

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КАРДИОЛОГИИ

ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ. ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.

И.Г. Майорников, ведущий инженер,
В.П. Ткаченко, заместитель директора, к.ф.-м.н.,
компания «ЮТАС»

В современном мире эффективная работа системы здравоохранения невозможна без внедрения передовых технологий передачи, хранения и обработки информации. Нам хорошо известны трудности, с которыми сталкиваются сегодня медицинские учреждения, где обмен информацией, как внутри структуры, так и с внешним миром, осуществляется «по старинке». Не нужно доказывать читателю, что одним из путей выхода отечественной системы здравоохранения на современный уровень обслуживания пациентов является активное внедрение информационных технологий.

Создание единого информационного пространства приведет к оптимизации документооборота, повышению скорости поиска и надежности хранения медицинских записей пациента. Это позволит во много раз ускорить анализ и оценку состояния здоровья пациентов, установление диагноза, сэкономить время, человеческие ресурсы, и, как результат, существенно повысит качество оказываемых медицинских услуг.

Среди медицинских записей пациента особое место занимает электрокардиограмма (ЭКГ), как наиболее важный и показательный биометрический сигнал человека. Задача качественной регистрации, анализа и хранения ЭКГ более чем актуальна для практикующих кардиологов. Кроме того, существует проблема качества интерпретации ЭКГ, что приводит к недостаточной выявляемости пациентов с опасными нарушениями сердечной деятельности.

Внедрение телеметрического комплекса с электронной базой данных ЭКГ, как элемента системы электронного здравоохранения и телемедицины — существенный шаг на пути создания единого информационного пространства (национальной системы электронных медицинских записей). Опыт внедрения подобных телеметрических систем уже существует [1–2], однако эти системы несут преимущественно локальный характер и поэтому не всегда способны решать задачу в полном объеме. Ведь максимальный положительный эффект работы системы можно ожидать, решая задачу комплексно и в общенациональном масштабе.

Кроме того, надо понимать, что проблема создания единого информационного пространства — комплексная и, кроме сугубо технических, включает множество других проблем, связанных с несовершенством законодательной базы, неразрешенностью ряда

этико-правовых вопросов доступа к информации о пациенте, инертностью существующей системы здравоохранения и пр. Рассуждения о нетехнических вопросах могут быть отдельной темой для обсуждения. Мы же остановимся на технических аспектах реализации телеметрической системы.

Основная задача телеметрического комплекса для кардиологии — качественная регистрация, прием, анализ и хранение электрокардиограмм для обеспечения удаленной профессиональной консультации со специалистом-кардиологом, проведения мониторинга, контроля и патронажа пациента, и ряда других мер, направленных на оказание своевременной медицинской помощи независимо от места нахождения пациента и врача.

Функционирование телеметрического комплекса подразумевает:

- регистрацию ЭКГ с помощью диагностического прибора (электрокардиографа);

- последующую передачу зарегистрированных сигналов через один из доступных каналов передачи данных в диагностический центр;
- документирование (ведение базы данных) и обработку полученной информации в диагностическом центре;
- принятие решения специалистом (консилиумом специалистов) на основе имеющихся данных о пациенте (предыдущие записи, история болезни и другие данные о пациенте);
- обратную связь с пациентом и/или медицинским персоналом для оказания своевременной медицинской помощи.
- Таким образом, можно выделить следующие основные элементы системы:
- диагностический прибор (электрокардиограф);
- способы и средства приема-передачи данных;
- диагностический центр (документирование, база данных, обработка);
- способы и средства проведения удаленной консультации;
- способы, средства и возможности для оказания необходимой своевременной медицинской помощи.

На первый взгляд, все достаточно просто. Однако при реализации подобной системы необходимо придерживаться основных ключевых принципов, которые существенно влияют на эффективность, потребительские свойства и, как результат, на конкурентоспособность телеметрического комплекса в целом.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Диагностическое качество регистрируемых сигналов.

Очевидно, что для проведения действительно профессиональной удаленной консультации необходимо специалисту в диагностическом центре:

- иметь перед собой результаты регистрации ЭКГ пациента диагностического качества;
- иметь возможность исследования сигналов в динамике, а для этого все записи сигналов должны быть сопоставимы, т.е. соответствовать единому метрологическому стандарту

(причем независимо от фирмы производителя регистрирующего прибора);

- специалисту, проводящему регистрацию ЭКГ сигналов (медицинскому персоналу у постели больного):
 - наблюдать и фиксировать (сохранять, печатать) сигналы соответствующего качества для текущего обсуждения и консультирования со специалистом диагностического центра;
 - иметь возможность пользоваться прибором (электрокардиографом) независимо от диагностического центра, как для проведения неотложной консультации, так и для рутинных исследований (при использовании в медпунктах, ФАПх, машинах скорой помощи и пр.).

Такие возможности может дать использование в качестве диагностического прибора только полнофункционального электрокардиографа — привычного в использовании любому медицинскому персоналу **прибора профессионального класса**, соответствующего всем метрологическим нормам и стандартам, к тому же с возможностью передачи данных.

К сожалению, на сегодняшний день в большинстве существующих электрокардиографических телеметрических системах в качестве диагностического прибора используются лишь регистраторы с возможностью передачи результатов измерения. Обычно с целью миниатюризации и экономии такие регистраторы максимально упрощены. Зачастую в борьбе за компактность и возможность передачи данных страдает качество регистрируемого сигнала. А это может быть оправдано лишь в ряде конкретных ситуаций — например, при мониторинге состояния пациента, когда основной диагноз уже известен. Кроме того, такие регистраторы лишены средств ввода-вывода информации (отображение, печать, сохранение сигналов, ввод данных пациента), что значительно сужает границы их применения и исключает их использование в повседневной практике вне рамок телеметрического комплекса.

Использование существующих цифровых технологий передачи данных. Учитывая современные тенденции

в информатизации большинства аспектов нашей жизни и новейшие достижения в области телекоммуникаций, процесс развития всевозможных средств и систем передачи данных давно уже является определяющим фактором эволюции техники. Естественно, говоря о передаче данных, мы подразумеваем именно цифровые технологии ввиду их неоспоримого превосходства над аналоговыми [3] по уровню помехозащищенности, надежности, а сегодня уже и скорости передачи. Телекоммуникационная отрасль достаточно развита, продолжает плодотворно совершенствоваться, имеет огромные перспективы в будущем и на сегодняшний день уже обладает большим багажом проверенных и надежных решений.

Разработчикам медицинской техники логично воспользоваться уже готовыми и развивающимися независимо от медицины технологиями передачи данных, не тратя времени и сил на поддержку, придумывание новых и модернизацию устаревших специальных средств передачи данных (например, систем аналоговой или цифро-аналоговой транселефонной электрокардиографии и т.п.). Это позволит концентрироваться на совершенствовании именно медицинских аспектов создаваемых приборов и систем, не теряя в целостности, качестве и удобстве передачи данных на расстояние.

Использование стандартных встраиваемых технологий цифровой передачи данных позволяет системе:

- быть гибкой, способной к модернизации и интеграции в существующие сети телекоммуникаций;
- экономить время и усилия при поддержке и обслуживании коммуникационного оборудования;
- избавить конечного пользователя (врача выездной бригады, пациента и др.) от необходимости иметь дополнительное специальное оборудование, знать все тонкости технологий передачи данных и использования компьютера.

Эти характеристики делают систему доступной широкому кругу потребителей, а внимание специалистов при этом акцентирует-

ся на качестве регистрируемых сигналов.

Задача прибора, в итоге, состоит в том, чтобы подготовить качественные данные в необходимом стандартном цифровом формате и отправить их по любому из доступных каналов связи, максимально упростив участие пользователя (врача, пациента и др.) в этом процессе.

Интероперабельность системы. Поскольку перед диагностическим центром стоит задача документирования сигналов конкретных пациентов, сравнения с предыдущими записями того же пациента, получения дополнительной медицинской информации о пациенте (лабораторные исследования, выписки), то, естественно, важна совместимость и возможность интеграции комплекса в другие существующие информационные системы (интероперабельность). Например, такие как МИС (медицинская информационная система) TherDer [4], МИС «Доктор Элекс» [5], интеграционная платформа Ensemble от InterSystems [6].

Для обеспечения совместимости, записи сигналов должны соответствовать всем международным и региональным метрологическим нормам и стандартам, а все данные о пациенте должны храниться (в крайнем случае, иметь возможность конвертации) в международном стандартном формате, приемлемом для всех специалистов, для специализированного программного обеспечения (ПО) и ПО сторонних производителей.

Кроме того, информационная система должна позволять врачу, независимо от места его нахождения, иметь доступ к данным пациента, но естественно с соблюдением всех мер защиты и безопасности информации и учетом этического-юридических аспектов доступа к медицинским данным пациента.

Следует отметить, что технологии создания, ведения, организации доступа, поддержки систем хранения большого количества данных (СУБД, GRID-системы и др.), организации удаленных консультаций (телеконференции и пр.) достаточно развиты и постоянно совершенствуются, являясь независимыми направлениями информационной индустрии. И

они уже имеют большое количество наработок и готовых решений, которыми при необходимости можно воспользоваться, что существенно упрощает разработку и, что самое главное, поддержку системы.

Говоря об удаленной кардиологической диагностике, необходимо подчеркнуть важность интеграции телеметрического комплекса в систему здравоохранения, и, прежде всего — в систему оказания срочной и неотложной медицинской помощи. Ведь без этого компонента система не может называться полной и служить главной цели — оказания своевременной медицинской помощи. Обеспечение совместимости, безусловно, расширяет возможности удаленной диагностики, консультации с другими специалистами, адекватность и скорость реакции системы и т. п.

ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ

Учитывая указанные выше принципы, телеметрический комплекс можно представить как систему, состоящую из отдельных элементов — кубиков, каждый из которых технологически отлажен в своей собственной сфере. Разработчику комплекса остается лишь собрать систему из уже готовых и проверенных в смежных областях кубиков-модулей и адаптировать ее под нужды конкретного применения. При грамотном подходе это значительно упрощает разработку, позволяя правильно распределить задачи, сокращает время выхода продукта на рынок, повышает гибкость системы, упрощает поддержку и обслуживание системы после ее сдачи в эксплуатацию.

Способов реализации системы, как комбинаций кубиков можно предложить множество. Каждый из них имеет свои особенности. В основном это касается требуемого масштаба комплекса, способов построения телеметрической сети приборов и организации их взаимодействия с диагностическим центром. В меньшей степени это касается реализации самого диагностического прибора (электрокардиографа), как элемента системы, т.к. согласно выше изложенным принципам он

должен быть стандартизирован как по метрологическим параметрам, так и в части использования коммуникационных возможностей. Т.е. исполнение прибора подразумевает возможность его использования в любом варианте реализации телеметрической системы и без нее.

Так, специалистами компании «ЮТАС» разработан и применяется в клинической практике вариант телеметрического комплекса с базой данных ЭКГ UNET.

Телеметрический комплекс UNET включает:

- диагностический центр;
- сеть диагностических приборов.

В качестве диагностического прибора, как основного элемента системы здесь используется широко распространенный и знакомый широкому кругу медицинского персонала компактный, переносной электрокардиограф ЮКАРД-100, соответствующий всем принятым стандартам в профессиональной электрокардиографии, но для применения в рамках телемедицинского комплекса снабженный встроенным коммуникационным модулем, который расширяет выбор доступных каналов связи для передачи данных.

Итак, на сегодняшний день, серийно выпускаемый электрокардиограф ЮКАРД-100 представляет собой комбинированный прибор, включающий в себя:

- высококлассный 12-ти канальный ЭКГ регистратор;
- цветной дисплей для визуализации ЭКГ и параметров работы;
- скоростной термопринтер с высоким качеством печати;
- встроенную систему хранения, анализа и интерпретации ЭКГ;
- встроенный коммуникационный модуль, включающий в себя:
 - USB;
 - Bluetooth;
 - проводной стандартный модем (Dial-up);
 - беспроводной модем стандарта GSM 900/1800 (технологии передачи данных CSD, GPRS и пр. надстройки).

Телеметрический комплекс позволяет использовать электрокардиограф как в рамках телеметрического комплекса для проведения срочной или отложенной удаленной консультации, так и в

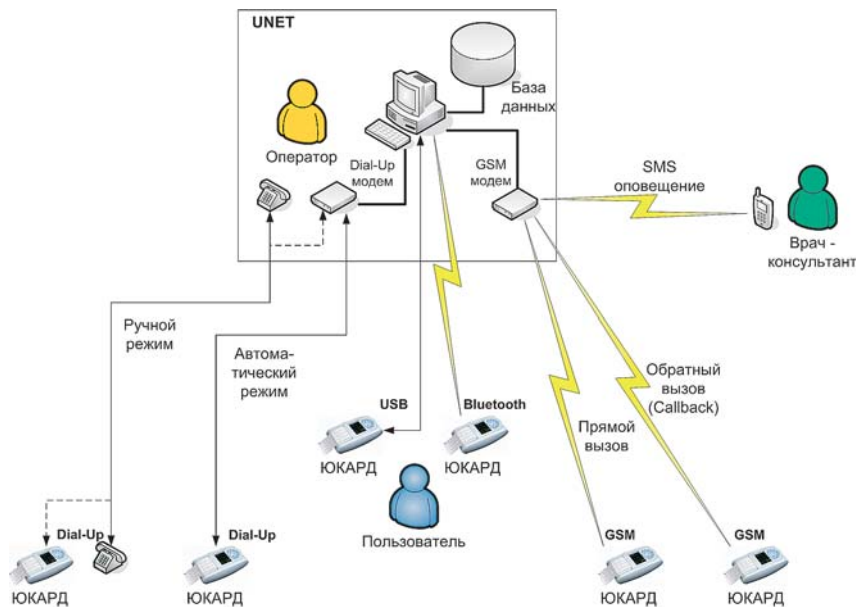


Рис. 1. Локальный вариант телеметрического комплекса UNET

повседневной практике медицинским персоналом

- экстренной медицинской помощи и медицины катастроф;
- сельской и семейной медицины;
- лечебных и профилактических учреждений;
- отраслевой медицины.

Прибор удобен в настройке и использовании, предоставляет пользователю (медицинскому персоналу, осуществляющему регистрацию ЭКГ) удобную и гибкую систему выбора технологий передачи данных между прибором и диагностическим центром, используя стандартное оборудование и общедоступные на сегодняшний день телекоммуникационные сети. При унификации стандартов представления ЭКГ записи может быть адаптирован к любым телеметрическим задачам.

Сам же диагностический центр локального телеметрического комплекса UNET представляет собой автоматизированное рабочее место врача кардиолога-консультанта, и аппаратно включает в себя:

- ПК с установленным программным обеспечением;
- стандартные проводной (Dial-up) и/или беспроводной (GSM) модемы, подключаемые к ПК.

Функционирование комплекса показано на рисунке 1.

На рисунке функции специалиста в диагностическом центре организационно разделены на Оператора и Врача-консультанта,

хотя это может быть и один человек. Пользователем является медицинский персонал, непосредственно работающий с прибором.

В рамках обсуждаемого варианта телеметрического комплекса UNET передача записей ЭКГ в базу данных диагностического центра может осуществляться:

1. Непосредственно в диагностическом центре, используя подключение через USB или Bluetooth.
2. Удаленно через канал проводной телефонной связи:
 - в автоматическом режиме;
 - в ручном режиме при использовании параллельного телефона.
3. Удаленно через канал сотовой связи (GSM) в автоматическом режиме:
 - в режиме прямого вызова;
 - в режиме обратного вызова (диагностический центр перезванивает на GSM модем электрокардиографа — в этом случае стоимость передачи данных оплачивает диагностический центр).

При этом нет необходимости обязательного постоянного присутствия консультанта возле коммуникационного оборудования для принятия каждой зарегистрированной ЭКГ. При автоматическом режиме приема данных система не занимает лишний канал связи, при принятии новой

ЭКГ автоматически производит запись данных в базу, оповещение консультанта SMS-сообщением и, непосредственно на пульте диагностического центра, — звуковой сигнализацией.

После обработки принятой ЭКГ консультант, в случае необходимости, может связаться с медицинским работником, передавшим ЭКГ, чтобы обсудить адекватные меры оказания помощи.

Реализованная технология канальной передачи данных позволяет:

- получить дополнительную степень защиты информации, которая передается только внутри сети приборов. Обмен данными в нашем случае идет непосредственно между двумя абонентами сети, и информация доступна только участникам процесса;
- повысить удобство пользования и оптимизировать финансовые затраты на передачу данных, выбирая удобный в данный момент режим передачи и доступный канал связи (проводной или беспроводной модем, реализация режима обратного звонка и т.п.).

Однако следует заметить, что канал проводной телефонной связи можно считать резервным. Несмотря на то, что на сегодняшний день проводные телефонные линии широко доступны, удобство пользования ними оставляет желать лучшего, т.к. качество связи (а, следовательно, скорость передачи и стоимость звонка) определяется слабым звеном в цепи АТС. Особенно это касается проводной телефонной связи в сельской местности, где к тому же наблюдается тенденция вытеснения проводной связи беспроводными технологиями.

Применение стандартных современных технологий передачи данных позволяет кардинально изменить представление о телемедицине, как об «очень дорогом удовольствии». Дело в том, что постоянное развитие и совершенствование технологий передачи данных автоматически делает их и более дешевыми, а значит и более доступными телемедицинскими услугами.

Как пример, реализация телемедицинского комплекса в решении обратного вызова. Данная реализация избавляет передающую

сторону (поликлиника, семейный врач, машина скорой помощи и т.д.) от платы за использование канала связи. В данном случае плателемщиком является телеметрический диагностический центр, которому необходимо будет оплатить стоимость «безлимитного» пакета (у большинства мобильных операторов стоимость пакета составляет 300–500 грн. в месяц), что является весьма доступной платой за столь уникальную, по своим диагностическим возможностям, услугу.

Наряду с всевозрастающей мировой динамикой развития телекоммуникационных технологий (GPRS, 3G технологий и пр.), возрастает и территориальная доступность этих технологий, в частности в Украине — расширяются зоны покрытия операторами связи, предоставляющими доступ к новым технологиям. Ввиду этого, перспективы дальнейшего масштабирования и развития телеметрических систем связаны с **глобализацией** и использованием **сетевых технологий**.

Сетевой вариант телеметрического комплекса представлен на рисунке 2.

Сетевой вариант системы снимает ограничение на количество обслуживаемых клиентов, расширяет возможности использования технологий, но и накладывает ряд дополнительных требований, таких как дополнительная защита данных (шифрование и т.п.), организация специального доступа к данным, идентификация врача и пациента, реализация и обслуживание распределенных баз данных и т.п.

В такой системе предусматривается большее количество вариантов использования технологий передачи (HTTP, FTP, SMTP и пр.), хранения и доступа к данным (централизованно и распределенно, GRID-технологии и пр.). В итоге результат не должен зависеть от производителя диагностиче-

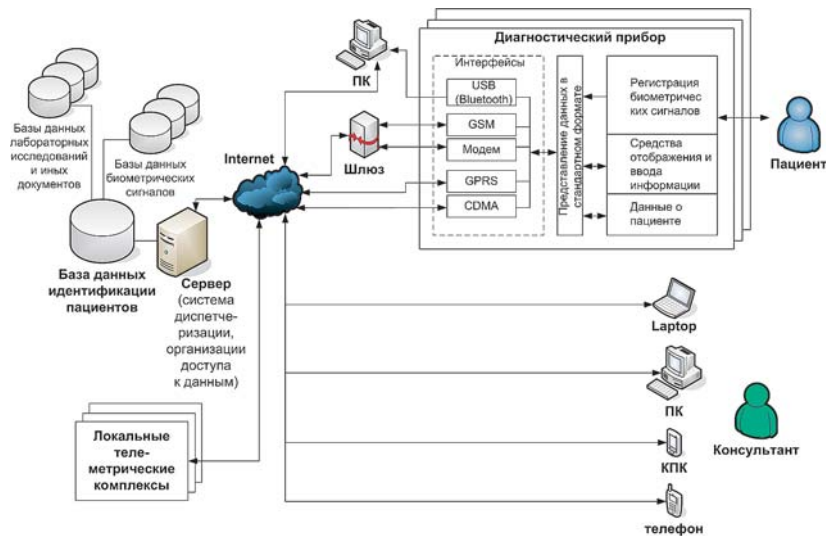


Рис. 2. Схема сетевого телеметрического комплекса

ских приборов, ПО для обработки и анализа биометрических сигналов и т. п.

Очевидно, что внедрение и использование телеметрического комплекса с электронной базой данных электрокардиограмм, кроме решения целого ряда кардиологических прикладных задач, в состоянии повысить и эффективность всей системы здравоохранения. Однако, это возможно только при использовании в рамках комплекса профессионального диагностического оборудования, стандартных технологий передачи, хранения и организации доступа к данным, обеспечении интероперабельности системы и, конечно, поддержке проекта в общенациональном масштабе.

Как несложно заметить, принципы построения и опыт реализации электрокардиографического телеметрического комплекса можно использовать при построении подобных систем для работы с другими биометриче-

скими сигналами. А структуру самого телеметрического комплекса можно рассматривать как прототип национальной системы электронных медицинских записей (ЭМЗ). В свою очередь, к преимуществам создания системы ЭМЗ в национальном масштабе можно отнести:

1. Независимость системы от места нахождения врача и пациента.
2. Повышение надежности хранения медицинских записей пациентов.
3. Возможность получения подробной информации о пациенте в кратчайшие сроки.
4. Возможность наблюдения за состоянием пациента в динамике.
5. Возможность проведения крупных исследовательских проектов (популяционные исследования, оценка необходимости профилактических мер и пр.).
6. Унификация стандартов хранения ЭМЗ. **MT**

Литература и веб-библиография: 1. Черников В.П., Орлов О.И., Логинов В.А. Современная аппаратная база домашней и мобильной телемедицины. Обзор ресурсов Интернета (серия «Практическая телемедицина»). — М.: фирма «Слово», 2001. — 44 с. 2. Шкель О.В., Коновалюк С.П. Домашняя телемедицинская система мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы // Украинский журнал телемедицины та медичної телематики, т. 5, №2. — 2007. — С. 181-184. 3. Павлович Р.В. Проблемы и успехи внедрения телемедицины в медицинскую практику в Украине. — http://www.dx-telemedicine.com/rus/publications/pr_rez_tm/problems_tm_02.htm. Last check 15.01.07. 4. Медицинская информационная система «TherDep5» — <http://therdep.com.ua> 5. Медицинская информационная система «Доктор Элекс» — <http://www.doctor.eleks.com/> 6. Кречетов Н.Е., Кондратенков В.А. Международный и российский опыт interSystems в информационном обеспечении региональных и национальных проектов в здравоохранении // Украинский журнал телемедицины та медичної телематики, т. 5, №2. — 2007. — С. 208-110.