

РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

7. Хокинс, Д. Об интеллекте / Д. Хокинс, С. Блейкли. Пер.с англ. – М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2007. – 240с.

Зав. лабораторией медико-физических исследований, доцент, д.т.н. **Д.А. Рогаткин**, rogat-

kin@monikiweb.ru; мл. научный сотрудник лаборатории **Д.Г. Лапитан**, lapitandenis@mail.ru - Московский областной научно-исследовательский клинический институт (МОНИКИ) им. М.Ф. Владимирского, тел. (495)6818984.

УДК: 16.12-073.97-71; 621.39

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЦА

А.А. Уваров, И.А. Лежнина, К.В. Оверчук, В.В. Ерёмин

В статье рассматривается задача технической реализации медицинской системы прогнозирования заболеваний сердечно-сосудистой системы на ранней стадии. Предложена функциональная схема построения медицинской системы с применением беспроводных технологий передачи данных, позволяющая обеспечить непрерывный контроль за состоянием больных группы риска вне лечебного учреждения, а также экстренное реагирование в случае развития опасных ситуаций.

Ключевые слова: электрокардиография, медицинская система, телемедицина, передача данных, GPRS.

Введение

На сегодняшний день является актуальным проведение научных исследований, направленных на совершенствование электрокардиографического метода диагностики сердечно-сосудистой системы путем повышения точности измерительной процедуры и адаптации методов постановки диагноза в соответствии к условиям измерений.

Очевидно, что проблема ранней диагностики частично решается за счет повышения разрешающей способности медицинской измерительной аппаратуры, но, учитывая факт, что в медицинские учреждения чаще всего попадают люди с уже запущенными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, когда проблему можно обнаружить уже известными и распространенными методами, развитие электрокардиографии только в направлении повышения разрешающей способности было бы ошибочным.

Теоретически, можно обязать каждого человека регулярно посещать кардиолога (например раз в полгода), начиная со школьного возраста, но с таким потоком людей не справится ни один кардиологический центр, не хватит оборудования, медицинского персонала. Тем не менее, очень важно регулярно наблюдать за состоянием сердца, наблюдать за динамикой изменения электрокардиограммы.

Анализируя уровень развития техники, данные статистики по количеству регулярно обращающихся пациентов, постоянно увеличивающийся уровень грамотности населения

с точки зрения информационных технологий, финансовые возможности потенциальных пациентов, можно уверенно говорить, что данную проблему можно решить внедрением электрокардиографов для индивидуального применения. Если сравнивать, то это будет аналогия (по способу использования) обычному тонометру. Проблема остается лишь в том, что кардиограф, в отличие от тонометра, является достаточно сложным прибором и в использовании, и в представлении диагноза. Именно поэтому он до сих пор не получил большого распространения, так как возможность решения такой проблемы появилась сравнительно недавно.

Повсеместная доступность средств связи и Интернет - сервисов позволяет развивать такое направление, как «домашняя телемедицина». Это дистанционное оказание медицинской помощи пациенту, находящемуся вне медицинского учреждения и проходящему курс лечения в домашних условиях. Специальное телемедицинское оборудование осуществляет сбор и передачу медицинских данных пациента из его дома в отдаленный телемедицинский центр для дальнейшей обработки специалистами.

То есть в данном случае нужно говорить уже не об отдельном приборе, а о целой медицинской системе контроля и исследования заболеваний сердца на ранней стадии.

Анализ подходов к технической реализации системы

С технической точки зрения это распределенная система регистрации записей ЭКГ

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЦА

пользователей с единым центром сбора, хранения и обработки результатов информации, включающей как сами записи ЭКГ, так и дополнительную информацию о пользователях, необходимую для диагностики и ведения истории наблюдений.

За несколько десятилетий развития теле-ЭКГ систем было выпущено большое количество приборов. Поэтому, проводя обзор, рассматривались не все возможные модели, а лишь наиболее современные. Кроме того, анализировались лишь разработки отечественных производителей, т.к. они показывают уровень развития отечественной аппаратуры. Для краткости и наглядности все ото-

бранные для анализа приборы перечислены в таблице 1.

Общей чертой всех рассматриваемых приборов является использование АЦП низкой разрядности (10-12) бит, а, следовательно, качество сигнала ЭКГ достаточно низкое, что накладывает серьезные ограничения на применение современных методов анализа ЭКГ, а также влияет на точность определения сдвигов по уровню. С другой стороны, такой подход целесообразен для теле-ЭКГ, т.к. доступная скорость передачи не всегда позволяет передать сигнал лучшего качества. Кроме того, в мобильных приборах это позволяет уменьшить энергопотребление.

Таблица 1. Сравнительная характеристика ЭКГ – систем с применением беспроводных технологий передачи данных

Модель	Фирма	Схема	Вид связи	Метрологические параметры
Телекардиан TC-01-02 [www.telecardian.com]	Сольвейг	2	GSM/GPRS	Диапазон входных напряжений (0,01÷10,0) мВ Частотный диапазон (0,05÷40) Гц Разрядность АЦП - 10 бит Частота записываемого сигнала - 256 Гц
Астрокард-Телеметрия [www.astrocard-meditek.ru]	Медитек	3	Не указан, цифровая передача по радиоканалу**	Не указаны
Телекард [www.tredex-company.com]	TREDEX	2	GSM/GPRS	Не указаны
Радиохолтер [www.tredex-company.com]	TREDEX	3	Не указан, аналоговый радиоканал**	Не указаны
Поли-Спектр-Радио [www.neurosoft.ru]	Нейро-софт	4	Радиоканал, несущая частота 900 МГц, тип связи не указан	Диапазон входных напряжений - не указан Частотный диапазон (0,05÷35) Гц Разрядность АЦП - 12 бит Частота записываемого сигнала 250/500 Гц
Cardiovit AT-101 Tele [http://www.schiller.ru/]	Schiller	1	PC*, Ethernet, GSM/GPRS	Диапазон входных напряжений - не указан Частотный диапазон (0÷150) Гц Разрядность АЦП - не указана Частота записываемого сигнала - не указана
Линейка приборов Tele-EKG EHO	Pro-Plus	4	GSM/GPRS, Bluetooth (для связи с моб. тел.), WiFi, RS-232 (к ПК)	Диапазон входных напряжений - не указан Частотный диапазон (0,05÷100) Гц Разрядность АЦП - 10 бит Частота записываемого сигнала - 250 Гц
Tele-ECG-Loop-Recorder 3100/3300BTd	Vitaphone	4	Bluetooth (для связи с моб. тел.)	Диапазон входных напряжений - не указан Частотный диапазон (0,05÷40) Гц Разрядность АЦП - 12 бит Частота записываемого сигнала 200 Гц
CONTEC8000W Tele-ECG Workstation	Contec	1	3G, Wi-Fi	Диапазон входных напряжений - от 20 мкВ Частотный диапазон (0,05÷150) Гц Разрядность АЦП - 12 бит Частота записываемого сигнала 500 Гц
Infinity M300 [www.draeger.com]	Dräger	3**	Wi-Fi**	Не указаны

Для передачи записей применяются в основном мобильные сети стандарта GPRS. При этом иностранные производители предоставляют большой набор средств передачи, по сравнению с российскими – 3G, Bluetooth, Wi-Fi, Ethernet, – вероятно, это связано с большим распространением беспроводных технологий в западной Европе. Также российские фирмы выделяются применением

радиочастотных каналов собственной разработки. Насколько оправдан такой подход, сложно судить ввиду отсутствия достаточно подробной информации. Однако, можно точно сказать, что это негативно сказывается на универсальности таких решений, а также усложняет внедрение и эксплуатацию за счет необходимости установки, настройки и поддержки уникального оборудования, незнако-

РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

мого широкому кругу специалистов. Также отрицательным фактором такого подхода является малая дальность действия. Например, прибор Поли-Спектр-Радио фирмы «Нейро-софт» позволяет отдаляться от станции не более чем на 300 м. И даже 3000 м, которые производитель обещает получить в перспективе [1], – слишком малы даже по меркам среднего российского города.

Наиболее перспективным подходом для построения систем теле-ЭКГ, безусловно, является применение мобильного Интернета, а также внедрение *Bluetooth* контроллеров для связи с мобильными телефонами. Уже сегодня большое распространение получила связь 3G, а в мегаполисах активно внедряется беспроводной доступ четвертого поколения 4G, который дает возможность передавать сигналы высокого качества (с частотой дискретизации порядка 2000 Гц и разрешением до 24 бит) в реальном времени, либо с небольшой задержкой.

Критерии оценки

С целью выбора технологии передачи данных, подходящей для применения в составе телекоммуникационного канала, был составлен обзор существующих коммуникационных технологий и произведена их оценка по ряду следующих параметров:

- предельная скорость передачи информации - позволяет определить принципиальную возможность или невозможность передачи

объемов данных, регистрируемых электрокардиографом;

- дальность передачи информации - должна позволять, по крайней мере, передать данные регистрации до ближайшего пункта диагностики
- распространенность технологии - дает возможность массового внедрения разрабатываемой техники;
- надежность передачи информации – определяет, насколько точно и с какими потерями будет передана информация;
- стоимость внедрения - влияет на конечную стоимость изделия, а значит, на его рыночную привлекательность.

Кроме того, технология должна обеспечивать мобильность абонента, необходимую для создания индивидуальных приборов непрерывного контроля.

Для наглядного сравнения представленных стандартов доступа в Интернет составлена сводная таблица 2, отражающая в количественной или качественной мере интересные параметры. В скобках в графе скорость указана реальная скорость передачи данных, доступная пользователям. Различие в реальной и теоретической скорости объясняется существованием различных стандартов в рамках одной технологии. Зачастую некоторые из этих стандартов широко не используются. Кроме того, на скорость оказывает влияние загруженность сети, уровень помех, удаленность от приемопередатчика и т.д.

Таблица 2. Сравнение параметров беспроводных технологий передачи данных

Технология	Скорость, бит/с	Дальность	Распространенность	Надежность	Стоимость	Мобильность
Dial-Up	≤ 56 к	-	Низкая	Низкая	Низкая	Нет
ADSL	≤ 24 М (≤ 4 М)	-	Высокая	Высокая	Средняя	Нет
Ethernet	≤ 100 М (≤ 10 М)	-	Высокая	Высокая	Средняя	Нет
WiMAX	≤ 75 М	25-80 км	Низкая	Высокая	Высокая	Выше среднего
Мобильный интернет	≤ 100 М (100-200к)	В зоне покрытия	Выше среднего	Средняя	Средняя	Высокая
Спутниковый интернет	≤ 16 М	Неограниченная	Низкая	Высокая	Очень высокая	Очень высокая

При анализе полученной таблицы, прежде всего, были признаны неподходящими варианты с низкой надежностью и низкой распространенностью, т.к. эти показатели больше остальных влияют на возможность практической реализации. Таким образом, среди потенциальных «лидеров» остались технологии *ADSL*, *Ethernet* и мобильный Интернет. Несмотря на то, что *ADSL* и *Ethernet* превосходят мобильный Интернет практически по

всем показателям, выбор был сделан именно в пользу последнего. Данное решение стало компромиссом между скоростью передачи и мобильностью. Специфика применения персонального электрокардиографа (как для домашнего стационарного, так и для мобильного применения миниатюризация компонентной базы делает различие между ними несущественными) требует, чтобы пациент был в состоянии свободно передвигаться и жить в

привычном режиме, что требует мобильности от прибора. Вместе с тем в случае экстренной ситуации всегда должна быть возможность передачи данных в диагностический центр для принятия решения. Такую возможность обеспечивает только применение технологий доступа в Интернет с использованием сетей мобильной связи. Стоит также отметить, что данный способ связи перспективнее остальных, т.к. в последние годы все больше внедряются высокоскоростные виды мобильного доступа, такие как 3G и 4G, позволяющие передавать данные со скоростями, сравнимыми с проводным доступом. Однако на данный момент реальная пропускная способность мобильного Интернета составляет порядка (100-200) кбит/с. Такая скорость теоретически позволяет организовать передачу сигнала одного отведения с такой же скоростью, с какой происходит его регистрация (т.е. потоковую передачу), а в оптимистическом варианте даже потоковую передачу трех отведений для осуществления, при необходимости, непрерывного контроля над состоянием пациента.

Говоря о применении мобильного Интернета, стоит уточнить, что подразумеваются не все стандарты связи, объединяемые под общим названием, а лишь самые доступные из них, а именно – *GPRS*, *EDGE*, *3G*. Данные стандарты поддерживаются практически всеми операторами мобильной связи, а площадь покрытия сети дает возможность говорить о, практически повсеместной достигаемости.

Проектирование медицинской системы

Пропускная способность w , требуемая для передачи высококачественного сигнала в реальном времени рассчитывается следующим образом:

$$w = p \cdot r \cdot n,$$

где p – разрядность АЦП; r – частота дискретизации; n – количество одновременно работающих каналов (в формуле не учитывается паразитный и сервисный трафик, т.к. подразумевается, что его величина пренебрежимо мала по сравнению с основным потоком данных).

В соответствии с данной формулой, для 24-битного АЦП, производящего оцифровку с частотой 2000 выб/с и работающего в составе разработанного 3-канального прибора, потребуется пропускная способность 144 кбит/с или 18 кб/с, что вполне достижимо в современных *GPRS* сетях. Однако, такие сети не всегда стабильны. Вышеназванное обстоятельство требует механизма защиты от сбоев в передаче. В связи с этим в приборе реализуется функция буферизации записи в памяти *SD* карты с последующей передачей в диагностический центр по требованию пользователя [2].

Разработана обобщенная функциональная схема системы, включающая в себя три основных компонента: сеть устройств регистрации, подсистему передачи данных и центральную станцию (рисунок 1).

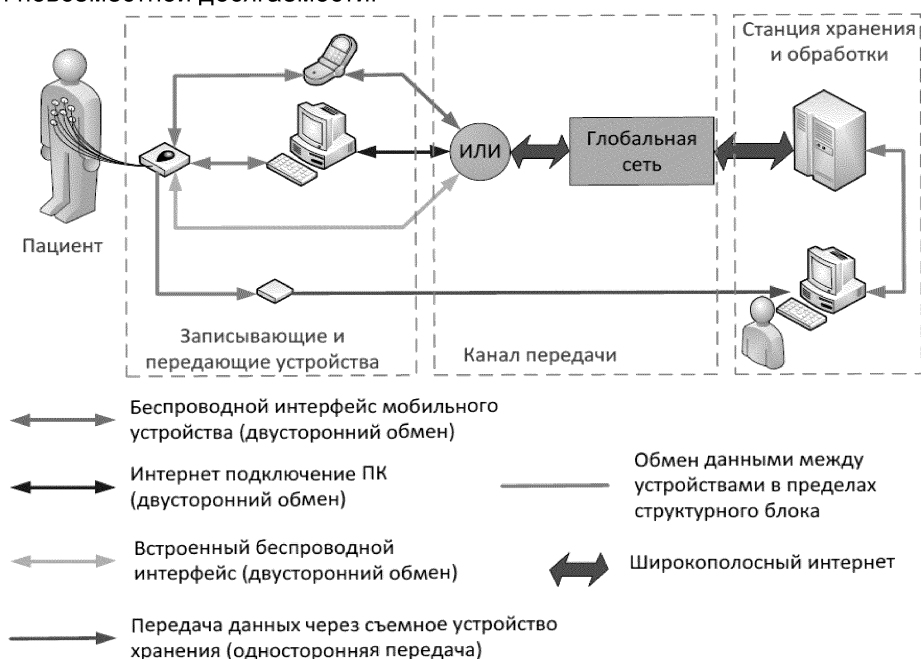


Рисунок 1 – Обобщенная функциональная схема системы

РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Набор интерфейсов включает USB-интерфейс и сети мобильной связи GSM/GPRS/3G. Отрывок сигнала длиной в 1с потребует для своего хранения 32000 бит. Такой объем данных вполне может быть передан по современным каналам, но проблема состоит в том, что связь может быть не всегда доступна.

В этой ситуации требуется сохранение записи во внутренней памяти устройства и последующая передача на сервер. Так, для хранения часовой записи понадобится примерно 13,73 Мб памяти; за сутки наберется 329,6 Мб. В разработанном электрокардиографе предусмотрено сохранение записей на SD-карту с последующим копированием файлов на ПК.

Включение в состав прибора беспроводных средств связи позволит обеспечить непрерывный контроль за состоянием больных группы риска вне лечебного учреждения, а также экстренное реагирование в случае развития опасных ситуаций.

Работа выполняется при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., в рамках реализации мероприятия № 1.3.1 Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук, проект "Разработка и исследование телекоммуникационно-

го канала для электрокардиографа на наноэлектродах для массовой ранней диагностики различных заболеваний сердца человека", ГК №16.740.11.0769.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт компании Tredex. Транстелефонный цифровой 12-канальный ЭКГ комплекс «Телекард» - ЭКГ по телефону. Режим доступа: http://www.tredex-company.com/product_show.php?id=13.
2. Авдеева, Д.К. Новые возможности электрокардиографа на наноэлектродах для индивидуального применения с телекоммуникационным каналом/ Д.К. Авдеева, И.А. Лежнина, М.М. Южаков, Уваров А.А. и др.//Вестник науки Сибири.-2012г. - №4(5). - С.54-59.
3. Дмитриев, С.Ф., Ишков А.В., Лященко Д.Н., Федорук В.С. Особенности применения беспроводных линий связи в виртуализированных измерительных приборах метода вихревых токов/ С.Ф. Дмитриев, А.В. Ишков, Д.Н. Лященко, В.С. Федорук// Ползуновский вестник. -2011. - №3/1. -С. 76-80.

А.А.Уваров, аспирант, UAA@tpu.ru; к.т.н., доцент И.А.Лежнина, доцент, inna84-08@mail.ru; К.В.Оверчук, магистрант, kirill_ovk@mail.ru; В.В.Ерёмин, магистрант, EreminVladimirV@gmail.com; - Национальный исследовательский Томский политехнический университет, кафедра информационно-измерительной техники, (382-2)41-81-48.