) фильтров первого порядка нижних (слева) и верхних (справа) частот. В первом и втором ряду – логарифмический, в третьем – линейный. Частота среза АЧХ $\omega_{-3дБ} = 1/\tau$, где τ – постоянная времени фильтров

изложение вопросов фильтрации дается в литературных источниках [1, 3, ... 12].

Фильтры первого порядка

Основным (простейшим) элементом аналогового фильтра является аperiodическая цепь первого порядка, которая может быть типа $R_C C$ или $L R_L$, как показано на рисунке 1. Для различия, активные сопротивления цепей обозначены по-разному – R_C и R_L . Цепи являются элементарными ФНЧ и ФВЧ – фильтрами нижних и верхних частот, показанными на рисунке 1. На рисунке 2 показаны переходные характеристики цепей, являющиеся функциями времени, а на рисунке 3 – их частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ).

Переходные характеристики описываются выражениями

$$u_{\text{вых}}(t) = u_{\text{вх}}(t)(1 - e^{-t/\tau}); \quad (1)$$

$$u_{\text{вых}}(t) = u_{\text{вх}}(t)e^{-t/\tau} \quad (2)$$

для цепей ФНЧ и ФВЧ (рисунок 2), соответственно, где

$$\tau = R_C C = L/R_L \quad (3)$$

– постоянная времени цепей, а $u_{\text{вх}}(t)$ – ступенчатое напряжение на входе.

На рисунке 2 и 3 видно проявление дискретизации построенных характеристик, однако, в данном случае, дискретизация обусловлена не рассматриваемыми цепями, а используемой для построения характеристик программой моделирования [13].

Для описания передаточных функций аналоговых цепей используют преобразование Лапласа (для дискретных – z-преобразование [2]). Передаточными функциями рассматриваемых цепей (нижних и верхних частот, соответственно) являются

$$K_{\text{НЧ}}(p) = 1 / (1 + p\tau); \quad (4)$$

$$K_{\text{ВЧ}}(p) = p\tau / (1 + p\tau), \quad (5)$$

где $p = j\omega$ – оператор Лапласа, а ω – круговая частота. Сумма обеих функций (4) и (5), ФНЧ и ФВЧ, равна единице.

Передаточным функциям (4) и (5) соответствуют АЧХ и ФЧХ:

$$k_{\text{НЧ}}(\omega) = 1 / \sqrt{1 + (\omega\tau)^2}; \quad (6)$$

$$k_{\text{ВЧ}}(\omega) = (\omega\tau) / \sqrt{1 + (\omega\tau)^2}; \quad (7)$$

$$\varphi_{\text{НЧ}}(\omega) = -\arctg(\omega\tau); \quad (8)$$

$$\varphi_{\text{ВЧ}}(\omega) = \pi/2 - \arctg(\omega\tau). \quad (9)$$

Графики характеристик приведены на рисунке 3. Произведение $\omega\tau$, используемое в (6), ... (9), можно выразить также в виде ω/ω_0 или $\omega/\omega_{-3\text{дБ}}$, где

$$\omega_0 = \omega_{-3\text{дБ}} = 1/\tau \quad (10)$$

– частота среза обеих АЧХ, показанная на рисунке 3.

ФЧХ цепей (8) и (9) содержат одну и ту же функцию частоты, равную $-\arctg(\omega\tau)$, а различаются ФЧХ тем, что вторая из них дополнительно содержит составляющую постоянного фазового сдвига, равную $\pi/2$. Линейный масштаб ФЧХ по оси частот (рисунок 3), по сравнению с логарифмическим, дает более наглядное представление о фазовой зависимости сигнала в полосе пропускания ФНЧ (от 0 до $\omega_{-3\text{дБ}}$).

Существует еще один параметр и, соответственно, характеристика (в зависимости от частоты) – временная задержка, которая равна производной от фазы с обратным знаком:

$$T_{\text{зад}}(\omega) = -d\varphi(\omega) / d\omega = \tau / [1 + (\omega\tau)^2], \quad (11)$$

где $\varphi(\omega)$ – это $\varphi_{\text{НЧ}}(\omega)$ или $\varphi_{\text{ВЧ}}(\omega)$, согласно (8) и (9). При «нулевой» частоте задержка (для ФНЧ) определяется постоянной времени цепи:

$$T_{\text{зад}}(0) = \tau. \quad (12)$$

Используемые фильтры первого порядка обычно являются пассивными, но не всегда. На рисунке 4 показан пример активного ФНЧ первого порядка, в котором, благодаря обратной связи, эквивалентно увеличена емкость конденсатора:

$$C_{\text{экв}} = (1 + K_{\text{ус2}})C. \quad (13)$$

Передаточные функции указанного ФНЧ

$$K_{\text{НЧ}}(p) = K_{\text{ус1}} / (1 + pRC_{\text{экв}}); \quad (14)$$

$$K_{\text{ВЧ}}(p) = -K_{\text{ус2}} / (1 + pRC_{\text{экв}}) \quad (15)$$

– для выходов $u_{\text{вых1}}(t)$ и $u_{\text{вых2}}(t)$, соответственно. При $K_{\text{ус2}} = 10$ эквивалентная емкость $C_{\text{экв}} = 11C$, а выходной сигнал $u_{\text{вых2}}(t)$ – инвертированный и усиленный в 10 раз. Но на выходе $u_{\text{вых1}}(t)$ он может быть без усиления и инвертирования. ФНЧ с $u_{\text{вых2}}(t)$ на рисунке 4 отличается от интегратора тем, что $K_{\text{ус2}}$ имеет конечную величину.

Возможен вариант схемы, отличающийся применением операционного усилителя в инверсном включении и резистора обратной связи ($R_{\text{обр}}$). Передаточная функция ФНЧ, вместо (15), будет

$$K_{\text{НЧ}}(p) = -K_{\text{ус2}} / (1 + pR_{\text{обр}}C), \quad (16)$$

где $K_{\text{ус2}} = R_{\text{обр}} / R$, а $R_{\text{обр}}C = RC_{\text{экв}}$.

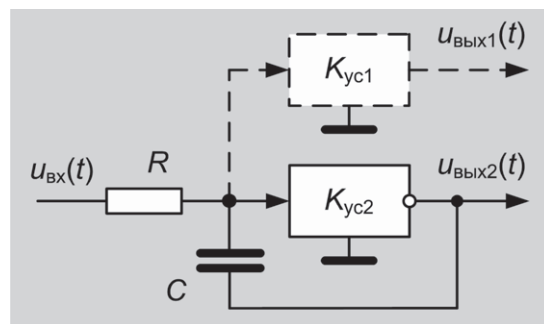


Рисунок 4 – Активный ФНЧ первого порядка, в котором емкость конденсатора эквивалентно увеличена в $(1 + K_{\text{ус2}})$ раз

Пассивные фильтры второго порядка

Рассмотренные выше цепи являются простейшими фильтрами первого порядка. Следующими, можно сказать, являются фильтры второго порядка. Они могут состоять из двух последовательно включенных фильтров первого порядка, как показано на рисунке 5 (вверху), или быть, например, типа LCR (рисунок 5, внизу). Первые из них – это двухкаскадные фильтры. Между каскадами, как и на входе и выходе, могут включаться развязки, исключающие, в данном случае, влияние нагрузок на каскады и, следовательно, на их характеристики.

В случае применения двух однотипных (ФНЧ или ФВЧ) фильтров по схеме на рисунке 5 (вверху), а результирующий фильтр будет того же типа (ФНЧ или ФВЧ), но, со-

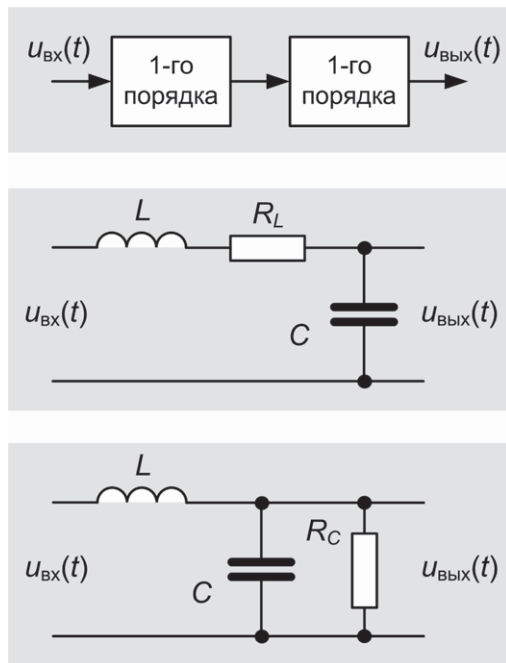


Рисунок 5 – Пассивные фильтры второго порядка: состоящий из двух первого порядка (вверху) и два ФНЧ типа LCR (внизу)

ответственно, второго порядка (об определении порядка фильтра сказано ниже). В случае применения фильтров двух типов, ФНЧ и ФВЧ, включенных последовательно, результирующий фильтр будет полосовым (ПФ), также второго порядка, но с меньшим, чем для ФНЧ и ФВЧ, коэффициентом передачи (его можно увеличить введением усиления). Отметим, что ПФ первого порядка не бывает.

Показанный на рисунке 5 другой фильтр, со съемом сигнала с конденсатора C , является ФНЧ, но LCR фильтр может быть использован и как ФВЧ или ПФ, если снимать сигнал с элемента индуктивности L или резистора R_L . Все три фильтра, ФНЧ, ФВЧ и ПФ, в отличие от предыдущего двухкаскадного, имеют один и тот же коэффициент передачи – на нулевой, «бесконечной» и средней частотах, соответственно. Если в качестве выходного сигнала использовать не напряжение, а ток цепи, он будет иметь характеристику ПФ (подобно напряжению на R_L). Широко применяется вариант LCR фильтра с R_C , являющегося нагрузкой.

Показанные на рисунке 5 фильтры являются пассивными (без усилительных элементов). Отметим, однако, что LCR фильтры, в отличие от RC и LR фильтров, применяются обычно с повышенной добротностью, обеспечиваемой явлением резонанса в цепи. Помимо пассивных, существуют еще и активные RC фильтры (подобно фильтру на рисунке 4), в которых повышение добротности осуществляется благодаря наличию обратных связей с выхода усилительных элементов.

Но, для начала, рассмотрим двухкаскадные пассивные фильтры второго порядка (рисунок 5, вверху). Для двухкаскадного ФНЧ, состоящего из двух первого порядка (рисунок 1, вверху),

$$K_{\text{ФНЧ}}(p) = 1 / [(1 + p\tau_1)(1 + p\tau_2)] = 1 / [1 + p(\tau_1 + \tau_2) + p^2\tau_1\tau_2], \quad (17)$$

где τ_1 и τ_2 – постоянные времени каждого из ФНЧ первого порядка. При равенстве постоянных времени

$$K_{\text{ФНЧ}}(p) = 1 / [1 + 2p\tau + (p\tau)^2], \quad (18)$$

где $\tau = \tau_1 = \tau_2$.

Выражения в знаменателях (17) и (18), как и в (4) и (5), являются полиномами, откуда и название фильтров – полиномиальные. В (4) и (5) полиномы – первого порядка, а в (17) и (18) – второго. Порядок полинома в знаменателе определяет порядок фильтра. Отметим, однако, что полиномиальными называют не все типы фильтров с полиномами, а только те, числитель функции которых равен единице или постоянному коэффициенту (то есть простейшие ФНЧ разных порядков) [4].

Выражения (17) и (18) могут быть записаны иначе:

$$K_{\text{ФНЧ}}(p) = 1 / [1 + p / \omega_0 Q + (p / \omega_0)^2], \quad (19)$$

где

$$\omega_0 = 1 / \sqrt{\tau_1\tau_2}; \quad (20)$$

$$Q = [\sqrt{\tau_1\tau_2}] / (\tau_1 + \tau_2). \quad (21)$$

– собственная частота и добротность фильтра, которые равны $\omega_0 = 1/\tau$ и $Q = 0.5$ при $\tau = \tau_1 = \tau_2$. Добротность $Q = 0.5$ является максимальной (при последовательном включении пассивных фильтров), фильтр с указанной добротностью носит название фильтра с критическим затуханием [3].

Иногда вместо добротности используют другой параметр – упоминаемое выше затухание, которое обратно пропорционально добротности:

$$\delta = 1 / (2Q). \quad (22)$$

В результате, наряду с (18), используется выражение

$$K_{\text{ФНЧ}}(p) = 1 / [1 + p2\delta/\omega_0 + (p/\omega_0)^2]. \quad (23)$$

Отметим, что критическое затухание, согласно (22), равно $\delta_{\text{крит}} = 1$ при указанной выше $Q = 0.5$.

Для LCR фильтра (рисунок 5), как и для двухкаскадного фильтра, действуют те же функции (19) и (23), которые являются обобщенными, но с другими, чем (20) и (21), выражениями для ω_0 и Q :

$$\omega_0 = 1 / \sqrt{LC}; \quad (24)$$

$$Q = p / R_L, \quad (25)$$

где

$$p = \sqrt{L/C} \quad (26)$$

– «характеристическое» сопротивление LCR цепи. В данном случае, добротность может быть сколько угодно большой, определяемой явлением резонанса (при малом R_L), однако ее ограничивают весьма небольшой величиной, необходимой для выбираемого типа аппроксимации.

Для разновидности LCR фильтра, показанной на рисунке 5 (с R_C), параметры ω_0 и p – также согласно (24) и (26), но добротность

$$Q = R_C/p \quad (27)$$

отличается от (25). Последнее обусловлено тем, что активное сопротивление в первой цепи включено последовательно, а во второй цепи – параллельно конденсатору (а также параллельно элементу индуктивности, но через источник сигнала). Соответственно, между указанными сопротивлениями существует зависимость

$$R_c/R_L = Q^2. \quad (28)$$

Выражение (19) является передаточной функцией ФНЧ. Функциями для ПФ и ФВЧ, соответственно, будут

$$K_{ПФ}(p) = (p/\omega_0 Q) / [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]; \quad (29)$$

$$K_{ВЧ}(p) = (p/\omega_0)^2 / [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]. \quad (30)$$

Они отличаются членами в числителях функций, являющимися членами полинома в знаменателе: 1, $p/\omega_0 Q$ и $(p/\omega_0)^2$ – для ФНЧ, ПФ и ФВЧ, соответственно. Функции (19), (29) и (30) в сумме, как и (4) и (5), равны единице.

Функции ФНЧ (19) и ФВЧ (30), как и функция ПФ (29), являются «классическими», но они могут быть и другими, если для них использовать суммы функций ФНЧ и ПФ или ПФ и ФВЧ:

$$K_{НЧ}(p) = (1 + p/\omega_0 Q) / [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]; \quad (31)$$

$$K_{ВЧ}(p) = [p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2] / [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]. \quad (32)$$

Существуют также заграждающий (ЗФ) и всепропускающий (ВФ) фильтры. Первый – обратный полосовому, а второй – с равномерной АЧХ, но с переменной ФЧХ. Их передаточные функции можно получить, используя функции ФНЧ, ФВЧ и ПФ. Функцию ЗФ – вычитанием функции ПФ (29) из единицы, а функцию ВФ – сложением функций ФНЧ (19), ФВЧ (30) и вычитанием функции ПФ. Фильтры ФНЧ, ФВЧ и ПФ можно считать основными (с одним членом в числителе функции, из числа членов полинома в знаменателе), а ЗФ и ВФ – производными от них (с многочленом в числителе функции). Существуют и другие фильтры, у которых в числителе функций содержатся более сложные полиномы, но об этих фильтрах сказано ниже.

Выше рассматривались передаточные функции. Они определяют амплитудно-частотную (АЧХ) и фазово-частотную (ФЧХ) характеристики фильтров. Рассмотрим АЧХ и ФЧХ фильтров второго порядка. Отметим, что при последовательном (каскадном) включении фильтров их АЧХ, как и передаточные функции, перемножаются, а ФЧХ суммируются. Примером перемножения передаточных функций является выражение (17).

В соответствии со сказанным, АЧХ и ФЧХ для ФНЧ второго порядка определяются выражениями

$$k_{НЧ}(\omega) = 1/\sqrt{\{[1 + (\omega\tau_1)^2][1 + (\omega\tau_2)^2]\}} = 1/\sqrt{[1 + (1/Q^2 - 2)x^2 + x^4]}; \quad (33)$$

$$\varphi_{НЧ}(\omega) = -[\arctg(\omega\tau_1) + \arctg(\omega\tau_2)] = -\arctg[(1/Q) / (1/x - x)], \quad (34)$$

в которых показан параметр $x = \omega/\omega_0$ – нормированная частота (ее часто используют и в приведенных выше выражениях передаточных функций), а ω_0 и Q – согласно, например,

(20) и (21). Из выражений (33) и (34) наглядно видно, что нормированные АЧХ и ФЧХ, помимо аргумента x , зависят от добротности Q , которая и определяет их аппроксимацию.

ФЧХ для ПФ и ФВЧ второго порядка отличаются от ФЧХ для ФНЧ (34), как и для ФЧХ первого порядка (8) и (9), наличием постоянных фазовых сдвигов при той же составляющей, зависящей от частоты (в данном случае, от аргумента x):

$$\varphi_{ПФ}(\omega) = \pi/2 - \arctg[(1/Q) / (1/x - x)]; \quad (35)$$

$$\varphi_{ВЧ}(\omega) = \pi - \arctg[(1/Q) / (1/x - x)]. \quad (36)$$

Существует еще одна характеристика – временная задержка, аналогичная (11),

$$\tau_{зад}(\omega) = -d\varphi_{НЧ}(\omega) / d\omega = \tau_{зад0} + \Delta\tau_{зад}(\omega), \quad (37)$$

где $\tau_{зад0} = a_1$ – начальная задержка (при $\omega = 0$), $a_1 = 1/\omega_0 Q$ – коэффициент при втором члене полинома (см. ниже), $\Delta\tau_{зад}(\omega)$ – частотно-зависимая составляющая задержки, равная нулю при $\omega = 0$. С помощью характеристики (37) удобно оценивать линейность ФЧХ. Чем равномернее $\tau_{зад}(\omega)$, тем более линейной является ФЧХ.

На рисунке 6 приведены АЧХ, соответствующие функциям (19), (29), ... (32) при добротности $Q = 0.5$. Для наглядности,

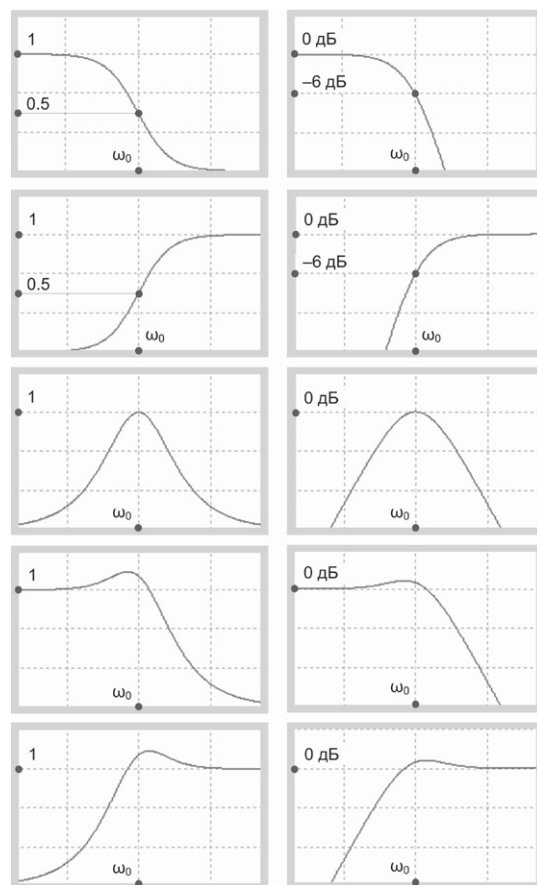


Рисунок 6 – АЧХ фильтров второго порядка с добротностью $Q = 0.5$: ФНЧ, ФВЧ, ПФ, ФНЧ + ПФ, ФВЧ + ПФ (сверху вниз, соответственно). Масштаб графиков: по горизонтали – логарифмический; по вертикали – линейный (слева), логарифмический (справа)

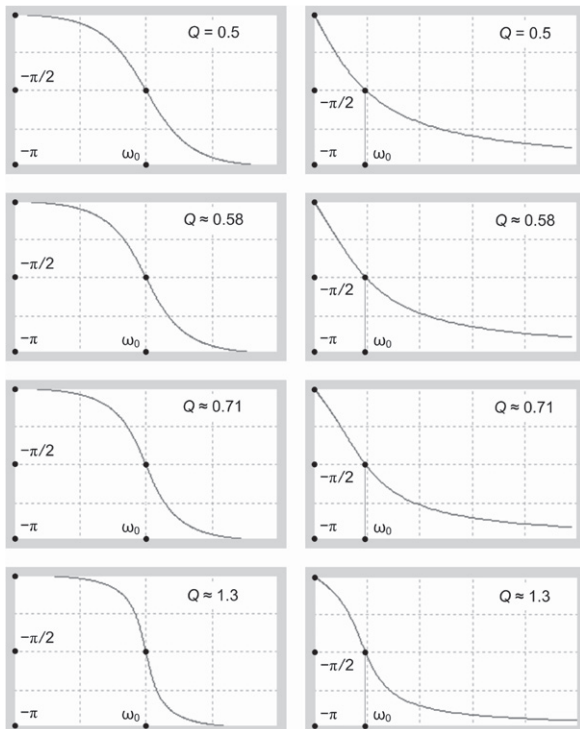


Рисунок 7 – ФЧХ фильтров нижних частот второго порядка – с критическим затуханием ($Q = 0.5$) и аппроксимациями Бесселя ($Q \approx 0.58$), Баттерворта ($Q \approx 0.71$) и Чебышева ($Q \approx 1.3$, АЧХ с «волнистостью» 3 дБ). Слева – с логарифмической шкалой по горизонтали, справа – с линейной

характеристики показаны в двух вариантах – с линейным (в левой части рисунка) и логарифмическим (в правой части) масштабами по вертикали. Отметим, что крутизна каждого из двух спадов, левого и правого, характеристики ПФ вдвое меньше, чем у одного спада характеристик ФНЧ и ФВЧ. Это следует учитывать при использовании полосовых фильтров. Такую же пониженную крутизну спада имеют характеристики ФНЧ и ФВЧ, описываемые функциями (31) и (32). Кроме того, характеристики (31) и (32) имеют большее «перекрывание» по частоте. Применяются обычно ФНЧ (19) и ФВЧ (30).

На рисунке 7 приведены ФЧХ (34) для разных значений Q . Переменные составляющие ФЧХ, показанные на рисунке 7, соответствуют также (35) и (36), которые отличаются от (34) постоянным фазовым сдвигом. Представляют интерес ФЧХ в полосе пропускания ФНЧ и ПФ. Первая из них – при аппроксимациях, линеаризирующих ФЧХ (в полосе пропускания), о которых сказано ниже, другая – в области ω_0 , также с линеаризированной ФЧХ (при больших Q и, соответственно, при повышенной крутизне), используемая, в частности, для амплитудно-частотного преобразования сигналов.

Активные фильтры второго порядка

Выше рассмотрены два варианта построения пассивных фильтров второго порядка. Первый из них, благодаря малой добротности, которая не может обеспечить получение требуемых аппроксимаций фильтров, применяется редко. Второй, показанный, например, на рисунке 5 (внизу), находит применение в токовых цепях нагрузок.

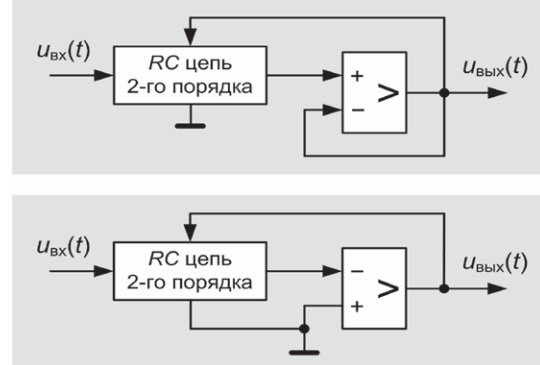


Рисунок 8 – Активные RC фильтры второго порядка – с положительной (на рисунке сверху) и отрицательной (внизу) обратными связями с выхода усилителей

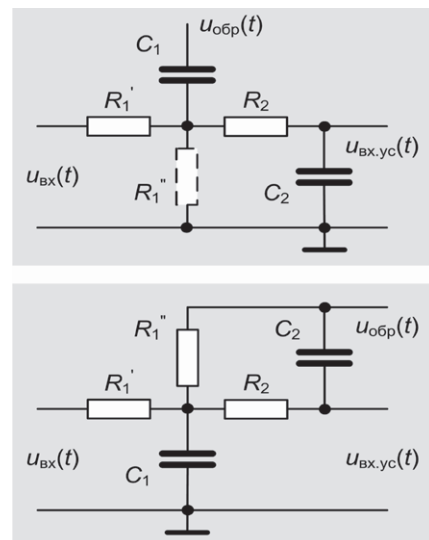


Рисунок 9 – Простейшие RC цепи второго порядка для ФНЧ на рисунке 8 (сверху и внизу, соответственно)

Широко используются активные RC фильтры, которые обладают такими же характеристиками, как и пассивные LCR фильтры. Схемы обычно применяемых фильтров второго порядка показаны на рисунке 8 [1, 3, 4]. Активные RC фильтры, как и пассивные, являются слаботочными (для фильтруемого сигнала), но с дополнительным потреблением усилительными элементами. При этом они обладают, подобно LCR фильтрам, возможностью реализации высоких добротностей. Активные фильтры описываются теми же общими выражениями (19), (29) и (30) передаточных функций, что и пассивные фильтры.

Первый из активных фильтров (рисунок 8, сверху) – с положительной, а второй (рисунок 8, внизу) – с отрицательной обратными связями с выхода усилителей. Однако, несмотря на различие в схемах, фильтры обладают одинаковыми фильтрующими свойствами. Дело в том, что они отличаются не только разным включением усилительных элементов, но и разными схемами применяемых RC цепей, показанными на рисунке 9. Цепь на рисунке 9 (внизу), по сравнению с

цепью на рисунке 9 (вверху), является как бы инвертированной (между выводом обратной связи и общим проводом). В результате, в активных фильтрах, независимо от схемы включения усилительных элементов, обеспечивается, как и в схеме на рисунке 4, положительная обратная связь, благодаря которой повышается добротность фильтров.

Фильтры, схемы которых показаны на рисунке 8 и 9, обычно используются при повышенной, но относительно невысокой добротности – примерно до $Q = 2$. В фильтрах с более высокой добротностью используются аналогичные, но видоизмененные фильтры (с дополнительными обратными связями в усилителях), а также фильтры, обусловленные другими схемными решениями. Фильтры с большой добротностью могут быть в составе многокаскадных фильтров высокого порядка.

Виды аппроксимаций

Идеализированный фильтр (ФНЧ, ФВЧ, ПФ или другого типа) характеризуется АЧХ с постоянным коэффициентом передачи в полосе пропускания (например, равным единице) и полным подавлением в полосе заграждения (подавления), а также линейной ФЧХ (в полосе пропускания). «Нулевая» ФЧХ невозможна, так как соответствует добротности фильтра, равной бесконечности. Между полосами пропускания и подавления существует переходная зона, ширина которой также не может быть равной нулю. Реальные характеристики фильтров отличаются от идеализированных. Насколько и как они близки к ним, определяют так называемые аппроксимации, являющиеся математическим приближением реальных (аппроксимированных) характеристик к идеализированным. Иногда, однако, реальные фильтры, благодаря своим аппроксимациям, могут превышать возможности идеализированных фильтров (но, все-таки, с отклонениями от новой идеализации). Примером «новой идеализации» может быть, например, то, что АЧХ, обусловленная суммой двух функций, ФНЧ и ФВЧ, без учета функции ПФ, может быть равна единице.

Существуют аппроксимации Бесселя, Баттерворта, Чебышева и другие. Фильтр с аппроксимацией Бесселя обладает в полосе пропускания АЧХ (с неравномерностью от 0 до -3 дБ) максимально линейной монотонной ФЧХ. Существует аппроксимация Баттерворта-Томпсона, являющаяся промежуточной между аппроксимациями Бесселя и Баттерворта. Ей соответствует несколько более линейная ФЧХ, но с некоторым нарушением ее монотонности.

Фильтр с аппроксимацией Бесселя (или, короче, фильтр Бесселя), обладает не только монотонной ФЧХ, но и монотонной АЧХ. Монотонной АЧХ обладает также и фильтр Баттерворта, причем с максимально «плоской» АЧХ в полосе пропускания. Последнее является его отличительным свойством, сопровождаемым, однако, некоторым увеличением нелинейности ФЧХ.

У фильтра Чебышева (точнее, у семейства фильтров Чебышева) – более узкая переходная зона (между полосами пропускания и подавления), но АЧХ в полосе пропускания характеризуется «волнистостью», амплитуда которой, в зависимости от разновидности аппроксимации, может быть в пределах от 0 до 3 дБ (в принципе, она может быть и больше). Чем больше указанная «волнистость», тем уже переходная зона. Фильтр Баттерворта является частным случаем фильтра Чебышева (с нулевой «волнистостью»)

и характеризуется, как уже сказано, монотонностью АЧХ (в полосе пропускания).

Несколько слов о ширине переходной зоны. Крутизна спада АЧХ (между полосами пропускания и подавления) для фильтров одного порядка не зависит от вида аппроксимации. Для ФНЧ второго порядка, например, она составляет минус 12 дБ на октаву (для ФВЧ, соответственно, – подъем с крутизной плюс 12 дБ на октаву). Но конфигурация АЧХ в области ω_0 зависит от вида аппроксимации, что приводит, в частности, к изменению ширины переходной зоны. При этом переходная зона либо сужается (при аппроксимации Чебышева), либо расширяется (при аппроксимации Бесселя). Последнее связано еще и с тем, что АЧХ нормируют относительно частоты среза, что приводит к смещению спада (подъема) АЧХ. В результате, чем выше добротность фильтра, обусловленная видом аппроксимации, тем уже переходная зона. Сказанное наглядно видно из рисунка 10, где показано расположение частот среза для разных аппроксимаций (но без указанного нормирования). Нижняя (по уровню) граница переходной зоны не показана, но она является одной и той же для всех указанных выше аппроксимаций.

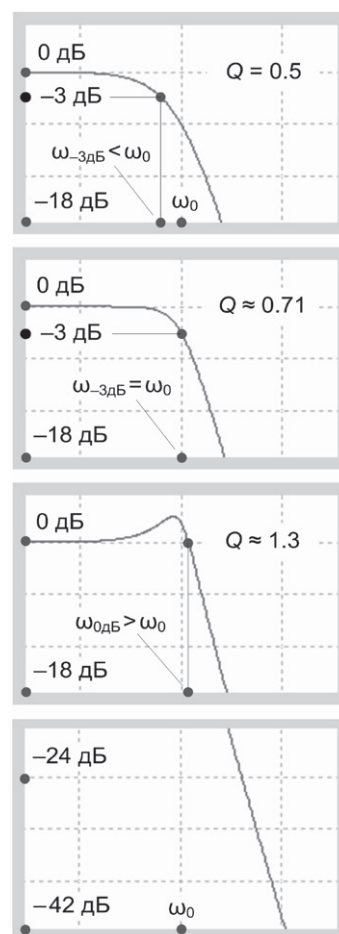


Рисунок 10 – АЧХ ФНЧ второго порядка – с критическим затуханием и аппроксимациями по Баттерворту и Чебышеву, последняя – с «волнистостью» 3 дБ. Внизу показано продолжение АЧХ (ниже -18 дБ), которое практически одно и то же для всех АЧХ

Аппроксимации, как уже говорилось, связаны с рассмотренной выше добротностью фильтров. Для фильтра второго порядка, например, добротность составляет $Q = 1/\sqrt{3} \approx 0.58$, $Q = 1/\sqrt{2} \approx 0.71$ и $Q \approx 0.71 \dots 1.3$ – для аппроксимаций Бесселя, Баттерворта и Чебышева, соответственно. Последнее значение ($Q \approx 1.3$) – для АЧХ с «волнистостью» 3 дБ (в полосе пропускания).

Подобно тому, как аппроксимация Баттерворта-Томпсона обеспечивает оптимально-линейную ФЧХ, еще одна из аппроксимаций, Лежандра, обеспечивает получение оптимально-монотонной АЧХ. Последняя менее плоская, чем при аппроксимации Баттерворта, но имеет более узкую переходную зону. Аппроксимация Лежандра «отпечковывается» от аппроксимации Баттерворта, начиная с третьего порядка фильтра.

Рассмотренные выше аппроксимации имеют отношение к «обычным» фильтрам. Существуют, однако, фильтры, производные от них, к которым относятся инверсный фильтр Чебышева и эллиптический фильтр (иначе, фильтр Кауэра, или Чебышева-Кауэра). Первый из них имеет АЧХ в полосе пропускания, аналогичную АЧХ фильтра Баттерворта, но в полосе подавления – с «волнистостью», свойственной для полосы пропускания обычного фильтра Чебышева. А эллиптический фильтр характеризуется «волнистостью» в обеих полосах – пропускания и подавления. Особенностью обоих фильтров (особенно, второго) является более узкая полоса переходной зоны – между полосами пропускания и подавления. Инверсный фильтр Чебышева характерен тем, что у него сочетаются плоская АЧХ в полосе пропускания (подобно фильтру Баттерворта) и узкая переходная зона (подобно фильтру Чебышева).

Прежде чем продолжить рассмотрение аппроксимаций, дополнительно рассмотрим представление передаточных функций с обобщенными коэффициентами. Приведенные выше передаточные функции ФНЧ первого и второго порядков запишем в виде

$$K_{\text{нч}}(p) = 1/(1 + pa_1); \quad (38)$$

$$K_{\text{нч}}(p) = 1/(1 + pa_1 + p^2a_2), \quad (39)$$

где, согласно (4), $a_1 = \tau$, и, согласно (19), $a_1 = 1/\omega_0 Q$, $a_2 = 1/\omega_0^2$. В общем случае, для ФНЧ любого, N -го, порядка

$$K_{\text{нч}}(p) = 1/(1 + pa_1 + p^2a_2 + \dots + p^Na_N). \quad (40)$$

Построение фильтров может быть разным. Для однокаскадных фильтров используется общий полином функции (40), а для многокаскадных – совокупность перемножаемых полиномов первого и второго порядков. Так, например, передаточные функции двухкаскадных ФНЧ третьего и четвертого порядков описываются выражениями

$$K_{\text{нч}}(p) = 1/[(1 + pa_1) \times (1 + pb_1 + p^2b_2)]; \quad (41)$$

$$K_{\text{нч}}(p) = 1/[(1 + pa_1 + p^2a_2) \times (1 + pb_1 + p^2b_2)], \quad (42)$$

где a_1 и a_2 – коэффициенты при членах полинома первого каскада, а b_1 и b_2 – второго. Показанное произведение полиномов в (41) и (42) должно быть равно общему полиному (40).

Рассмотренные выше аппроксимации характеризуются соответствующими полиномами Бесселя, Баттерворта, Чебышева и др. Полиномы Бесселя и Баттерворта используются в качестве полиномов передаточных функций (в их знаменателях), причем полином Баттерворта – непосредственно, а полином Бесселя – с некоторым пересчетом, обусловленным указанным выше нормированием АЧХ по частоте. Для фильтра Чебышева полином передаточной функции характеризуется более сложным выражением (и также с пересчетом):

$$T(p) = 1 + \varepsilon T_{\text{чб}}(p), \quad (43)$$

где ε – коэффициент неравномерности («волнистости») АЧХ в пределах полосы пропускания, а $T_{\text{чб}}(p)$ – полином Чебышева соответствующего порядка.

В [3] даются таблицы с указанными в (38), ... (42) коэффициентами, предназначенными для расчета фильтров. В других источниках – таблицы с координатами так называемых полюсов, о которых рассказано в [1, 4]. В таблице, в качестве примера и согласно [3], приводятся коэффициенты для полиномов младших порядков рассмотренных выше трех аппроксимаций. Приводятся они для частот

Таблица – Коэффициенты полиномов в знаменателе передаточной функции полиномиальных фильтров

Параметры		Аппроксимация			
Порядок фильтра	Коэффициенты	Бесселя		Баттерворта ($\omega_{-3\text{дБ}}$ / $\omega_0 = 1$)	Чебышева, 3 дБ
		ω_0	$\omega_{-3\text{дБ}}$		$\omega_{0\text{дБ}}$
Однокаскадные фильтры					
1	a_1	1			
2	a_1	1	1.3617	1.4142	1.0650
	a_2	1/3	0.6180	1	1.9305
3	a_1	1	–	2	–
	a_2	2/5		2	
	a_3	1/15		1	
4	a_1	1	–	2.613	–
	a_2	3/7		3.414	
	a_3	2/21		2.613	
	a_4	1/105		1	
Многокаскадные фильтры					
3	a_1	–	0.7560	1	3.3496
	b_1		0.9996	1	0.3559
	b_2		0.4772	1	1.1923
4	a_1	–	1.3397	1.8478	2.1853
	a_2		0.4889	1	5.5339
	b_1		0.7743	0.7654	0.1964
	b_2		0.3890	1	1.2009

среза $\omega_{-3дБ} < \omega_0$, $\omega_{-3дБ} = \omega_0$ и $\omega_{0дБ} > \omega_0$ – для АЧХ фильтров с аппроксимациями Бесселя, Баттерворта и Чебышева (3 дБ), из которых первая и третья являются нормированными (для аппроксимации Баттерворта нормирование не требуется).

Вернемся к рассмотрению инверсного фильтра Чебышева. Согласно [4], передаточная функция ФНЧ второго порядка с «волнистостью» 0.5 дБ равна

$$K_{\text{нч}}(p) = K_0(1 + k_2 a_2 p^2) / (1 + a_1 p + a_2 p^2), \quad (44)$$

где $K_0 = 2/a_2$, $k_2 = 0.5/a_2$, $a_1 = a_1/a_2$ и $a_2 = 1/a_2$, определяемые указанными коэффициентами a_1 и a_2 полинома обычного фильтра Чебышева. Существенной особенностью функции (44) является то, что она является суммой двух функций – ФНЧ и ФВЧ, из которых функция ФВЧ обусловлена членом $k_2 a_2 p^2$ в числителе. Полоса пропускания указанной функции ФВЧ соответствует полосе подавления инверсного фильтра, в связи с чем имеет пониженный уровень, определяемый коэффициентом k_2 .

Аналогичной функцией, но третьего порядка, приведенной в [4], является

$$K_{\text{нч}}(p) = K_0(1 + k_3 a_2 p^2) / (1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3), \quad (45)$$

где $k_3 = 0.75/a_2$, a_2 – коэффициент третьего члена полинома в (45), являющегося членом полосовой фильтрации. Дополнительно отметим, что в приведенных выше выражениях для k_2 и k_3 фигурируют коэффициенты a_2 с одинаковым обозначением, однако это коэффициенты разных полиномов – из функций (44) и (45).

По аналогии с (44) и (45) для ФНЧ, можно записать передаточные функции и для инверсных ФВЧ Чебышева (также второго и третьего порядков):

$$K_{\text{нч}}(p) = K_0(k_2 + a_2 p^2) / (1 + a_1 p + a_2 p^2); \quad (46)$$

$$K_{\text{нч}}(p) = K_0(k_3 a_1 p + a_3 p^3) / (1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3), \quad (47)$$

где k_2 и k_3 – те же коэффициенты, что и в (44) и (45).

Рассмотрим графическое представление АЧХ инверсных фильтров Чебышева. На рисунке 11 (вверху) показаны АЧХ фильтров Баттерворта второго и четвертого порядков, которые будем считать исходными, а на рисунке 11 (внизу) – АЧХ инверсных фильтров. У первых – крутизна спада

–12 и –24 дБ/окт., соответственно, причем без ограничения в полосе подавления, а у вторых – с ограничением, показанным на фиксированном уровне около –50 дБ. Показанное ограничение сопровождается сужением переходной зоны (рисунок 11, внизу), которое видно при сравнении с АЧХ фильтров Баттерворта (рисунок 11, вверху). Сужение обусловлено деформацией спада АЧХ в области соприкосновения его с полосой подавления, определяемой составляющей передаточной функции с дополнительным членом. В сужении переходной зоны, но при фиксированном уровне подавления, и заключается особенность инверсного фильтра Чебышева. Отметим, что эффективность сужения переходной зоны зависит от уровня полосы подавления. При этом оба явления находятся в противоречии: чем меньше (хуже) подавление, тем уже (лучше) переходная зона.

Построение АЧХ эллиптического фильтра является аналогичным, но отличается от построения АЧХ инверсного фильтра тем, что вместо исходной АЧХ с аппроксимацией Баттерворта (рисунок 11, вверху) используется АЧХ с аппроксимацией Чебышева. По аналогии с аппроксимациями Баттерворта и Чебышева, можно сказать, что аппроксимация инверсного фильтра является частным случаем аппроксимации эллиптического фильтра.

Сложные передаточные функции

Примером простейших передаточных функций, обеспечивающих реализацию трех фильтров – ФНЧ, ФВЧ и, в том числе, ПФ, являются функции второго порядка (19), (29) и (30). Их знаменатель представляет собой полином, порядок (в данном случае, второй) и добротность которого определяют порядок и добротность фильтра. Наличие в числителе одного из членов полинома определяет то, каким из указанных является фильтр – ФНЧ, ФВЧ или ПФ.

Существуют, однако, фильтры, передаточные функции которых вместо одного члена в числителе содержат полином (многочлен) в составе двух или более членов. Такие фильтры можно подразделить на несколько групп:

- фильтры ЗФ (заграждающий) и ВФ (все пропускающий);
- ФНЧ и ФВЧ (31) и (32) и другие аналогичные;
- инверсные фильтры Чебышева и эллиптические фильтры;
- двухканальные, НЧ и ВЧ, фильтры (или многоканальные, дополнительно с ПФ) второго и более высоких порядков, результирующая АЧХ которых равна единице.

Фильтры первых трех групп рассмотрены выше, поэтому рассмотрим фильтры четвертой группы. Они интересны не только сами по себе. Они интересны также и тем, что дают возможность проследить дополнительные возможности фильтров.

Типичным представителем указанных фильтров являются кроссоверы Линквица-Райли [11, 12] – двухканальные (или многоканальные) частотные расщепители аудио сигналов. Двухканальный кроссовер содержит каналы ФНЧ и ФВЧ, причем, в данном случае, четных (в основном, второго и четвертого) порядков. На рисунке 12 и 13 показаны АЧХ и ФЧХ указанных фильтров, а также их суммарного (акустического) выхода. Погрешности, вносимые акустической системой, здесь не рассматриваются.

При обычной фильтрации частоты среза АЧХ находятся на краю частотных диапазонов ФНЧ и ФВЧ. В данном же случае, частоты среза обоих фильтров соответствуют середине суммарного диапазона частот, что предъявляет повышенные требования к качеству «сшивки» обеих (или нескольких) АЧХ.

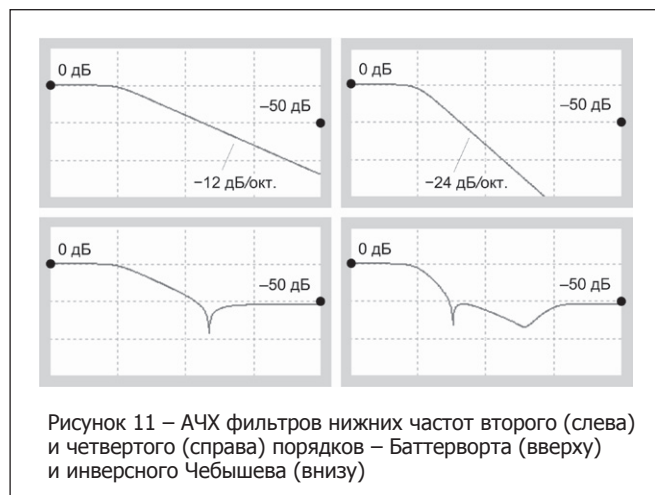


Рисунок 11 – АЧХ фильтров нижних частот второго (слева) и четвертого (справа) порядков – Баттерворта (вверху) и инверсного Чебышева (внизу)

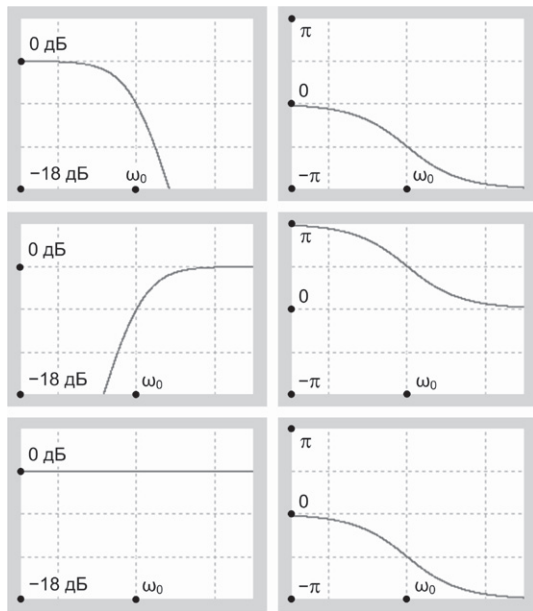


Рисунок 12 – Кроссовер Линквица-Райли второго порядка: АЧХ (слева) и ФЧХ (справа) фильтров НЧ и ВЧ и их разностной функции на выходе (внизу). Полином функции $1 + 2p/\omega_0 + (p/\omega_0)^2$, уровень отсечки –6 дБ, фазовый диапазон – от 0 до $-\pi$

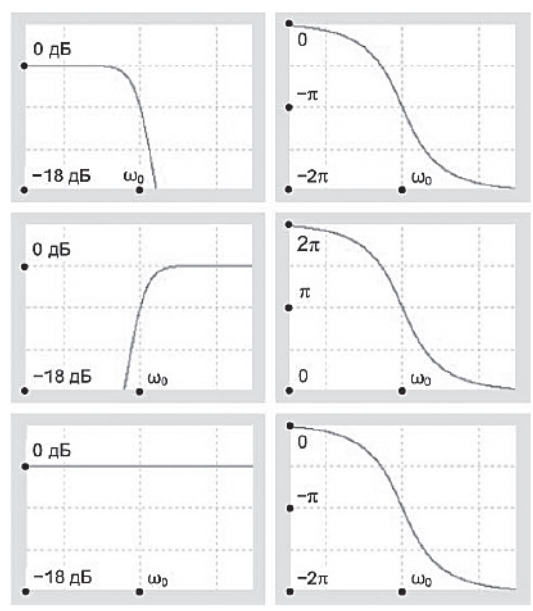


Рисунок 13 – Кроссовер Линквица-Райли четвертого порядка: АЧХ (слева) и ФЧХ (справа) фильтров НЧ и ВЧ и их суммарной функции на выходе (внизу). Полином функции $1 + (2\sqrt{2})p/\omega_0 + 4(p/\omega_0)^2 + (2\sqrt{2})(p/\omega_0)^3 + (p/\omega_0)^4$, уровень отсечки –6 дБ, фазовый диапазон – от 0 до -2π

Отметим, что получение суммарной АЧХ, равной единице, несмотря на неиспользование составляющих полосовой фильтрации, обеспечивается как выбором вида аппроксимации и порядка фильтров, так и соответствующего фазирования (в фазе или в противофазе) выходных сигналов.

Для второго порядка (рисунок 12) используется аппроксимация с $Q = 0.5$ (с критическим затуханием), для которой

$$T_2(p) = 1 + 2p/\omega_0 + (p/\omega_0)^2 \quad (48)$$

– полином в знаменателе, а суммирование производится в противофазе (сигнал ФВЧ инвертируется). При инвертировании фазовый диапазон ФВЧ « $\pi \dots 0$ » преобразуется в « $0 \dots -\pi$ », такой как и у ФНЧ. Для четвертого порядка (рисунок 13) – аппроксимация определяется полиномом

$$T_4(p) = 1 + (2\sqrt{2})p/\omega_0 + 4(p/\omega_0)^2 + (2\sqrt{2})(p/\omega_0)^3 + (p/\omega_0)^4, \quad (49)$$

являющимся результатом перемножения двух полиномов Баттерворта второго порядка $1 + (\sqrt{2})p/\omega_0 + (p/\omega_0)^2$, для каждого из которых $Q = 1/\sqrt{2} \approx 0.71$, а суммирование – в фазе. Последнее обусловлено тем, что фазовый диапазон ФВЧ « $2\pi \dots 0$ » – это одно и то же, что и « $0 \dots -2\pi$ » для ФНЧ (рисунок 13). Уровни среза АЧХ обоих кроссоверов равны –6 дБ (рисунки 12 и 13).

Суммарные передаточные функции кроссоверов:

$$K_2(p) = [1 - (p/\omega_0)^2] / T_2(p); \quad (50)$$

$$K_4(p) = [1 + (p/\omega_0)^4] / T_4(p), \quad (51)$$

где $T_2(p)$ и $T_4(p)$ – полиномы (48) и (49).

АЧХ и ФЧХ кроссоверов, как уже сказано, показаны на рисунках 12 и 13, а на рисунках 14 и 15 – эюры напряжений в их цепях. Эюры показаны для каналов ФНЧ, ФВЧ и суммарного сигнала на выходе, причем для трех частот – в полосах пропускания ФНЧ ($0.1 \omega_0$), ФВЧ ($10 \omega_0$) и для частоты среза (ω_0). На частоте среза оба сигнала, ФНЧ и ФВЧ, – в два раза меньше (отличаются на указанные выше –6дБ). Эюры показаны в одном геометрическом

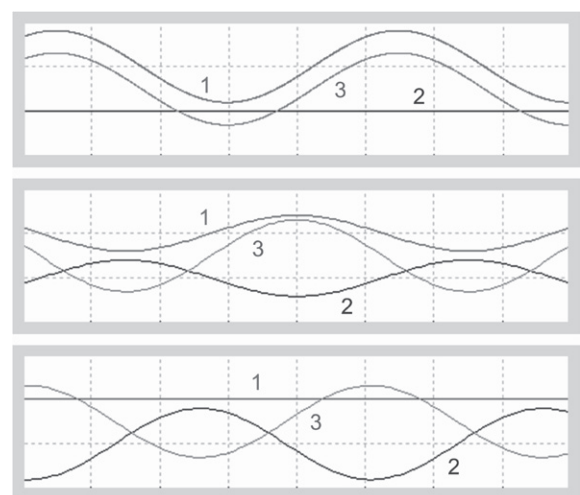


Рисунок 14 – Эюры напряжений кроссовера Линквица-Райли второго порядка на частотах $0.1 \omega_0$ (на верхнем рисунке), ω_0 (на среднем), $10 \omega_0$ (на нижнем): на выходе ФНЧ (1), на выходе ФВЧ (2), разностный сигнал (3). Уровень разностного сигнала от частоты не зависит

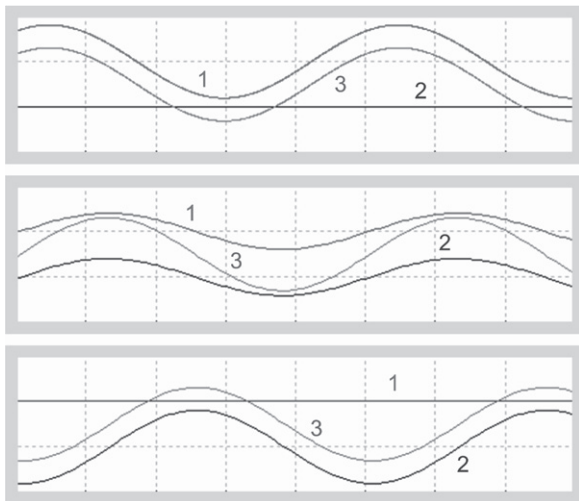


Рисунок 15 – Эпюры напряжений кроссовера Линквица-Райли четвертого порядка на частотах $0.1 \omega_0$ (на верхнем рисунке), ω_0 (на среднем), $10 \omega_0$ (на нижнем): на выходе ФНЧ (1), на выходе ФВЧ (2), суммарный сигнал (3). Уровень суммарного сигнала от частоты не зависит

масштабе (по горизонтали), не зависящим от частоты, и, чтобы не было «накладок», – разнесенными по вертикали.

Структура активных фильтров

Обычно активные фильтры высоких порядков строятся многокаскадными, состоящими, в основном, из каскадов второго порядка, показанных на рисунке 8. Если фильтр – нечетного порядка, один из каскадов может быть первого или, даже, третьего порядка. Для расчета многокаскадных фильтров в [1, 3, 4] даются таблицы с данными для разных порядков и разных видов аппроксимации.

Существуют и другие схемные решения фильтров, два из которых представляют интерес. Одно из них – это биквадратное звено фильтра, содержащее два интегратора и один инвертирующий усилитель. Оно может использоваться для одновременного формирования нескольких передаточных функций второго порядка [1, 10]. В выпускаемых ИМС дополнительно содержится еще один усилительный элемент, благодаря чему порядок фильтра может быть доведен до трех.

Второе решение – это, можно сказать, развитие первого на базе метода так называемых «переменных состояний» [1]. Структурные схемы указанных фильтров первого, второго и более высоких порядков, описываемые для ФНЧ функциями (37), ... (39), показаны на рисунке 16. На рисунке 16 (внизу) показана схема фильтра четного N -го порядка, но фильтры, в общем, могут быть как четного, так и нечетного порядка. Кроме того, они могут быть не только с выходом ФНЧ, но и одновременно с выходами ФВЧ и ПФ (как и для предыдущего фильтра).

По сравнению с многокаскадными, однокаскадные фильтры на рисунке 16 содержат повышенное количество усилительных элементов – операционных усилителей (ОУ). Так, например, фильтры второго порядка на рисунке 8 содержат по одному ОУ, а фильтр того же второго порядка на рисунке 16 (вверху справа) содержит три ОУ (по одному

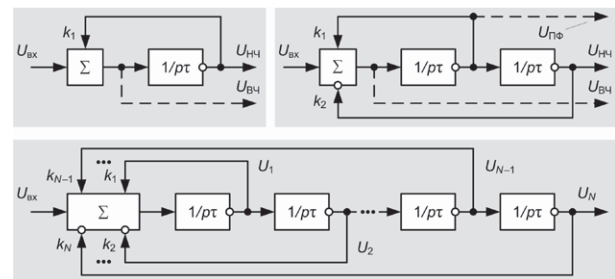


Рисунок 16 – Активные фильтры первого (вверху слева), второго (вверху справа) и N -го (внизу) порядков, использующие структуру «переменных состояний»

в каждом интеграторе и третий ОУ – общий, используемый для инвертирования во входной цепи).

Однако указанное усложнение оправдано. Фильтр со структурой «переменных состояний», как уже сказано, может одновременно выполнять несколько видов фильтрации – нижних и верхних частот и полосовой фильтрации, а с дополнительным суммированием – и других видов. Его схема «прозрачна» и относительно легко рассчитывается. Рассматриваемый фильтр может использоваться, например, при проектировании и обработке различных систем, а затем, на завершающем этапе, заменяться фильтром с более лаконичной структурой.

Рассмотрим указанные фильтры. В упрощенном виде, при коэффициенте обратной связи $k_1 = 1$, передаточные функции фильтра первого порядка (рисунок 16, вверху слева) равны

$$K_{НЧ}(p) = U_{НЧ} / U_{ВХ} = -1 / (1 + p\tau); \quad (52)$$

$$K_{ВЧ}(p) = U_{ВЧ} / U_{ВХ} = p\tau / (1 + p\tau). \quad (53)$$

Передаточные функции фильтра второго порядка (рисунок 16, вверху справа), но уже при $k_2 = 1$, равны

$$K_{НЧ}(p) = U_{НЧ} / U_{ВХ} = 1 / [1 + k_1 p\tau + (p\tau)^2]; \quad (54)$$

$$K_{ПФ}(p) = U_{ПФ} / U_{ВХ} = -p\tau / [1 + k_1 p\tau + (p\tau)^2]; \quad (55)$$

$$K_{ВЧ}(p) = U_{ВЧ} / U_{ВХ} = (p\tau)^2 / [1 + k_1 p\tau + (p\tau)^2]. \quad (56)$$

Аналогичным образом могут быть записаны передаточные функции для фильтров более высоких порядков, а также для фильтра по обобщенной схеме на рисунке 16.

Заключение

В заключение отметим, что фильтры могут выпускаться в виде универсальных ИМС (чипов), на базе которых строятся фильтры требуемой аппроксимации и порядка. При этом к чипу подключаются требуемые резисторы и конденсаторы, а также производятся требуемые соединения. Однако разнообразие применяемых фильтров весьма велико. Поэтому обычно для построения фильтров используются операционные усилители, ассортимент которых достаточно велик. Совершенствование операционных усилителей непрерывно продолжается,

разрабатываются новые усилители. Следует учитывать, что фильтры могут содержать относительно габаритные конденсаторы. Кроме того, в выходных фильтрах, используемых, например, в коммутационных аудио усилителях класса D, содержатся еще и дроссели. Обычно фильтры являются составными частями более сложных устройств. Кроме того, фильтрацией могут сопровождаться и другие процессы, и она косвенно может использоваться, например, в сигма-дельта модуляторах или в цепях частотного преобразования в радиоприемных устройствах.

Выпускаются различного вида руководящие материалы, в которых даются рекомендации по применению конкретных компонентов, а также методики расчета фильтров. К ним относится как рассмотренная выше литература [1, 3, 4], так и другие источники, в частности [5, ... 12]. Данную работу можно рассматривать в качестве введения в аналоговые фильтры.

Информацию о компонентах для построения фильтров и других устройств можно получить в НПФ VD MAIS (info@vdm.kiev.ua), являющейся авторизованным дистрибьютором фирмы Analog Devices и других фирм в Украине. Для отработки разрабатываемых устройств с использованием ИМС фирмы Analog Devices возможна бесплатная поставка образцов ИМС через НПФ VD MAIS.

Литература:

1. Лэм, Г. Аналоговые и цифровые фильтры : пер. с англ. — М. : Мир, 1982.
2. Финкельштейн, М.И. Гребенчатые фильтры. — М. : Сов. Радио, 1969.
3. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. — М. : Мир, 1982.
4. Мошиц, Г. Проектирование активных фильтров / Г. Мошиц, П. Хорн ; пер. с англ. — М. : Мир, 1984.

5. Op Amp Applications / by ed. W.G. Jung. — Analog Devices, Inc., 2002, www.analog.com (Ch. 5: Analog Filter / by H. Zumbahlen, p. 5.1–5.134).

6. Zumbahlen, H. Phase Relations in Active Filters, Parts 1, 2 // Analog Dialogue, 41-04 (Apr. 2007), 43-09 (Sep. 2009), www.analog.com/analogdialogue.

7. Analog Devices' Application Note AN-209: 8th Order Programmable Low Pass Analog Filter Using Dual 12-Bit DACs / by B. Slattery (www.analog.com).

8. Analog Devices' Circuit Note CN-0127: 8-Pole Active Low-Pass Filter Optimized for Precision, Low Noise, and High Gain Using the AD8622 and the ADA4062-2 Op Amps / Rev. 0, 1/10 (www.analog.com).

9. Butterworth, S. On the Theory of Filter Amplifiers // Experimental Wireless & The Wireless Engineer, Oct. — 1930. — P. 536–541.

10. Burr-Brown' Application Bulletin: Filter Design Program for the UAF42 Universal Active Filter / by J. Molina, R.M. Stitt. — 1991. — (www.burr-brown.com).

11. Linkwitz Lab' Site: Active Filters, 4 Oct., 2011 (www.linkwitzlab.com/filters.htm).

12. Linkwitz Lab' Site: Crossovers, 4 Oct., 2011 (www.linkwitzlab.com/crossovers.htm).

13. Макаренко, В. Моделирование радиоэлектронных устройств с помощью программы NI Multisim, части 1, ... 9 / В. Макаренко // ЭКис. — 2008. — №№ 1–4, 6–9, 12 (журнал, издаваемый НПФ VD MAIS, www.vdm.kiev.ua).

ПТСС ЗАО «Промтехсервиснаб»

г. Минск, ул. Богдановича, 120 Б, ком. 6,
e-mail: uslugi@zapservis.by,
www.zapservis.by

Тел.: 266-23-94; 266-23-92,
моб.: (029) 676-02-56,
моб.: (044) 773-72-04,
факс: 266-23-94.

Контрактное производство РЭА:

- ✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
 - ✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
 - ✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
 - ✓ Ультразвуковая отмывка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
 - ✓ Нанесение влагозащитных покрытий.
- *Высокотехническое импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.*
- Продажа неликвидов ПКИ для РЭА:**
- ✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.



БелПлата

тел. +375 17 287 85 66

факс +375 17 287 85 65

тел.моб. +375 29 684 43 09

220068, г. Минск, ул. Некрасова, 114,
оф. 238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:

любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:

из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:

защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:

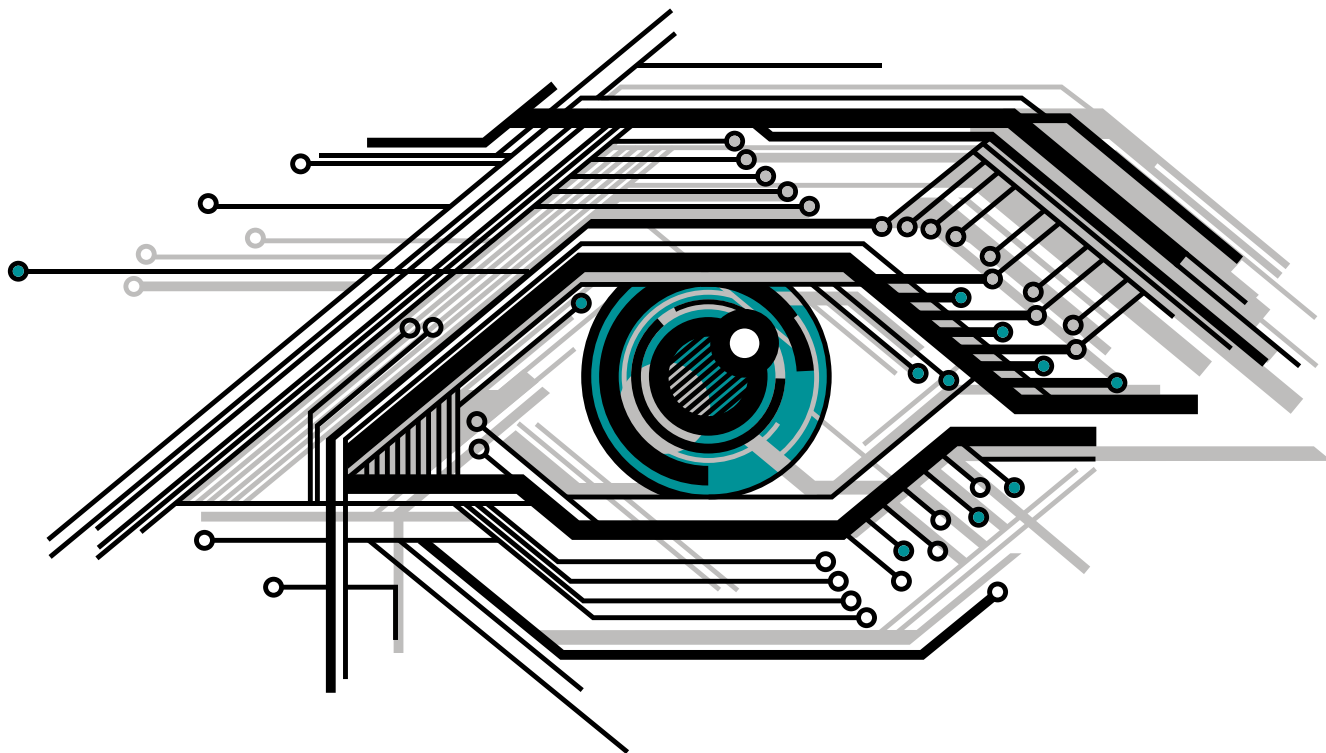
любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов:

STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Индукционные лампы Saturn 40, 80, 120, 150, 290, 300W. В комплекте электронный балласт	80-380 у.е.	ООО «ФЭК»	г. Минск. Тел./ф.: 200-34-23, тел.: 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W.	80-380 у.е.		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	ООО «Альфалидер групп»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	г. Минск. Тел./ф.: 214-73-27, 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 мА) мощностью от 1W до 100W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, НАТАІК			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	от 0,10 у.е.	УП «Алнар»	г. Минск. Тел./ф.: 209-69-97, тел. (029) 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,10 у.е.		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,50 у.е.		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	от 2,20 у.е.		
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	от 0,04 у.е.		
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	г. Минск. Тел./ф.: 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	ООО «Альфалидер групп»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АКІП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	г. Минск. Тел./ф.: 284-11-18, тел.: 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by



- Светодиоды Cree и Philips Lumileds для систем освещения
- Сертифицированные GSM модули и модемы
- Электронные компоненты мировых производителей
- Помощь в проектировании систем освещения и передачи данных
- Производство электронных плат на современном оборудовании

г. Минск, ул. Плеханова, 72, офис 22
тел. +375 (17) 220 76 92
факс +375 (17) 248 88 12
chip@rainbow.by

www.rainbow.by
www.rtcs.ru
www.ibutton.ru
www.light.rtcs.ru
www.rnbo.ru



ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ
КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
ЭЛЕКТРОНИКИ

БЕЛОРУССКИЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ЭЛЕКТРОНИКИ

Контрактное производство электроники

- Автоматический и ручной монтаж печатных плат
- Поставка печатных плат
- Поставка электронных компонентов
- Поставка трафаретов из нержавеющей стали
- Разработка электроники на заказ
- Светодиодная продукция:
светодиодные экраны
светодиодные табло
светодиодные вывески
табло «бегущие строки»
информационные табло
светодиодная продукция для освещения

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
БОЛЬШОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ
ОПТИМАЛЬНЫЕ СРОКИ
ПРИЕМЛЕМЫЕ ЦЕНЫ

Республика Беларусь, 220026
г. Минск, пер. Бехтерева, 8, офис 35
тел.: (+375 17) 205 06 94, 296 31 61
VELCOM (+375 29) 115 35 75
e-mail: info@elcontinent.com
WWW. ELCONTINENT.BY



ООО «Дарвейт»

Отдел продаж:

(375 17) 313-09-03
(многоканальный)
(375 17) 376-55-93
(375 44) 550-90-20
(375 29) 378-47-91

Факс: (375 17) 313-09-03
(375 17) 265-40-47

E-mail: darveyt@mail.ru
www.darveyt.by

**кабель, провод,
электротехническая продукция,
электрические щиты, шкафы,
все для прокладки кабеля**

СО СКЛАДА В МИНСКЕ И ПОД ЗАКАЗ



ООО «Дарвейт»

223053, Республика Беларусь, Минский р-н, д. Боровляны, ул. 40 лет Победы, 17