

# АЛГОРИТМЫ ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

А. А. Цветков

*Сенсорные сети* - развивающаяся технология, которая обещает беспрецедентную способность контролировать физический мир. В настоящее время практически все сенсорные сети являются *беспроводными*. При помощи этого инструмента реализуется множество самых важных задач: мониторинг окружающей среды, детальное исследование и контроль состояния сложных технических конструкций и промышленных предприятий, создание и поддержка инфраструктуры безопасности, эффективное слежение за распределенными целями и объектами.

Приложений сенсорных технологий бесчисленное множество, что свидетельствует об *актуальности* выбранной темы и важности исследований данного направления.

Сенсорная сеть позволяет кодировать *объекты* различной физической природы, например:

- объекты, излучающие звуковые волны (птицы, технические средства, летательные аппараты)
- объекты, излучающие тепловые (инфракрасные) волны
- источники вибраций

Одно из важнейших практических приложений сенсорных сетей — реализация слежения за объектами. При этом необходимо решить *задачи обнаружения* объекта и его *локализации в пространстве*. При исследовании акустического поля сенсорный узел будет обнаруживать объект в том случае, если мощность считанного сигнала превышает установленный для каждой конкретной сети порог. К наиболее эффективным методам локализации объектов относится метод триангуляции, при котором минимум три сенсора с достаточной степенью точности локализуют объект. Если известен закон изменения мощности источника звукового сигнала с расстоянием, то математически можно описать область локализации объекта (при этом вычисление положения объекта можно производить непосредственно в одном из узлов).

*Сигналы*, поступающие от источников, могут лежать в различных частотных диапазонах и могут существенно отличаться по мощности. Поэтому реализуются сенсорные сети, рассчитанные на определенный частотный диапазон (например, звуковые волны, 20–20000 Гц) и измеряю-

щие только в определенном интервале интенсивности сигналов (для установки порогов обнаружения).

*Кодирование сигналов* информационных источников является важнейшей составляющей эффективной работы сенсорной сети. У сенсоров есть возможность хранить некий массив данных в своей области памяти (TinyDB). В случае акустических полей хранятся данные об интенсивности пришедшего сигнала. Интервал дискретизации области возможных значений интенсивности определяется требуемой точностью конечных результатов. Эти массивы данных могут быть закодированы и переданы на вычисляющий узел с наименьшими затратами при применении алгоритмов, сводящих избыточность хранимой и передаваемой информации к минимуму.

*Совместная обработка сигналов* (CSP) позволяет существенно улучшить конечные результаты. Существует несколько видов CSP, которые основываются на слиянии решений и слиянии данных. В общем случае, различные узлы в ячейке будут давать комбинацию зависимых (коррелированных) и независимых (некоррелированных) компонент. Оптимальным вариантом является усреднение данных по коррелированным компонентам для улучшения соотношения сигнал/шум и усреднение решений по некоррелированным измерениям для уменьшения статистических вариаций в сигнале.

Важнейшая задача, решаемая с помощью сенсорных сетей, – реализация алгоритмов *слежения за объектами* различной природы, которая включает в себя: инициализацию узла при обнаружении объекта, сбор информации о пути объекта, локальное обнаружение и оценку основных параметров (входные данные для алгоритма слежения), сопоставление данных с модельными и экстраполированными данными, оценку будущей траектории, создание и обновление записей о траектории объекта.

Рассмотрим один из эффективных методов CSP - метод с введением дополнительной задержки при реализации алгоритмов совместной обработки сигналов.

На приведенном рисунке показан результат использования «дополнительной задержки»[1]. Кружками обозначены узлы сети. Слабая линия в центре – путь объекта. Сплошные стрелки – определенные траектории. Штрихованные стрелки соединяют главные узлы при передаче лидерства. Перед тем, как продолжить слежение, те узлы, в которых сигнал соответствует данной траектории объекта, объявляют о намерении продолжить слежение. Они ожидают в течение некоторого периода времени пропорционального логарифму степени согласования измерений. В течение этого времени данные узлы могут получать сообщения от других уз-

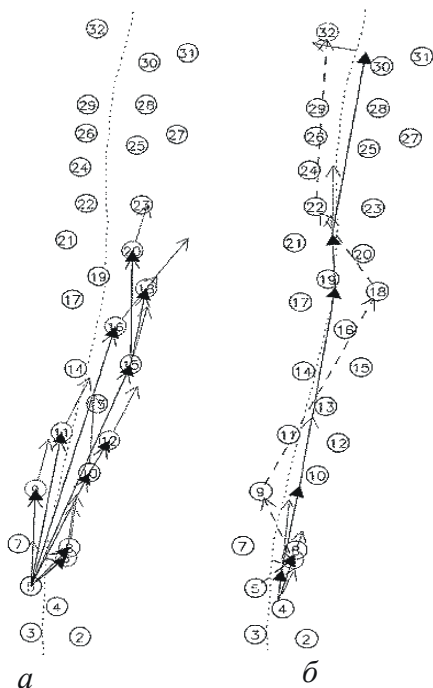


Рис. Пример слежения за целью:  
а – CSP; б – CSP с дополнительной задержкой

лов, сигнал в которых лучше удовлетворяет текущим измерениям, и в этом случае, рассматриваемые ранее узлы прекращают процесс слежения.

Если узел с лучшим уровнем сигнала не найден, данные узлы продолжают слежение. В данном тесте изложенный метод позволяет достаточно точно определить траекторию объекта и учитывает глобальные взаимосвязи в системе.

### ВЫВОДЫ

Узлы сенсорной сети имеют довольно ограниченный источник энергии, поэтому главной задачей является минимизация вычислительных и коммуникационных затрат при сохранении требуемой точности. Сен-

сорный узел должен иметь три энергетических состояния: активное, квазиактивное и состояние мониторинга.

Наиболее эффективным является повышение роли особых узлов, которые будут играть роль сервера (обладать модулем предсказаний траектории в случае ad hoc сетей с TinyOS и TinyDB).

Посредством проведения исследования при помощи симулятора OMNeT++[2] и анализа экспериментальных данных IEEE можно отметить, что при сочетании возможностей модуля предсказаний и принудительного динамического отключения определенных сенсоров, находящихся в активном состоянии, возможно получение более точной траектории движения цели при минимальных энергозатратах (добиться снижения избыточности информации и вычислительных затрат). Кроме того, если объединить данные алгоритмы с описанным в работе способом введения «дополнительной задержки» для сенсоров, которые должны переводится в активное состояние, результат будет соответствовать требуемой точности определения траектории, при этом будут существенно снижены затраты на обработку и передачу данных.

### Литература

1. Brooks R. R., Ramanathan P., Sayeed A. M., Distributed Target Classification and Tracking in Sensor Networks //Department of Electrical and Computer Engineering. University of Wisconsin-Madison, USA, 2002.
2. Документация и программное обеспечение OMNeT++, <http://omnetpp.org>