Услуги передачи данных в беспроводных персональных сетях

Лекция

<u>Сети WBAN</u>

WBAN (**Wireless Body Area Network**) – сеть, которая соединяет независимые узлы (сенсоры), находящиеся на одежде, на теле или под кожей человека. Обычно такая сеть распространяется на все тело человека, а узлы соединены через канал беспроводной связи. Согласно реализации, эти узлы размещаются в топологию звезда или мульти-хоп и затем подключаться к центральному блоку обработки, расположенному на теле или вне его, в качестве альтернативы они могут подключаться непосредственно к нему [1]. Одиночную WBAN можно рассматривать как "персонального сенсорную сеть". Пример информации, которую может отслеживать такая сеть – температура тела, уровень глюкозы в крови, кровяное давление, частота сердечных сокращений, электрокардиограммы (ЭКГ), дыхание и т.д. Эти данные собираются и затем передаются, например, на сервер мониторинга в области здравоохранения. При этом WBAN преодолел ограничение в виде проводов и имеет широкое применение в повсеместном контроле за состоянием здоровья для пациентов и продвинутых спортсменов. В отличие от сенсорной сети, сосредоточенной на статике или малой мобильности, WBAN имеет более высокую скорость перемещения и частые изменения топологии из-за движения пользователя [4].

Технология нательных беспроводных сетей достаточно новая. Ее развитие было обусловлено необходимостью сокращения расходов на здравоохранение, а также повышенное внимание вопросам профилактики и раннего выявления риска заболеваний, таких как сердечно-сосудистые (являющиеся, по данным Всемирной организации здравоохранения, основной причиной смертей в мире) и диабет. Также ее применение стало реальнее за счет распространения ноутбуков, нетбуков, планшетов, смартфонов и др. электроники и их использование на регулярной основе [2, 3].

Таким образом, эти сети зачастую используется для удаленного мониторинга состояния пациента. Кроме того, беспроводные нательный сети – это различные новые медицинские решения, мониторинг параметров тела в домашних условиях, мультимедиа, спорт и другое, в чем эти сети могут иметь преимущество за счет неограниченной свободы передвижения человека [1].

Превосходство беспроводных сетей в медицине перед традиционным мониторингом (физиологические датчики, соединенные с блоком обработки сигнала с помощью громоздких проводов) достаточно велико: провода ограничивают мобильность и комфорт пациента, иногда могут быть и источником инфекций, а случайные движения могут быть причиной помех; покуда как с появлением WBAN пациенту необязательно оставаться в постели, он может перемещаться и даже покидать больницу, что улучшает качество жизни пациента и уменьшает медицинские затраты. Кроме того, данные могут собираться более длительное количество времени и в среде, более естественной для пациента, что позволяет более точный и быстрый диагноз [1, 2].

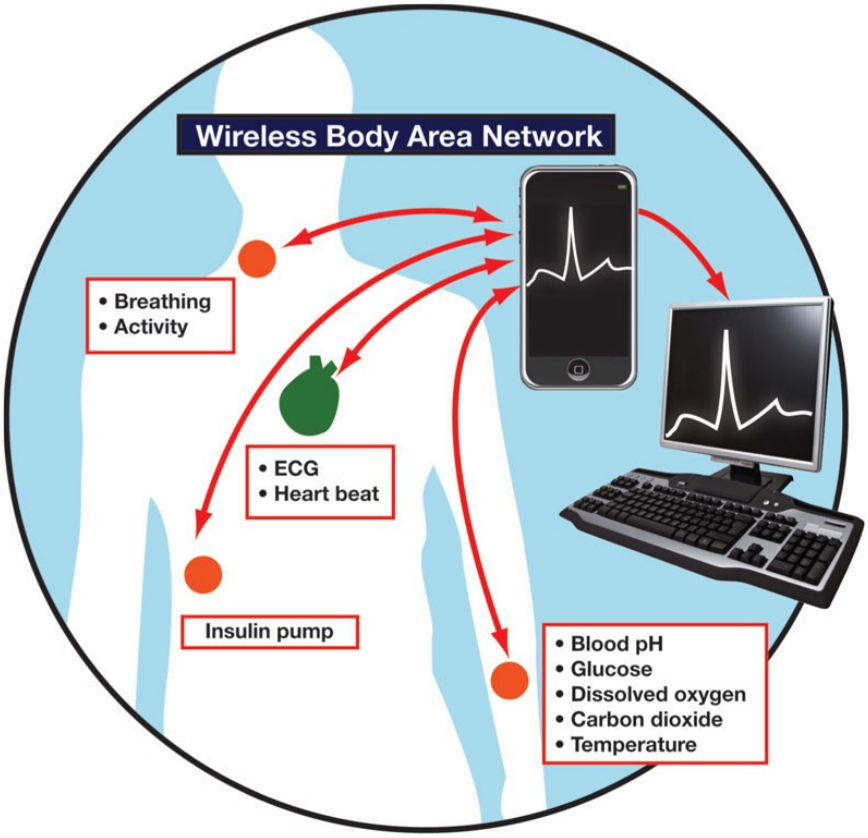

Рис. 1. Типичная беспроводная нательная сеть.

2. Стандарты

Для успешного внедрения БНС требуется стандартная модель, которая будет предназначена как для медицинских, так и для потребительских приложений. В 2007 году Комитет IEEE 802 образовал Целевую Группу, названную IEEE 802.15.6 для стандартизации БНС. Задача Группы заключалась в определении новых Физического уровня и Уровня доступа к среде для БНС. Выбор физического уровня частотных диапазонов был одним из основных вопросов. Доступные для БНС частоты определяются в разных странах соответствующими органами. Диапазон частот Коммуникационной службы медицинских имплантов (КСМИ, Medical Implant Communication Service – MICS) является лицензируемым, используется для связи с имплантами и имеет полосу частот 402-405 МГц в большинстве стран. Служба Беспроводной медицинской телеметрии (СБМТ, Wireless Medical Telemetry Services – WMTS) представляет собой лицензируемую полосу частот для медицинских телеметрических систем. Как КСМИ, так и СБМТ не поддерживают приложения с высокой скоростью передачи данных. Не лицензируемая полоса частот для промышленности, науки и медицины - ПНМ (Industrial, Scientific and Medical – ISM) поддерживает высокоскоростные приложения и доступна повсеместно. Однако при этом имеются большие шансы для интерференции с другими радиосредствами, включая устройства стандартов IEEE 802.1, IEEE 802.11 и IEEE 802.15.4.

Табл. 1

Требования стандарта 802.15.6

Поддерживаем. приложения	Дальность	Скорость передачи данных	Потребляем. мощность	Излучаем. мощность	Размер сети	Безопасность по биолог. параметрам
Медицинские, игровые, развлекательные, спортивные и др.	2 – 5 м в помещении	1 Кбит/сек – 10 Мбит/сек	0,01 мВт – спящий режим 40 мВт - активный (скорость не указана)	25 мкВт (-16 дБм)	Умеренный, до 256 узлов	Да

Для безопасности связи IEEE 802.15.6 определяет три уровня:

1. **Уровень 0** – незащищенная связь.
2. **Уровень 1** – только аутентификация.
3. **Уровень 3** – совместная аутентификация и шифрование [5].

Понимание требований к WBAN является ключом к разработке надежных продуктов в этой области. Датчики WBAN должны характеризоваться легкой конфигурацией, выгодной ценой, низкой мощностью и высокой надежностью. Их упаковка и принцип работы должны быть стерильными для использования вблизи или внутри человеческого тела. Кроме того, беспроводная связь должна быть устойчивой к радиочастотным помехам в окружающей среде от таких источников, как Wi-Fi сети, микроволновые печи и беспроводные телефоны [2].

3. Классификация узлов

IEEE 802.15.6 предложил разделение для узлов WBAN в соответствии с тем, как они реализуются в организме и их роли в сети.

В зависимости от реализации датчики делятся на:

1. **Имплантированные узлы** – узлы, которые помещены внутри тела человека. Они могут быть размещены непосредственно под кожей или значительно глубже внутри тела.
2. **Поверхностные узлы** – узлы, которые расположены на поверхности тела, или на расстоянии от него до 2 сантиметров.
3. **Внешние узлы** – узлы, которые не контактируют с кожей человека и расположены вне тела на расстояниях от нескольких сантиметров до 5 метров [3].

При этом второй тип, как правило, позволяет неограниченное амбулаторное наблюдение за состоянием здоровья в режиме близком к реальному времени. Первый

же тип зачастую используется в активной стимуляции или контроле хронических заболеваний, которые до этого лечились лишь с помощью препаратов [2].

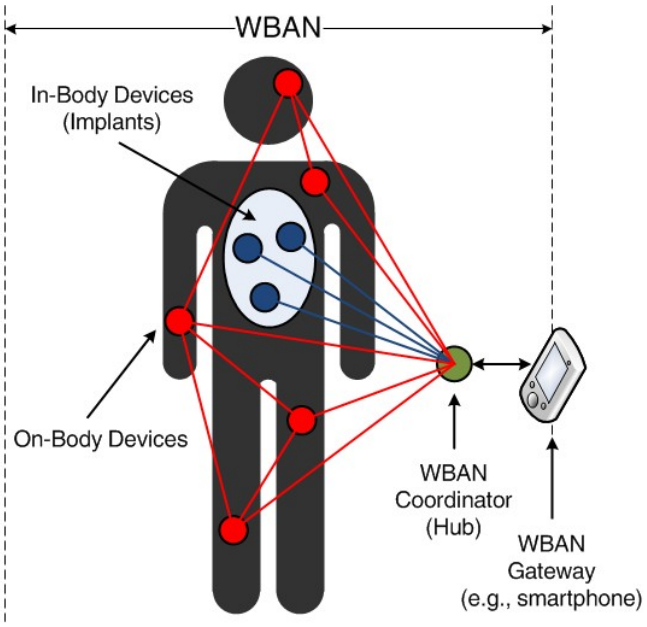

Рис. 2. Узлы в зависимости от реализации

По роли в сети различают:

1. **Координатор** – узел, который работает как шлюз к внешнему миру или к еще одной WBAN, а также является доверительным центром или как место, где другие узлы могут обмениться информацией.

2. **Конечные узлы** – узлы, имеющие какие-то определенные функции и не имеющие доступ к передаче сообщений другим узлам, общаются только с координатором.

3. **Реле** – промежуточные узлы, передающие сообщения между собой и до узла координатора [3].

4. Архитектура системы связи

Структура связи внутри каждой из нательных беспроводных сетей, а также их связь с внешним миром и с другими WBAN обусловлена по большей части тем, что эта сеть не является стационарной – тело человека непрерывно изменяет положение и вместе с этим меняется положение датчиков, поэтому устройства распределены по сети с привязкой лишь к приложению.

Обычно системы WBAN состоят из трех следующих уровней:

1. **Intra-WBAN** – на этом уровне взаимодействие датчиков происходит вокруг и внутри тела пациента. Сигналы связи на этом уровне используются персональным сервером, который работает в качестве шлюза, передающего информацию на следующий уровень.

2. **Inter-WBAN** – уровень соединяет персональный сервер и пользователя (медицинского работника) через точки доступа, которые являются важнейшей частью

сети и должны быть расположены с учётом возможности скорого разрешения чрезвычайных ситуаций. По сути, связь на этом уровне соединяет WBAN с другими системами или сетями так, чтобы информация легко передавалась в другие среды, такие как Интернет.

3. **Beyond-WBAN** – это уровень «общения» с базой данных. Если говорить о медицинских WBAN, то эти базы вмещают историю болезни и определенный профиль пользователя. Данный уровень позволяет также восстановление важной информации о пациентах.

Персональный сервер подключается к данному уровню через точки доступа или может также использовать GPRS/3G/4G, который напрямую будет подключен к 3-му уровню сети без необходимости использования точки доступа [3].

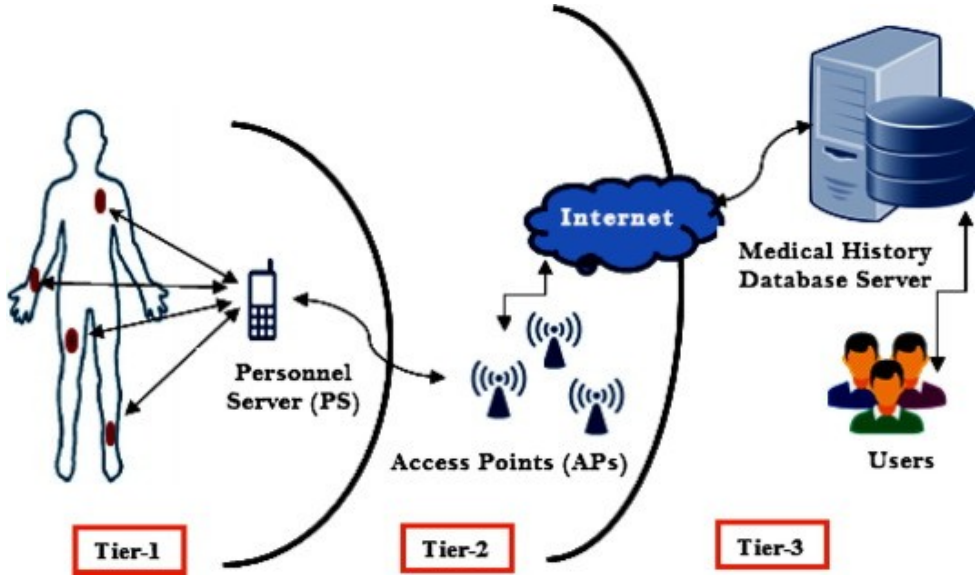

Рис. 3. Уровни системы WBAN

В настоящие дни подключение на всех уровнях, взаимодействующих с WBAN реализуется с использованием нескольких беспроводных стандартов, таких как Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, однако эти стандарты изначально не были изначально разработаны для WBAN приложений. Иногда используются индивидуальные решения исключительно для WBAN, но они могут использовать различные рабочие частоты и быть не совместимы, с другой стороны, они более адаптированы к конкретным потребностям и имеют лучшие характеристики, нежели выше перечисленные стандарты [2].

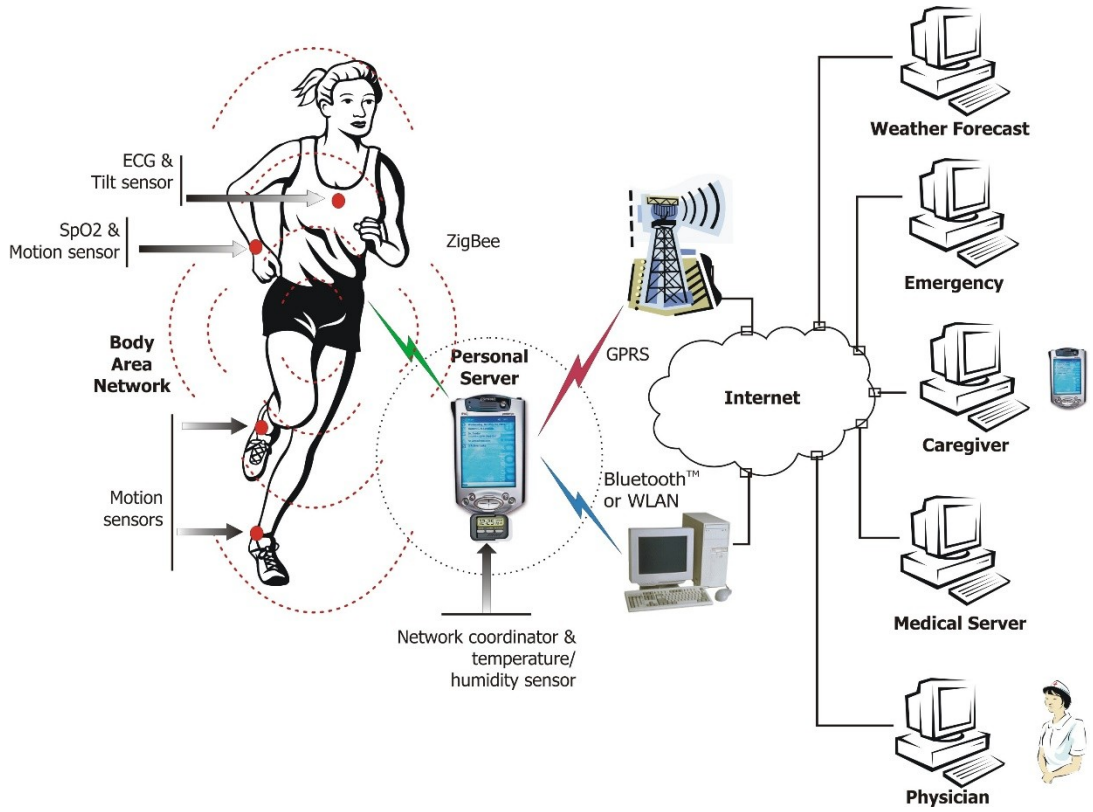

Рис. 4. Пример системы WBAN

5. Проблемы

Проблемы проектирования WBAN включают в себя следующие пункты:

- **Взаимодействие**. WBAN системы должны обеспечивать беспрепятственную передачу данных через стандарты такие, как Bluetooth, ZigBee и т. д., чтобы способствовать обмену информацией между взаимодействующими устройствами. Кроме того, эти системы должны быть масштабируемыми, обеспечивать эффективный переход между сетями и предлагать непрерывное соединение.
- **Форма**. Размер и вес очень важны для датчиков WBAN, так как они непосредственно влияют на комфорт пациента. Чем меньше площадь и масса узла, тем меньше ограничений будет у пациента, однако кроме того датчики должны быть сбалансированы с требованиями сигнал-шум, помехоустойчивостью и эффективностью антенны для беспроводной линии связи. Учитывая, что компании хотят ориентировать WBAN в сторону потребительских приложений, удобство и надежность являются важнейшими факторами.
- **Стоимость**. Сочетание низких цен для мониторинга здоровья с высоким функционалом.
- **Размещение на теле**. WBAN должна быть удобным для надевания и легкой и не должна изменять повседневную деятельность пользователя, обременять его.

- **Питание и потребление тока**. Срок службы батареи является существенным параметром при проектировании WBAN узла. Необходимость частой замены или подзарядки батарей нежелательна для носимых узлов и неприемлема для многих имплантируемых датчиков.
- **Надежность**. При работе с медицинскими устройствами и приложениями крайне важно иметь систему, которая обеспечивает достаточную точность и достоверность данных, так как от этого зависит безопасность пациентов. В том числе следует оценивать задержки и потери на пути между двумя узлами на теле и на других этапах передачи данных, что требует детального изучения поведения антенн WBAN вблизи человеческого тела.
- **Безопасность**. Для того, чтобы защитить частную жизнь пациента и предотвратить взлом сети, узлы WBAN должны осуществлять соответствующие меры безопасности [1,2,6].

5. Применение

WBAN имеют большой потенциал для применения, включая удаленную медицинскую диагностику, интерактивные игры, спорт и военное дело.

Приложения внутри тела включают мониторинг и программу изменений для, например, имплантируемых сердечных дефибрилляторов, реабилитацию движения конечностей и др. Медицинские применения на теле человека включают в себя мониторинг ЭКГ, давления крови, температуры и дыхания.

К немедицинским применениям относятся: мониторинг забытых вещей, контроль за состоянием тела при занятиях спорта, снижение усталости солдат и повышение боеготовности.

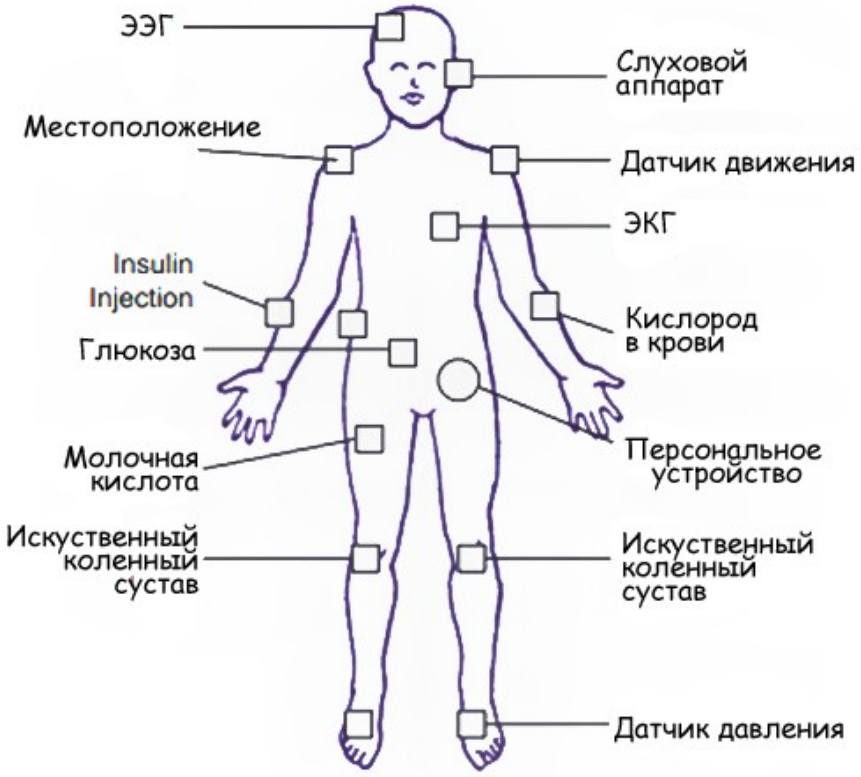

Рис. 5. Пример расположения некоторых сенсоров на теле человека

Некоторые отдельные примеры использования

- **Сердечно-сосудистые болезни**. Многие сердечные заболевания ассоциируются с эпизодическими, а не с непрерывными аномалиями, такими как мерцательная аритмия или ишемия миокарда и время их наступления не может быть точно предсказано, что делает сложным диагностирование и предупреждение их в режиме оффлайн. WBAN является ключевой технологией предупреждения наступления инфарктов, мониторинга эпизодических событий и др. и может быть использована для амбулаторного наблюдения за здоровьем.
- **Обнаружение рака**. Рак остается одной из самых больших опасностей для жизни человека. Множество миниатюрных сенсоров, способных обнаружить раковые клетки могут быть равномерно интегрированы в WBAN. Это позволит медикам диагностировать новообразования без биопсии.
- **Астма**. WBAN могут помочь миллионам людей, страдающих от астмы путем мониторинга аллергенов в воздухе и предоставления медикам обратной связь в режиме реального времени.
- **Искусственная сетчатка**. Чипы с протезом сетчатки могут быть имплантированы в глаз человека, что поможет пациенту с ослабленным зрением или незрячему видеть на адекватном уровне.
- **Поле боя**. WBAN могут быть использованы для связи между солдатами на поле боя и передачи данных об их активности командиру [5].

Список использованных источников

1. Website of research group WAVES. URL: http://www.wica.intec.ugent.be/ (дата обращения 11.12.2016)

2. Iboun Taimiya Sylla. Wireless body area networks: What engineers need to know // EE Times, September 2011. URL: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1279106 (дата обращения 11.12.2016)

3. Samaher Al-Janabia, Ibrahim Al-Shourbajib, Mohammad Shojafarc, Shahaboddin Shamshirbandd. Survey of main challenges (security and privacy) in wireless body area networks for healthcare applications // Egyptian Informatics Journal, 2016.

4. Zhijun Xie, Guangyan Huang, Jing He, Yanchun Zhang. A Clique-based WBAN Scheduling for Mobile Wireless Body Area Networks // 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management. 2014.

5. А.С. Дмитриев, В.А. Лазарев, М.И. Герасимов, А.И. Рыжов. Сверхширокополосные беспроводные нательные сенсорные сети, 2013.

6. Нательная компьютерная сеть // Википедия, свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C (дата обращения 13.12.2016)