

КОНТРОЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ НАХОЖДЕНИЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Белорусский государственный университет (г. Минск, Республика Беларусь)

В настоящее время происходит бурное развитие технологий взаимодействия компьютера и человека. Порой, интеграция таких технологий может быть весьма непредсказуемой. Виртуальная реальность и средства ее достижения – не исключение. Данная технология «обманывает» мозг человека. Движение и положение тела в пространстве фиксируется вестибулярным аппаратом, который подает сигналы в мозг. Но вместе с этим в мозг поступает еще и зрительная информация. Показатели могут расходиться, поэтому человек во время нахождения в виртуальной реальности может испытывать различные недомогания, такие как головокружение, головная боль, тошнота. Этому способствуют различные стрессовые ситуации, которые присутствуют в некоторых виртуальных сценах. Соответственно необходимо контролировать состояние человека во время нахождения в виртуальной реальности. Однако данный процесс необходимо автоматизировать, привлекая различные средства мониторинга здоровья. Нужно учесть тот факт, что не все медицинские приспособления могут подойти для контроля показателей организма человека в виртуальной реальности. С помощью средств мониторинга здоровья было разработано приложение для контроля и прогнозирования частоты сердечных сокращений человека.

Введение. Виртуальная реальность (VR) – информационная технология, которая позволяет создавать у людей иллюзии наблюдения и ощущения какого-то искусственного мира, создаваемого при помощи средств информатики и кибернетики. [3]

Виртуальная реальность помещает участников в многомерную компьютерную виртуальную среду (VE), создавая иллюзию пребывания внутри искусственного мира, а также предоставляя способность действовать там. Технология VR позволяет заменить тело участника виртуальным телом, видимым от первого лица. Для полного погружения нужны визуальные, слуховые и тактильные устройства вместе с системой слежения, чтобы информационная технология могла доставить участнику иллюзию нахождения в каком-то месте и то, что происходит в этом месте. [3]

Средства мониторинга здоровья. В 90-е года 20 века была создана технология, которая позволяла удаленно контролировать физиологические показатели человека. Устройства для удаленного мониторинга здоровья (Wearable health devices, WHDs) – это совокупность средств, предназначенных для непрерывного амбулаторного контроля жизненно-важных показателей здоровья человека в повседневной жизни (во время работы, дома, при занятиях спортом) или в условиях клиники [2]. Их преимущество – минимизация дискомфорта и вмешательства в обычную жизнедеятельность человека.

Для того, чтобы контролировать состояние человека, можно выбрать наиболее информативные показатели: ЧСС, артериальное давление, температура тела, гемоглобин и др. Так или иначе, данные показатели связаны между собой и изменение одних приводит к изменению других. Следовательно, чтобы контролировать наличие непредсказуемых изменений состояния человека, можно в некоторых случаях ограничиться измерением ЧСС. В качестве устройств съема показателей был выбран фитнес-браслет, который работает по протоколу Bluetooth Low Energy (BLE) [2].

Беспроводная система регистрации и передачи данных. Bluetooth Low Energy (BLE) – это беспроводная технология связи. Данная технология ориентирована на применение в системах мониторинга и сбора данных с автономным питанием. Концепция технологии направлена на оптимизацию минимального энергопотребления, на уменьшение пикового тока передачи и времени приема за счет коротких пакетов.

Стек BLE состоит из двух основных частей: контроллера и узла сети. Контроллер реализуется в виде системы на кристалле (СНК) и включает в себя физический и канальный уровни. [1]

Узел сети реализован на микроконтроллере приложений и включает в себя протокол адаптации (Adaptation Protocol - L2CAP), протокол атрибутов (Attribute Protocol - ATT), протокол атрибутов профилей устройств (Generic Attribute Profile - GATT), протокол обеспечения безопасности (Security Manager - SM), протокол обеспечения доступа к функциям профиля устройств (Generic Access Profile (GAP)). Взаимодействие между контроллером и узлом сети осуществляется с помощью Host Controller Interface (HCI). [1]

Совокупность BLE устройств можно использовать для построения гибкой сенсорной сети, с целью получения различных физиологических показателей человека в реальном времени.

Построение приложения для взаимодействия с BLE-устройством. Архитектура BLE представляет собой стек протоколов, где большое внимание уделяется протоколу доступа к атрибутам и самим атрибутам. Центральное устройство должно знать, что существует периферийное устройство для связи с ним. Поэтому периферийное устройство будет рекламировать свое присутствие в широкопередаточном режиме BLE. В этом режиме устройство использует профиль общего доступа (GAP) для отправки небольшого количества информации – «рекламы» с постоянной скоростью.

После обнаружения обмен данными между устройствами выполняется с помощью протокола Generic Attribute (GATT). [1]

BLE-устройство располагает базой данных переменных состояния, где эти переменные группируются в службы на основе функциональности. Обычно, данные переменные называют «характеристиками» (см. рис. 1). Характеристика полностью определяется ее объявлением, значением и дескриптором:

- Объявление содержит данные о характеристике, такие как универсальный уникальный идентификатор (UUID).
- Значение представляет собой «полезную» часть характеристики: это значение, которое содержит данные, которые анализируются.
- Дескриптор не является обязательным; его можно использовать для предоставления дополнительной информации о характеристике или для контроля ее поведения.

API-интерфейсы Bluetooth GATT для устройств с низким энергопотреблением предоставляют доступ к объектам и функциям, а не собственно к механизмам передачи. [1]

Прежде чем, получить список служб и характеристик устройства, необходимо провести аутентификацию. Аутентификация состоит из следующих шагов:

1. Настройка auth-уведомлений (для получения ответа) посредством отправки двухбайтового запроса `\x01\x08` в Des (Notification descriptor).
2. **Отправка 16-байтового ключа шифрования** в Char (Auth Characteristic) с командой и добавление двух байт `\x01\x08` + *KEY*.
3. Запрос случайного ключа с устройства с командой посредством отправки двух байт `\x02\x08` в Char.
4. *Получение случайного ключа от устройства (последние 16 байт).*
5. *Шифрование этого случайного номера при помощи 16-байтового ключа, используя алгоритм шифрования AES/ECB/NoPadding (из Crypto.Cipher import AES) и обратная отправка в Char (\x03\x08 + закодированная информация).*

После аутентификации можно перейти к следующему шагу – обнаружению данных, предоставляемых устройством.

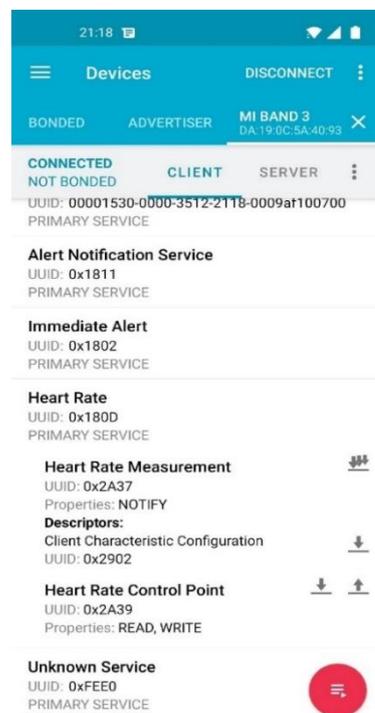


Рисунок 1. Службы и характеристики Mi Band 3

Так как в качестве устройства для мониторинга ЧСС будет использоваться фитнес-браслет Mi Band 3, необходимо убедиться, что к нему можно подключиться и у него существует все службы и характеристики, необходимые для достижения поставленной цели.

Результаты. С помощью средств мониторинга здоровья было разработано приложение для контроля и прогнозирования частоты сердечных сокращений человека. [4]

В ходе первого вида испытания была использована игровая сцена, где есть микрострессовые ситуации, а также небольшая физическая активность пользователя. Можно было заметить, что у пользователя был достаточно стабильный пульс до включения сцены, то есть, когда он не находился в виртуальной реальности. После включения сцены пульс человека стабильно рос, однако позже организм начинал адаптироваться к новым условиям.

Также были проведены эксперименты, в которых 2 человека находились в одинаковой сцене. Можно было сделать вывод о том, что виртуальная реальность оказывает разное воздействие на различных людей, находящихся в одной и той же сцене. Поэтому, чтобы контролировать состояние человека необходимо подбирать индивидуальные параметры, что было реализовано в приложении. Под индивидуальными параметрами можно рассматривать возраст, а также ЧСС покоя и др. [4]

Большинство данных, которые связаны с аритмией, представляет собой временной ряд. Существует большое количество статистических методов анализа составляющих временного ряда и его прогнозирования. В ходе эксперимента был спрогнозирован ход изменений ЧСС человека во время нахождения в виртуальной реальности с помощью различных моделей машинного обучения. В качестве моделей были выбраны наивная, экспоненциальная, линейная регрессия и метод гусеницы (SSA). Наиболее подходящими моделями в нашем случае будут являться линейная регрессия и SSA, которые показали более точные и правдоподобные результаты. В целом, благодаря прогнозированию можно не только предсказывать значения ЧСС человека, но и динамически регулировать состояние виртуальной сцены, если она это позволяет.

Выводы. В результате исследования был проведен контроль пульса человека в обычном состоянии и во время нахождения в виртуальной реальности. Было установлено, что пульс человека может значительно учащаться, когда он находится в виртуальной реальности. При этом могут существовать различные виртуальные стрессовые ситуации, когда пульс может резко подскочить в несколько раз. Поэтому необходимо контролировать состояние человека, чтобы свести вред виртуальной реальности к минимуму. Также удалось спрогнозировать пульс человека на основе нескольких моделей машинного обучения, что позволяет, с одной стороны, предсказать состояние человека в ближайшее время и скоординировать ряд действий по предотвращению рисков.

Результаты данной работы по контролю ЧСС человека в виртуальной реальности могут быть применены для создания классификации сцен виртуальной реальности по степени их влияния на организм человека.

Список литературы

1. Калачев, А. В. Основы работы с технологией Bluetooth Low Energy : учебное пособие / А. В. Калачев, М. В. Лапин, М. Е. Пелихов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 224 с.
2. Кухаренко, И. А. Анализ способов съема частоты сердечных сокращений для применения в носимых устройствах / И. А. Кухаренко // Инновации в науке: материалы Международ. научн. конф., Национ. техн. ун-т Украины, КПИ. – Киев, 2016. – С. 66-71.
3. Spanlang B, Normand J-M, Borland D, Kilteni K, Giannopoulos E, Pomés A, González-Franco M, Perez-Marcos D, Arroyo-Palacios J, Muncunill XN and Slater M (2014) How to build an embodiment lab: achieving body representation illusions in virtual reality, 2014: 1-20 HeartRateMonitor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/LoySander/HeartRateMonitor/tree/development>. – Дата доступа: 01.05.2022.