

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Факультет РТС
Кафедра КПРЭС

Конспект лекций по дисциплине

«Основы телемедицины»

Общие сведения о телемедицинских системах.....	3
Области применения телемедицины и основные понятия.....	6
Телемедицинские консультации.....	7
Теленаблюдение.....	8
Телемедицина ургентных состояний, чрезвычайных ситуаций и катастроф.....	9
Телеобучение.....	9
Телехирургия.....	10
Военная телемедицина.....	10
Космическая телемедицина.....	11
Обзор аппаратно-программных средств телемедицинских систем.....	13
Структуры телемедицинских систем.....	22
Технические средства телемедицинских систем.....	25
Каналы связи и порты ввода-вывода.....	30
Технология Bluetooth и техническая реализация.....	31
Канал GPRS.....	31
Технические средства сжатия данных.....	33
Датчики систем телемедицины.....	34
Телемедицинские системы домашнего мониторинга.....	35
Персональные приборы телекардиодиагностики.....	36

Общие сведения о телемедицинских системах.

Развитие телемедицины в мире

Первой страной, поставившей телемедицину на практические рельсы, стала Норвегия, где имеется большое количество труднодоступных для традиционной медицинской помощи мест. Второй проект был осуществлен во Франции для моряков гражданского и военного флотов.

В настоящее время во многих странах и в международных организациях разрабатываются многочисленные телемедицинские проекты. Объём мирового рынка телемедицины в 2016 году, по данным P&S Market Research, составил порядка \$18 млрд.

ВОЗ разрабатывает проект создания глобальной сети телекоммуникаций в медицине, включающей в себя электронный обмен научными документами и информацией, её ускоренный поиск с доступом через телекоммуникационные сети, проведение видеоконференций, заочных дискуссий и совещаний, электронного голосования.

Получают развитие и международные сети медицинских телекоммуникаций, направленных на разные цели: система «Satellife» — для распространения медицинских знаний в развивающихся странах и подготовки кадров, «Planet Heres» — предложенная ВОЗ система глобальных научных телекоммуникаций, международной научной экспертизы и координации научных программ, другие системы и сети.

Европейское сообщество профинансировало более 70 международных проектов, нацеленных на развитие различных аспектов телемедицины: от скорой помощи (проект NECTOR) до проведения лечения на дому (проект HOMER-D). Главной задачей проектов является развитие методов медицинской информатики, нацеленных на регистрацию и формализацию медицинских данных, их подготовку к передаче и приему. Разрабатываются и испытываются алгоритмы сжатия информации, стандартные формы обмена информацией как на уровне исходных данных (изображений, электрических сигналов, например электрокардиограмм, и т. д.), так и на уровне истории болезни. Идет разработка автоматизированных рабочих мест по различным врачебным и диагностическим специальностям

(ультразвуковая диагностика, компьютерная томография, рентгенология, биохимия). Кроме того, существуют проекты, интегрирующие все конкретные разработки (например, ИТНАСА), а также проекты, осуществляющие оценки эффективности частных проектов и распространение лучших решений (STAR). Практически все проекты дублированы, то есть ЕЭС заведомо идет на увеличение расходов, чтобы получить наилучшие решения.

На конец 2016 года уровень проникновения телемедицины в Европе составлял около 30 %.

В настоящее время в мире известны более 250 телемедицинских проектов, которые по своему характеру делятся на клинические (подавляющее большинство), образовательные, информационные и аналитические. По географической распространенности проекты распадаются на: местные (локальные внутри одного учреждения, их 27 %), региональные (40 %), общенациональные (16 %) и международные (17 %). Многие проекты являются многоцелевыми, в половине случаев (48 %) они связаны с телеобразованием и телеобучением. В каждом четвертом проекте новые каналы передачи информации используются для нужд управления и администрации. В 23 % телемедицина используется для медицинского обслуживания жителей сельских и удаленных районов.

Сегодня (конец 2016 года) самым развитым рынком телемедицинских консультаций являются США. В 2016 году в стране было проведено около 1,25 млн телеконсультаций. По статистике Американской телемедицинской ассоциации, дистанционные консультации и мониторинг сокращают количество госпитализаций на 19 %, а количество обращений за очной консультацией — на 70 %. Экономия на транспортировке тяжелобольных благодаря онлайн-консилиумам достигает \$500 млн ежегодно.

Телемедицина в России

Потенциал российского рынка телемедицинских услуг оценивается в 18 млрд руб. в год (по информации на конец мая 2017 года).

Президент России Д. А. Медведев в мае 2010 года так обозначил важность телемедицинских консультаций:

Я надеюсь, что в конечном счёте мы выйдем на такую ситуацию, когда реализация телемедицинских услуг даст возможность даже в самой отдалённой российской больнице или в фельдшерско-акушерском пункте получать консультацию крупного специалиста, специалиста высокого уровня, потому что это как раз то, чем мы начали заниматься уже лет пять назад.

Хорошим примером организации системы отложенных телемедицинских консультаций может служить телемедицинская система Пензенской области, где в эту систему были включены все центральные районные больницы, а в качестве консультантов служат ведущие специалисты всех областных ЛПУ.

2005 год. За сеансом Каменка-Пенза-Москва наблюдают президент РФ В. В. Путин, губернатор В. К. Бочкарёв, руководитель проекта В. И. Шеляпин, министр здравоохранения РФ М. Ю. Зурабов

В России, с её значительными расстояниями, довольно перспективно выглядит и рынок консультаций в режиме реального времени. Считается, что дистанционная видеоконсультация в 20 раз дешевле поездки пациента с Урала в Москву, для Якутии и Забайкалья — в 40 раз (в случае необходимости сопровождения пациента медицинским работником стоимость поездки удваивается).

Система телемедицины, обеспечивающая консультации в режиме реального времени. Федеральный центр нейрохирургии (Тюмень), 2013 год

Кроме того, уже более восьми лет через стандартные средства Интернета обеспечивается доступ к видеокамерам, установленным в лаборатории телемедицины и операционных Российского научного центра хирургии РАМН, что позволяет вести трансляции хирургических операций.

История российской телемедицины

Первые видеоконсультации в РФ прошли в 1995 году в Российской Военно-медицинской Академии, в городе Санкт-Петербург. Но ими отмечается, что первые шаги

относятся к 70 годам, когда в основном осуществлялась передача ЭКГ на расстоянии в специальные консультативные центры.

1997 год. Реализация проекта видеоконференций «Москва-регионы России», объединивший Научный Центр сердечно-сосудистой хирургии имени Бакулева РАМН, НИИ педиатрии, и ряд других центров.

1999 год. Создается московская корпоративная телемедицинская сеть, в которую входили 32 учреждения ЛПУ.

2001 год. Интеграция Российских телемедицинских сетей с мировым информационным пространством.

2017 год. В мае законопроект о телемедицине, разработанный Минздравом России, был направлен на рассмотрение в Госдуму

Области применения телемедицины и основные понятия.

Телемедицина является синтетическим направлением в области здравоохранения, сформировавшимся на стыке медицины, телекоммуникационных технологий и информации. Основная задача телемедицины - оказание медицинских услуг, в том числе образовательных и консультативных, на расстоянии. Соответственно, результатом использования телемедицинских технологий является, в конечном счете, повышение качества медицинской помощи, особенно в районах с неразвитой медицинской инфраструктурой. Несмотря на то, что принципы телемедицины использовались человеком много веков назад, например оповещение с помощью сигнальных костров об эпидемии бубонной чумы или выписка рецептов посредством обмена бумажной корреспонденцией, толчком к интенсивному развитию телемедицины, в современном её понимании, явилось развитие электронных информационных и телекоммуникационных технологий. Впервые термин «телемедицина», согласно данным базы MEDLINE, появился в научных статьях в 1950 году и

включал в себя такие понятия как телепсихиатрия, консультирование и диагностика через телевидение. В настоящее время существует множество определений термина «телемедицина». Так, согласно одним источникам, телемедицина не является отдельной медицинской дисциплиной, а представляет собой передачу информации на расстояние для обеспечения медицинской помощи больным. В соответствии с другими телемедицина- это отдельная отрасль медицины, которая использует телекоммуникационные и электронные информационные технологии для обеспечения медицинской помощи на расстоянии. Википедия дает следующее определение: «телемедицина — направление медицины, основанное на использовании компьютерных и телекоммуникационных технологий для обмена медицинской информацией между специалистами с целью повышения качества диагностики и лечения конкретных пациентов». Значительное число различных определений термина «телемедицина» приведено в други источниках. Такое разнообразие связано, прежде всего, с широким спектром направлений телемедицины, используемых на практике. Среди них можно выделить следующие исторически сложившиеся основные области применения телекоммуникационных технологий в медицине:

- 1) телемедицинские консультации;
- 2) теленаблюдение за пациентами;
- 3) телемедицина ургентных состояний, чрезвычайных ситуаций и катастроф;
- 4) телеобучение;
- 5) телехирургия и дистанционное обследование;
- 6) военная телемедицина;
- 7) космическая телемедицина.

Наиболее распространенными и часто применяемыми на практике являются телемедицинские консультации.

Телемедицинские консультации могут быть как отложенными, так и осуществляться в режиме реального времени. Консультации в отложенном времени не требуют скоростных телекоммуникационных каналов и сложного оборудования и, по этой причине, сравнительно дешевы. Простейшими способами реализации отложенных телеконсультаций могут быть консультации по e-mail, консультации на специализированных медицинских форумах, с помощью специализированных телемедицинских систем и т.п. Примером подобной специализированной телемедицинской системы является система удаленного отложенного консультирования Пензенской области. Система обеспечивает ведение истории болезни в электронном виде, формирование телемедицинских запросов на консультацию на основе истории болезни, организацию процесса обмена информацией между клиентом и консультантом, контроль за движением телемедицинских запросов в

системе. Работу системы обеспечивают четыре консультационных центра по различным направлениям медицины, сформированные на базе ведущих медицинских учреждений области.

Телеконсультации в режиме реального времени требуют более сложного технического оснащения и проводятся с использованием широкополосных каналов связи и видеоаппаратуры. В отличие от отложенных, консультации в режиме реального времени могут применяться при оказании неотложной помощи. Различают плановые, экстренные видеоконсультации и видеоконсилиумы. Во всех этих случаях обеспечивается непосредственное общение между консультантом и лечащим врачом. Сеанс видеоконференции может проходить как между двумя абонентами (режим «точка-точка»), так и между несколькими (многоточечный режим). При этом обеспечивается возможность передачи практически всей необходимой информации для выработки квалифицированного заключения-выписок из истории болезни, результатов клинических анализов, различных визуальных материалов, таких как рентгенограммы, компьютерные томограммы, снимки УЗИ и т.п. Для организации передачи широкого спектра необходимой информации во время телеконсультаций в режиме реального времени используются различные протоколы передачи данных, ориентированные на работу с мультимедиа, например, такие как SIP (Session Initiation Protocol), H.320-H.324 и ряд других. Однако независимо от канала связи и протокола процедура проведения телеконсультации строится по следующей типовой схеме:

- 1) запрос на проведение сеанса удаленного консультирования;
- 2) подготовка данных пациента в виде организованной группы файлов в базовой рабочей станции (БРС) или сетевом сервере, связанном с БРС;
- 3) обеспечение доступа к этим файлам со стороны требуемого консультанта;
- 4) изучение данных пациента консультантом;
- 5) направление консультативного заключения и рекомендаций или данных об их локализации в сети;
- 6) направление запросов на повторные консультации или повторное обращение консультанта к поддерживаемым (обновляемым) данным пациента в согласованные сроки;
- 7) при необходимости - назначение консультативной видеоконференции.

Теленаблюдение

Теленаблюдение за пациентами осуществляется с помощью телемедицинских систем динамического наблюдения для наблюдения за пациентами, страдающими хроническими заболеваниями, а также на промышленных объектах повышенной опасности, таких

как атомные электростанции, химические производства, для контроля состояния здоровья работников. Теленаблюдение может проводиться как в условиях стационара, так и вне него, например, в домашних условиях (home telehealth). Телемедицинские системы динамического наблюдения позволяют регистрировать физиологические параметры организма человека и передавать их на базовую станцию для дальнейшего анализа. Подобные системы целесообразно использовать у пациентов, нуждающихся в непрерывном наблюдении и частых обследованиях.

Телемедицина ургентных состояний, чрезвычайных ситуаций и катастроф

В телемедицине ургентных состояний, чрезвычайных ситуаций и катастроф используются мобильные телемедицинские комплексы. Такие комплексы могут быть как переносным, так и размещаться на базе передвижных средств, например реанимобиля. Современный мобильный телемедицинский комплекс строится на базе мощного компьютера, который соединен с разнообразным медицинским оборудованием и включает в себя средства для проведения видеоконференций, дальней и ближней беспроводной связи, передачи данных по сетям интернет. Такими комплексами целесообразно оснащать бригады медицины катастроф и санитарной авиации, медицинские формирования МЧС и подразделений МО.

Телеобучение

Другим интенсивно развивающимся направлением телемедицины является телеобучение. В результате использования телекоммуникационных технологий у практикующего врача появилась реальная возможность непрерывного профессионального образования без отрыва от места работы. Типовой зал для телеобучения представляет собой помещение на 20–50 человек с двумя экранами большого размера для визуализации докладчика и вспомогательного материала, а также с микрофонной и акустической системой. Такой зал предназначен для приема трансляций из операционных, удаленного чтения курса лекций, проведения видеосеминаров и конференций. Во время занятий преподаватель может иметь интерактивный контакт с аудиторией. Лекции, как и видеоконсультации могут проходить в многоточечном режиме, таким образом, лекция может быть прочитана сразу для слушателей из нескольких регионов. Требования к разрешению изображения и качеству звука, а, следовательно, к оборудованию и каналам связи для зала телеобучения являются достаточно высокими. Основными преимуществами телеобучения являются:

- 1) Возможность чтения телелекций для нескольких регионов одновременно;
- 2) Интерактивность телеобучения;
- 3) Возможность приглашения уникальных специалистов для чтения отдельных лекций;
- 4) Комбинация лекций и клинических дискуссий в сочетании с on-line трансляциями операций и диагностических процедур. Например, через стандартные средства Интернета уже на протяжении нескольких лет обеспечен доступ к видеокамерам, установленным в лаборатории телемедицины и операционных Российского научного центра хирургии РАМН;
- 5) Обучение без значительного отрыва от работы в клинике.

Телехирургия

Дистанционное обследование и, в особенности, телехирургия несмотря на то, что относятся в настоящее время к экспериментальному направлению телемедицины, считаются достаточно перспективными. Отличительной особенностью этого направления является активное воздействие на организм пациента специалиста, находящегося на расстоянии. Развитие в настоящее время ведется в двух направлениях: дистанционное управление медицинской диагностической аппаратурой и дистанционное проведение лечебных воздействий, хирургических операций на основе использования дистанционно управляемой робототехники.

Военная телемедицина

Военная телемедицина подразумевает использование телемедицинских технологий при подготовке и проведении военных операций. Телемедицина нашла свое применение в военных операциях конце 80-х начале 90-х годов. Первоначально передача медицинских данных осуществлялась по линиям 9 телефонной связи. Однако в настоящее время подавляющее большинство обмена идет по спутниковым сетям. В основном спутниковые системы передачи используются для доставки данных от удаленных подразделений до основной базы и в обратную сторону. Военная телемедицина может использоваться в Вооруженных силах как в мирное, так и в военное время. Одним из первых практических приложений телемедицинских систем в военной медицине было использование современной технологии телесвязи для обеспечения деятельности медицинской службы в полевых условиях во время проведения миротворческих операций "Возрождение надежды" в Со-

мали и Хорватии. Система позволила медицинскому персоналу 86-го армейского эвакуационного госпиталя США, развернутого в Сомали, осуществлять связь через спутник. Персонал получил возможность использовать двухстороннюю аудиосвязь, отправлять изображения . данные своих пациентов и получать консультации по запросу, посылаемому в армейский медицинский центр им. Уолтера Рида, где находятся консультанты в области телемедицины. Система включает следующие доступные компоненты: видеокамеру, цветной монитор, принтер, Macintosh-компьютеры и программное обеспечение фирмы Apple. Передача данных в процессе консультирования по различным терапевтическим и хирургическим вопросам осуществляется через международный морской спутник в реальном масштабе времени. Данные лабораторных исследований и рентгенологические изображения дополняют клинические сведения и информацию, представленную в консультационной форме. Таким образом, медицинский персонал в полевом госпитале имеет почти мгновенный доступ к консультантам в Центре, а также MEDLINE-данным в Национальной медицинской библиотеке США. Система помогает врачам в боевой (полевой) обстановке решать сложные проблемы, и при необходимости получать помощь узких специалистов. Примером современной телемедицинской системы военного назначения является мобильная система LifeBot® DREAMS™ Advanced Telemedicine. Система разработана исследовательским центром американской армии и исследовательским центром телемедицины и технологий специально для использования в войсках. Система размещается на базе автомобиля повышенной 10 проходимости и использует для передачи данных сетевые стандарты 3G и 4G, а также Wi-Fi, WiMAX, LTE, спутниковый канал, а также военный канал цифровой связи. Она автоматически согласует ширину канала и скорость передачи с текущим потоком данных. Помимо возможности передачи голоса и видеоизображения в данной системе предусмотрена возможность регистрации и передачи различных физиологических параметров, таких как ЭКГ в 12-ти отведениях, давления крови, газов крови и ряда других. Все даны пациента передаются в зашифрованном виде с помощью алгоритма Advanced Encryption Standard (AES), —симметричного алгоритма блочного шифрования, принятого в качестве стандарта шифрования правительством США по результатам конкурса.

Космическая телемедицина

Космическая телемедицина изначально предназначалась для медицинского обеспечения космических полетов и, по сути своей, представляла биотелеметрию, при которой

регистрировались физиологические параметры и сигналы, прежде всего ЭКГ, и передавались на землю. В отличие от западных стран, в России сама история телемедицины ведет отсчет с момента возникновения космической медицины. С 60-х годов в авиационной и космической медицине применялись биотелеметрические методы контроля параметров жизнедеятельности летчиков и космонавтов. В дальнейшем в нашей стране были разработаны специальные методы и аппаратура для дистанционной регистрации основных физиологических и биохимических параметров организма человека в условиях космического полета, в том числе и длительного, специалисты на земле следили за принятием своевременных мер по коррекции возникающих нарушений. В настоящее время космическая телемедицина не только повышает эффективность медицинского сопровождения полетов, но и позволит на современном уровне координировать проведение международных исследовательских проектов по космической биологии и медицине. Несмотря на значительное разнообразие областей применения телемедицины для всех телемедицинских технологий существуют устоявшиеся определения и очерчен ряд процедур и функций, выполняемых участниками процесса. В соответствии с /7/ введены следующие понятия относительно участников:

1) Абонент - юридическое или физическое лицо, представляющее клинический случай для телемедицинской процедуры.

2) Консультант - специалист или группа специалистов, рассматривающих клинический случай.

3) Координатор - специалист с высшим медицинским образованием и знанием компьютерных технологий на уровне пользователя, который обеспечивает бесперебойную работу по проведению телемедицинских процедур.

Участники выполняют следующие функции.

Функции абонента: - предоставление клинического случая для телеконсультирования, формулировка вопросов; - оформление медицинской документации согласно требованиям консультанта (электронный вид, перевод на иностранный язык и т.д.); - предоставление дополнительной информации по запросу консультанта; - участие в процедурах реального времени. Функции консультанта: - рассмотрение и консультирование предоставленного клинического случая в оговоренные сроки; - предоставление заключения с использованием общепринятой медицинской терминологии; - участие в процедурах реального времени.

Функции координатора:

- первичная оценка качественно-количественных характеристик данных, получаемых от врачей-абонентов;

- оценка финансового обеспечения телемедицинских процедур;
- проверка данных на соответствие требованиям конкретного медицинского учреждения;
- коммуникация с абонентом (в случае несоответствия данных);
- выбор места проведения телеконсультаций;
- отправка данных непосредственно консультанту или в другой центр телемедицинского сервиса;
- организация телеконсилиумов;
- решение организационных вопросов телемедицинской сети.

Очевидно, что надлежащее выполнение телемедицинских процедур невозможно без соответствующего аппаратно- программно обеспечения, составляющего в совокупности телемедицинскую систему.

Обзор аппаратно-программных средств телемедицинских систем

Телемедицинский комплекс (телемедицинская система) — набор мобильных и носимых программно-аппаратных средств для применения в домашней телемедицине, экстремальной медицине, медицине катастроф, военной медицине, а также скорой и амбулаторной помощи и реабилитации пациентов[1]. Телемедицинские комплексы обеспечивают беспроводную передачу аудио, видео и других данных о пациенте с места происшествия, используя доступные каналы связи, в телемедицинский центр или любое другое медицинское учреждение для получения удаленной врачебной консультации и проведения удаленной диагностики. Идея разработки телемедицинских комплексов по праву принадлежит России.

Носимые комплексы

Носимый комплекс, как правило, обеспечивает пользователю свободу рук и включает в себя портативный компьютер, процессор и аккумуляторы, которые располагаются либо в специальном герметичном (пыле- и влагозащищенном) ударопрочном кейсе или чемоданчике, либо в специальном жилете, рюкзаке или на поясе. Также может использоваться запястный компьютер. Дисплей, видеокамера, микрофон и наушники, обеспечивающие видеоконференцсвязь, располагаются в специальном шлеме и/или гарнитуре, на-

деваемой на голову. Носимые комплексы дополнительно оснащаются медицинским модулем, в который может входить различное портативное медицинское оборудование, как например, электрокардиограф, ультразвуковой сканер, тонометр, глюкометр, спирограф. В медицинский модуль могут входить программы компьютерной интерпретации электрокардиограмм, врачебной анализ кривых, оценка дыхательных проб. Для обеспечения связи в труднодоступных местах, используются спутниковые каналы связи. Подобные комплексы обычно предусматривают возможность подключения оборудования, имеющегося в медицинских учреждениях на местах.

Мобильные комплексы

Мобильный комплекс (или «телемедицинский центр на колесах») включает средства широкополосной спутниковой связи, средства беспроводной передачи данных, портативную компьютерную аппаратуру, средства видеоконференцсвязи, медицинское оборудование и функционируют на базе санитарных поездов или автомобилях скорой помощи (реанимобилей).

В состав подобных диагностических центров входят отделения ультразвуковой и функциональной диагностики, рентгенодиагностический, офтальмологический и эндоскопической кабинеты, лаборатория, кабинет лор-врача, хирурга, гастроэнтеролога, невропатолога и других.

Организация каналов связи

Для организации связи при помощи телемедицинских комплексов используются стандартные коммуникационные протоколы видеоконференцсвязи, в том числе SIP, H.323, H.320. Организация связи осуществляется по всем доступным типам телекоммуникационных каналов достаточной пропускной способности, в том числе по следующим каналам — Ethernet, Internet, Intranet с поддержкой протоколов: TCP / IP, DHCP, ARP, FTP, Telnet, HTTP, HTTPS, SOAP и XML.

В малонаселенных местностях возможность использования каналов ISDN практически не представлена. Даже наземные IP-каналы присутствуют только в населенных

пунктах, расположенных вдоль больших трасс. Поэтому телемедицинские комплексы должны иметь техническую возможность подключения ко всем доступным каналам связи.

Телемедицинский комплекс также должен обладать возможностью передачи в дуплексном режиме двух видеопотоков и непосредственного подключения медицинской диагностической аппаратуры по портам LAN, IEEE-1394, IEEE-802.11, USB, COM, Bluetooth, S-video, RCA.

Аппаратура для организации телемедицинских систем

Аппаратура для организации телемедицинских систем производится различными российскими и зарубежными компаниями, среди которых «Витанет», «СТЭЛ-Компьютерные системы», «DiViSy», «TREDEX», «AMD Global Telemedicine», «American Telecare», «Aerotel medical system» и многие другие. Сложность производимой аппаратуры, как и медицинские области применения, самые различные- от простых приборов для удаленного слежения за ЭКГ, рассчитанных на каналы связи с низкой пропускной способностью, до сложных многофункциональных комплексов, с развитой периферией, например, с рентгенологическими и морфологическими лабораториями. Так фирма «СТЭЛ-Компьютерные системы» производит мобильный телемедицинский комплекс STEL TKmobile, предназначенный для оказания оперативной дистанционной консультативно-диагностической медицинской помощи, который выполнен в виде двух пылевлагозащищенных чемоданов. В состав первого входят аппаратура и программное обеспечение для проведения видеоконференций, в состав второго- компьютерный электрокардиограф на 12 отведений, пульсоксиметр, автоматический измеритель артериального давления, глюкометр и цифровой измеритель температуры. Встроенный кодек видеоконференций обеспечивает проведение сеансов связи с высококачественным видео - изображением и звуковым сопровождением. Поддерживается работа в IP сетях на скоростях до 2 Мбит/с с использованием протокола H.323. Сбор, хранение и передача медицинских данных осуществляются с помощью компьютера, подключенного к базовой точке беспроводного доступа WiFi 802.11g. Разработчики считают эффективным использование этого комплекса в случаях оперативной оценки состояния пострадавших в авариях и катастрофах, оказания медицинской помощи жителям труднодоступных населенных пунктов, оказания медицинской помощи пассажирам на транспорте, в работе служб скорой медицинской помощи.

Другим продуктом этой компании являются передвижные телемедицинские комплексы STEL ТКР5, ТКР6, ТКР7 и ТКР8, которые предназначены для проведения телеконсультаций и телеконсилиумов, дистанционной диагностики, мониторинга сложных медицинских манипуляций с использованием видеосвязи в режиме реального времени (рис.1). Комплексы реализованы на базе мощного производительного компьютера, аппаратного кодека видеоконференцсвязи компании Polycom и необходимого периферийного оборудования. Кодек видеоконференцсвязи позволяет проводить высококачественные сеансы видеосвязи в IP-сетях (до 2 Мбит/с) и с возможностью подключения 4*BRI ISDN (до 512 кбит/с) в соответствии с протоколами H.320, H.323. Аппаратные кодеки Polycom разработаны как для персональной работы, так и для эффективного использования в учебных аудиториях и конференц-залах, т.е. там, где необходима высококачественная связь, способность проведения многоточечной ВКС, возможность обмена информацией. Для передачи видеоизображения исключительного качества даже на скоростях до 768 кбит/с, системы POLYCOM использует стандарты видеокодирования H.264 и Pro-Motion.



Рисунок 1- Передвижной телемедицинский комплекс серии STEL ТКР

Эта же фирма производит мобильный телемедицинский диагностический комплекс «Стэл МТДК», который включает в себя, в том числе, медицинскую, телекоммуникационную, информационно-вычислительную систему и систему информационной безопасности. В состав медицинской подсистемы входят биохимический экспресс-анализатор, скрининговый анализатор мочи, сканер ультразвуковой портативный, спирометр компьютерный, электрокардиограф компьютерный на 12 отведений, полуавтоматический анализатор глюкозы, инфракрасный термометр, флюорографический цифровой малодозовый рентгенов-

ский аппарат с получением изображения на основе использования ПЗС- матрицы. Телекоммуникационная подсистема представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для обмена информацией между компонентами МТДК, а также между МТДК и лечебно- профилактическими учреждениями, входящими в общую телемедицинскую сеть. Для связи используются мобильная спутниковая система Интернет-доступа по технологии VSAT, средства беспроводной передачи данных Wi-Fi, а также средства сотовой связи. Информационно-вычислительная подсистема представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, предназначенный для решения задач сбора, обработки и хранения информации. Серверное оборудование собирает и хранит информацию в процессе проведения медицинских и телемедицинских мероприятий, а также обменивается этой информацией с информационными системами, в интересах которых функционирует МТДК. Для проведения телемедицинских консультаций в МТДК используется терминал видеоконференцсвязи на базе кодека «ИРГА» производства компании «Стэл КС». Терминал обеспечивает видео и аудио соединения по IP (H.323/SIP) сетям и соответствует рекомендациям ITU-T H.323. Программное обеспечение МТДК позволяет выполнять все необходимые действия по планированию, подготовке, поддержанию и документированию дистанционных медицинских консультаций и обследований. Оно также позволяет осуществлять взаимодействие с цифровым глюкометром, тонометром, цифровым кардиографом, спирометром, УЗИ сканером, экспресс-анализатором мочи, биохимическим экспресс-анализатором, цифровым флюорографом, цифровой камерой. Предусмотрено ведение справочника лекарств с возможностью добавления новых лекарственных средств в справочник, удаления устаревших, а также изменения сведений о любом из лекарств, содержащихся в справочнике. Подсистема информационной безопасности предназначена для защиты персональных данных в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации. Основными принципами построения подсистемы информационной безопасности МТДК являются локальное хранение персональных данных в обезличенном виде, передача персональных данных для дальнейшей обработки и хранения осуществляется по защищенным (шифрованным) каналам связи, видеоконференцсвязь осуществляется по защищенным каналам связи с помощью наложенных криптографических средств защиты информации в топологии типа «звезда», стационарное хранение и использование медицинских данных осуществляется в рамках защищенного хранилища электронных документов, расположенного вне МТДК. Для защиты информации используются сертифицированные средства криптографической защиты информации различных производителей. Компания DiViSy не комплектует свои системы специализированным медицинским оборудованием, а делает упор на высококачественную обработку и переда-

чу видеоизображений и аудиосигнала, адаптированных к медицинским целям. Фирма выпускает стационарные и мобильные медицинские телесистемы. Стационарные телемедицинские системы DiViSy TM21 предназначены для проведения удаленных медицинских консультаций и дистанционного обучения по различным видам диагностики и лечения, как в реальном времени, так и в отложенном режиме, с использованием любых каналов связи.

Основные возможности телемедицинских систем DiViSy TM21:

1. Преобразование в цифровую форму, передача и прием различной медицинской информации одновременно по пяти каналам: два параллельных канала медицинской видеoinформации, один канал передачи медицинской телеметрической информации и сигналов управления локальными или удаленными медицинскими приборами, дуплексный звуковой канал, и канал приемо-передачи текстовой информации.

Основные характеристики каналов:

1.1. Два параллельных канала передачи медицинской видеoinформации обеспечивают ввод, оцифровку, отображение и передачу медицинских видеоизображений с разрешением до 768x576 точек (для аналоговых видеокамер) и до максимального разрешения цифровых видео и фото камер. Как поясняют разработчики, два параллельных канала передачи и отображения медицинской видеoinформации необходимы для того, чтобы удаленный врач-консультант в процессе сеансов связи между различными телемедицинскими системами, или удаленный врач-курсант в системе дистанционного медицинского обучения могли видеть и основную и дополнительную информацию. Например, в процессе различных операций: эндоскопической, полостной, нейрохирургической, офтальмологической, отоларингологической, стоматологической и т.д., можно было видеть не только изображение объекта хирургического вмешательства, но и изображение операционной и действия членов операционной бригады. Или, в процессе проведения ультразвуковых исследований, удаленный врач мог не только видеть медицинское изображение, передаваемое от аппарата УЗИ, но и изображение на котором видно расположение ультразвукового датчика на теле пациента, что позволяет врачу-консультанту не только консультировать, но и корректировать процесс диагностики.

1.2. Один или несколько каналов приемо - передачи медицинской телеметрической информации и сигналов управления удаленным медицинским оборудованием. Они предназначены для подключения медицинского оборудования имеющего цифровые выходы телеметрической информации (цифровые электрокардиографы, энцефаллографы, и т.п.). Кроме того эти каналы могут использоваться для управления как локальным, так и удаленным медицинским оборудованием (управляемыми видеокамерами, роботизированными

ми микроскопами в процессе патоморфологической диагностики, и в перспективе роботами для удаленного проведения хирургических операций, управление светом операционных светильников, управление положением столика пациента и т.д.).

1.3. Дуплексный звуковой канал предназначен для аудио обмена между удаленными DiViSy TM21. В системе DiViSy TM21 обеспечивается высококачественный звук для каналов связи с различной пропускной способностью 8, 16, 32, 64 и 128 Кбит в секунду.

1.4. Канал текстового обмена предназначен для текстового диалога в реальном времени между участниками телемедицинских сеансов.

2. Система DiViSy TM21 имеет функцию рабочего стола, с помощью которого производится совместный анализ и работа с медицинскими изображениями (рис.2).

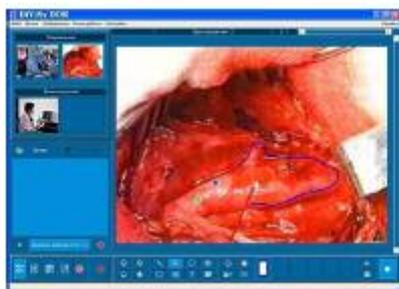


Рисунок 2- Рабочий стол системы DiViSy TM21

На рабочий стол, по инициативе любого из участников сеанса связи, помещается изображение, которое в данный момент времени представляет наибольший интерес.

4. Система DiViSy TM21 позволяет проводить сеансы консультаций и дистанционного медицинского обучения не только с каким-либо одним удаленным врачом или пациентом, но и со многими, в том числе и в режиме видеоконсилиума, с помощью специального сервера DiViSy TM21 VS , который позволяет объединять локальные медицинские сети медицинских учреждений в глобальную сеть методом каскадирования серверов.

5. Системы DiViSy TM21 предназначены для работы с использованием практически любых каналов связи, а именно: телефонных, радио, сотовых, оптоволоконных, спутниковых и т.д., в том числе защищенных сертифицированными средствами защиты информации. Скорость передачи медицинской информации ограничена скоростью передачи данных в тех или иных каналах связи.

6. По желанию Заказчиков в системы DiViSy TM21 могут быть встроены стандартные средства идентификации пользователя на базе, например, индивидуального USB

ключа, биометрических устройств сканирующих отпечаток пальца и т.д. Кроме этого, могут использоваться съемные диски памяти, которые при отсутствии пользователя, могут быть помещены в сейф.

7. Для обработки и повышения качества медицинских изображений в состав системы, входит специализированный модуль DiViSy IP21 (Image Processing) с помощью которого можно осуществлять следующие операции: - масштабирование изображения, как с увеличением его в 2, 4, 8, 16 раз, так и с уменьшением его в 2, 4, 8, 16 раз; - интегрирование последовательности кадров для снятия шумов и, возможно, повышения контрастности изображения. Количество интегрируемых кадров может изменяться в диапазоне от 2 до 300;

- изменение яркости и контрастности входного видеосигнала;

- изменение яркости и контрастности остановленного изображения, в том числе изображения, полученного в результате интегрирования;

- преобразование остановленного изображения с помощью одной или последовательности математических операций - фильтров. Фильтрация может быть применена как ко всему изображению, так и к произвольно выбранной прямоугольной области изображения; - расчет и отображение гистограммы распределения яркости точек изображения, или выбранной прямоугольной области и т.д.

Конструктивно системы DiViSy TM21 выполнены в нескольких вариантах: для операционных залов, для цифровых диагностических кабинетов, для кабинетов руководителей медицинских учреждений, руководителей отделений и врачей- консультантов, а также в мобильном исполнении для машин скорой помощи, выездных диагностических кабинетов или мобильных госпиталей. Мобильная телемедицинская система, выполнена для подвижных объектов, может монтироваться в автомобили, на корабли, самолеты, вертолеты и другой транспорт.

Мобильные телемедицинские системы DiViSy TM21 для передачи информации могут использовать спутниковые каналы различных российских и зарубежных спутников (Ямал 100, Горизонт, Экспресс, Inmarsat), каналы Radio Ethernet на разрешенных частотах 2,4ГГц, 5,25-5,35 ГГц и 5,7-5,8 ГГц, каналы сотовой связи стандартов GSM, CDMA, GPRS, УКВ радиоканалы, каналы сетей Wi-Fi и ряд других.

Примером телемедицинских систем для персонального применения являются системы, производимые фирмой Aerotel Medical Systems. Основным направлением деятельности фирмы является производство системы для мониторинга электрокардиосигнала (ЭКС)- Aerotel Heartline T. Система состоит из набора персональных регистраторов и центра приема, где производится обработка ЭКС (рис.3). Спектр персональных регистраторов

позволяет проводить исследование ЭКС как в одном, так и в нескольких, до 12-ти, отведениях. Передача ЭКС в центр приема осуществляется по линиям телефонной связи.

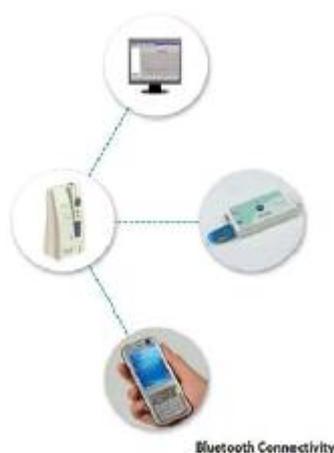


Рисунок 3- Построение системы Aerotel Heartline T

Другим направлением Aerotel Medical Systems, связанным с телемедицинскими системами, является создание телемедицинских агрегаторов, которые позволяют записывать основные физиологические параметры и передавать их на базовую станцию для дальнейшей обработки и хранения. Так, например, персональный домашний центр сбора данных Tele-CliniQ™ обеспечивает одновременную передачу данных от нескольких (до 4) медицинских контрольно-измерительных приборов в центр приема информации. После регистрации данных измерений каждого из подключенных приборов пользователю нужно лишь нажать кнопку "Пуск", и система осуществит считывание и передачу информации. Внутренняя память, часы и автоматический режим передачи данных повышают надежность работы и сводят к минимуму ошибки оператора. В качестве регистрируемых параметров могут быть данные, полученные измерителя артериального давления, глюкозы, пульсоксиметра, спирометра, электрокардиографа и т.д. Другой фирмой, выпускающей примерно схожий ассортимент изделий, является фирма Vitaphone (<http://www.vitaphone.de>). Интересной разработкой является интегрированный в сотовый телефон персональный телемонитор для наблюдения за электрокардиограммой Vitaphone 2300 (рис.4).



Рисунок 4- Внешний вид персонального телемонитора Vitaphone 2300

Данное устройство позволяет регистрировать электрокардиограмму в трех отведениях, записывать ее и передавать по сетям GSM/GPRS врачу для анализа. Для регистрации не требуется кабеля пациента и электродов- достаточно приложить прибор тыльной стороной к груди. Рассмотренные примеры показывают, телемедицинские системы могут быть самыми разнообразными, как по сложности- от простых персональных до многофункциональных, с развитой периферией, предназначенных для обслуживания больших территорий и групп людей. Однако общим для всех телемедицинских систем является наличие каналов связи, которые позволяют передавать медицинскую информацию с требуемым для врачей качеством.

Структуры телемедицинских систем.

В основе телемедицинских систем лежат БРС, объединенные каналами связи. БРС- это комплекс аппаратно-программных средств, представляющий собой многопрофильное и многозадачное рабочее место специалиста с возможностями обработки основных видов медицинской информации, а также проведения телеконференций. По базовой структуре телемедицинские системы можно упрощенно разделить на две группы : системы для удаленного консультирования, диагностики и обучения, а также системы удаленного мониторинга жизненных функций (биотелеметрические системы). Структура систем первого типа представлена на рис.5, второго- на рис.6.

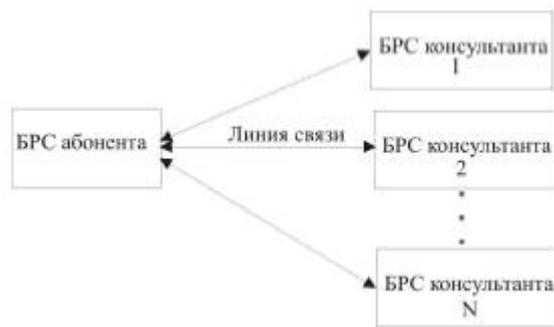


Рисунок 5- Упрощенная структура системы удаленного консультирования



Рисунок 6- Упрощенная структура системы биотелеметрии

На практике, эти базовые структуры могут иметь достаточно сложную топологию, быть наполнены разнообразной функциональностью, а также соединятся в сети с различной степенью иерархии. Например, канал связи может быть комбинированным и состоять из устройства ближней связи, такого как WiFi, и оптоволоконной линии, являющейся частью сети интернет. В свою очередь, сами локальные телемедицинские системы могут быть объединены в более крупные структуры по различным классическим топологическим схемами, например звезда, т.д. Однако, несмотря на все многообразие телемедицинских систем, для них характерны типовые операции, связанные получением, обработкой, 23 представлением и передачей информации. В общем виде, в соответствии с /8/, структу-

ру, осуществляющую обработку и передачу информации, телемедицинской системы можно представить следующим образом (рис.7).

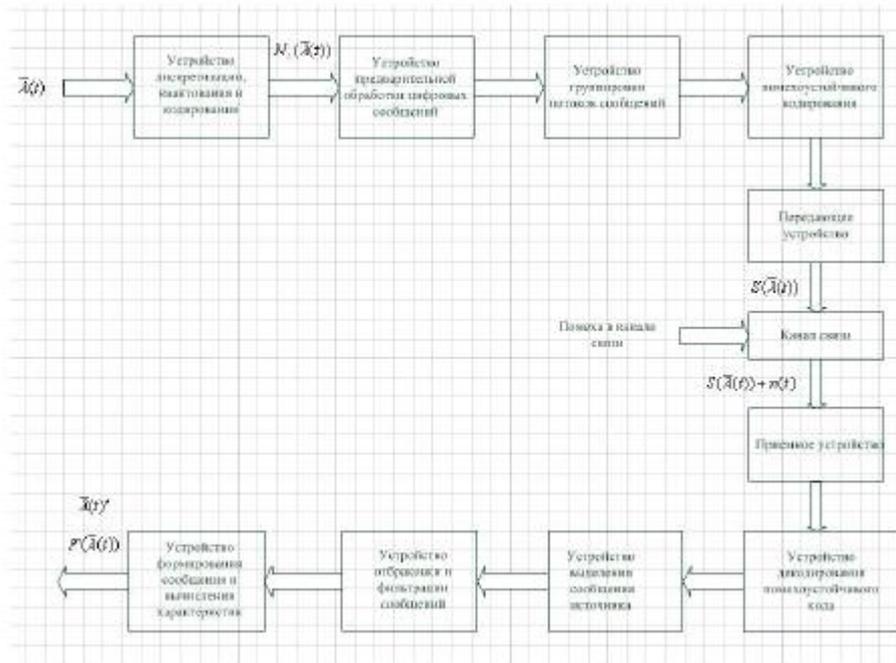


Рисунок 7- Модель информационного тракта телемедицинской системы

(t) , с\л Здесь, на вход поступает аналоговый векторный сигнал (сообщение) произвольного источника, например, микрофона, видеокамеры, медицинского диагностического прибора, который далее дискретизируется, квантуется и кодируется. Далее сигнал в цифровой форме подается на устройство предварительной обработки сообщений. Типичными операциями предварительной обработки являются фильтрация, сжатие сигнала, а также вычисление характеристик сигнала. Последняя операция может быть использована, если получателя не интересует исходный сигнал, а только отдельные его параметры. Кроме того, вычисление характеристик сигнала дает возможность сгруппировать потоки сообщений в соответствии с их динамическими характеристиками. Устройство группировки потоков сообщения формирует общий каналный сигнал, который поступает на устройство помехоустойчивого кодирования и, далее, в передающее устройство, где модулирует несущую. Распространяясь по каналу, передаваемый сигнал искажается шумами и помехами, имеющими как аддитивную, так мультипликативную составляющую, и поступает на устройство декодирования, после которого происходит выделение сообщений источников. Учитывая, что сигнал при передаче может искажаться, в устройстве отбраковки и фильтрации производится исключение аномальных значений сообщений, а также дополнительная фильтрация. На последнем этапе обработки происходит восстановление исходных сигналов и вычисление характеристик сигналов, необходимых пользователю. При по-

строении информационного тракта телемедицинской системы алгоритмы и устройства их реализующие оптимизируются под решение основной задачи- получению от объекта и доставки потребителю требуемого количества информации с заданной точностью.

Технические средства телемедицинских систем.

В соответствии с телемедицинские технологии, на основе которых строятся телемедицинские сети и системы, можно разбить на три основных класса: -медицинские; - собственно телемедицинские; -телекоммуникационные. К медицинским средствам относятся: -цифровое и нецифровое медицинское диагностическое оборудование; -методики проведения диагностических исследований для различных клинических случаев. К телемедицинским средствам относятся: -средства сбора медицинских данных; -средства обработки и хранения медицинских данных; -средства подготовки данных и проведения телемедицинских консультаций; -средства учета и регистрации проведенных телемедицинских консультаций. К телекоммуникационным средствам относятся: кабельные линии, радиолнии наземной связи, оптоволоконные линии связи, радиолнии спутниковой связи. На их основе могут быть организованы специальные выделенные телемедицинские каналы, корпоративные сети или же использованы существующие каналы такие, как интернет. Все они позволяют организовать различные способы обмена медицинской информацией между консультантом и консультируемым. Набор технических средств, входящих в конкретную телемедицинскую систему зависит от области ее применения. Так, для систем персонального мониторинга не обязательно наличие средств передачи видеoinформации, а для систем телеобучения- датчиков физиологических сигналов. Условно все технические средства можно разделить на две группы:

- обязательно входящие в состав телемедицинской системы;
- зависящие от назначения телемедицинской системы и ее конфигурации;

К первой группе относятся линии связи и технические средства доступа в телекоммуникационные сети, каналы связи и сетевые средства доступа к ним, компьютеры. Ко второй группе- оборудование видеоконференцсвязи, цифровое медицинское оборудование, датчики и другие источники медицинской информации, имеющие стандартные интерфейсы для преобразования в данные с целью дальнейшей передачи по каналам связи, медицинские информационные, экспертно-диагностические системы и базы данных, обучающие дистанционные системы и т.д. Так, например, в типовой состав телемедицинской

системы, предназначенной для телеконсультаций, обучения и медицинских телеконференций/23/, входят:

- канал IP или ISDN; -компьютер;
- оборудование для видеоконференций;
- оборудование и программы ввода, обработки и хранения изображений, кривых ЭКГ и др. (сканер, плата ввода видеосигнала в компьютер, программа обработки и хранения изображений; программа ведения базы данных с записями о пациентах).

Ядром подобной системы является оборудование для видеоконференций, которое, с точки зрения его основных функций и возможности использования в телемедицине, делится на несколько групп:

- полнофункциональные системы для больших и средних помещений
- оборудование для небольших залов, переговорных комнат
- специализированные системы (например, мобильные системы видеоконференций).

К группе полнофункциональных можно отнести линейку оборудования видеоконференций HDX9000 фирмы Polycom. HDX9000 поддерживает следующие стандарты и протоколы: -видеостандарты: H.261, H.263+, H.264; -аудиостандарты и протоколы: Polycom StereoSurround™, звук в полосе до 22 кГц с Polycom Siren 22, звук в полосе до 14 кГц с Polycom Siren, 14, G.722.1 Annex C, 58 звук в полосе до 7 кГц с G.722, G.722.1, звук в полосе до 3.4 кГц с G.711, G.728, G.729A; -сетевые стандарты и порты: Ethernet 10/100/1000; H.323 до 4 Мбит/с, суммарно 6 Мбит/с в режиме MRPlus; SIP до 4 Мбит/с; H.320; -секретность: защищенный доступ к web, telnet, FTP, встроенный AES FIPS 197, H.235V3 и H.233/234, защищенная паролем идентификация. Оборудование для видеоконференций HDX9000 фирмы Polycom интегрируется со специализированными серверными программными приложениями, позволяющими оптимизировать параметры оборудования под конфигурацию сети и решаемые задачи. Так, программный модуль PathNavigator (контроллер зоны H.323), который, обрабатывая протоколы для IP и ISDN сетей, обеспечивает управление сетевой загрузкой в масштабе всей сети.

PathNavigator позволяет в частности:

- управлять трафиком конференций в вычислительной сети и гарантирует, что трафик видеоконференций не будет превышать предусмотренные пределы;
- использовать упрощенные методы организации конференций, при которых пользователь получает возможность вызова, используя простой набор «телефонного» номера;
- обеспечить контроль над использованием каждым пользователем доступной полосы пропускания в пределах локальных сегментов и в межсетевых каналах;

-использовать автоматическую и оптимальную маршрутизацию IP и ISDN вызовов, что дает возможность автоматически направить вызов через сеть ISDN, если абонент недоступен в IP сети, а также перенаправить ISDN вызов в IP сеть, например для уменьшения стоимости звонка при междугородних и международных переговорах;

-обеспечить повышенную безопасность посредством автоматического отклонения попыток соединения с незарегистрированными терминалами, сокрытия внутренней адресации IP сети, препятствуя распространению внутренних адресов за пределы сетевого экрана.

Таким образом, телемедицинская система, предназначенная для телеконсультаций, обучения и медицинских телеконференций в большей мере состоит из неспециализированных устройств, которые могут применяться для обмена мультимедиа информацией в различных областях. Однако здесь следует учитывать, что для разных областей медицины проведение телеконсультаций предъявляет свои специфические требования к отдельным элементам телемедицинской системы, связанные с допустимыми искажениями в передаче информации. Особенно это относится к тем случаям, когда для диагностического заключения требуется визуальная информация- рентгеновские снимки, изображения участков кожных покровов, компьютерные томограммы и т.д. Например, при оцифровке обычных рентгеновских снимков возможно ухудшение качества, что снижает диагностическую ценность. При проведении телеконсультации в области дерматологии важной характеристикой является адекватность цветопередачи. Для решения задач, возникающих при построении телемедицинских систем в определенной области медицины, необходимо использовать технические средства, позволяющие приблизить достоверность диагностики к уровню достоверности при очном обследовании. Так, при получении медицинских изображений необходимо пользоваться специализированными фото и видеокамерами. Одной из таких видеокамер является видеокамера серии ARAMO SG, предназначенная для визуального исследования волос, кожи головы и лица. С помощью этой камеры, в сочетании со специализированными диагностическими программами компьютера, возможно проведение диагностики волос, кожи головы, лица и тела. Разработаны также специализированные медицинские видеокамеры, которые предназначены для общего осмотра пациента, для дерматологии, офтальмологии, отоларингологии, стоматологии, гинекологии, проктологии и т.д. Кроме того, средства получения изображений интегрируются в различный современный медицинский инструментарий. Например, в специализированный хирургический микроскоп OPMI LUMERA предназначенный для проведения офтальмологических операций встроена видеокамера MediLive 3 CCD, которая имеет аналоговые и цифровые выходы, дающие возможность передавать изображения в телемедицинскую систему. При

проведении рентгенологических исследований проблема качества получения и передачи изображений по каналам связи решается путем применения системы цифровой рентгенологии. Такие системы обеспечивают не только получение изображений, но и их архивацию в базе данных, а также возможность их передачи, вместе с дополнительными материалами о больном, по компьютерным сетям. С минимальными дополнениями цифровые рентгеновские системы могут быть использованы для телерадиологических консультаций. Работа с медицинскими изображениями в телемедицинских системах базируется на технологии PACS (Picture Archiving and Communication System). Универсальным форматом для хранения и передачи изображений в PACS системах является DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)- это стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений и документов обследованных пациентов. DICOM опирается на ISO-стандарт OSI, поддерживается основными производителями медицинского оборудования и медицинского программного обеспечения. Стандарт DICOM постоянно дополняется и расширяется и в настоящее время состоит из 20 частей (<http://medical.nema.org/standard.html>). В частности, в стандарте описаны требования к степени соответствия приложений данному стандарту, структуры объектов и операции над ними, форматы данных и кодировок, механизмы обмена информацией и т.д.

Стандартом DICOM определено два информационных уровня:

- файловый уровень (DICOM-файл) - объектный файл с теговой организацией для представления кадра изображения (или серии кадров) и сопровождающей/управляющей информации (в виде DICOM тегов);
- сетевой (сетевой DICOM-протокол) - для передачи DICOM файлов и управляющих DICOM команд по сетям с поддержкой TCP/IP.

DICOM- файл представляет собой объектно-ориентированный файл с теговой организацией. Информационная модель стандарта DICOM для DICOM файла четырехступенчатая: пациент→ исследование→ серия→ изображение (кадр или серия кадров).

Файловый уровень стандарта DICOM:

1. Атрибуты и демографические данные пациента.
2. Модель и фирму производителя аппарата, на котором проводилось обследование.
3. Атрибуты медицинского учреждения, где было проведено обследование.
4. Атрибуты персонала, проводившего обследование пациента.
5. Вид обследования и дата/время его проведения.
6. Условия и параметры проведения исследования пациента.

7. Параметры изображения или серии изображений, записанных в DICOM- файле.
8. Уникальные ключи идентификации (UID) групп данных, описанных в DICOM- файле.
9. Изображение, серию или набор серий, полученных при обследовании пациента.
10. Представление, в первую очередь, PDF-документов в DICOM-файле.
11. Представление DICOM-записи на оптические носители, включая DVD формат.
12. DICOM-протокол для передачи/приема по TCP/IP компьютерным сетям.

Сетевой DICOM-протокол использует TCP/IP для передачи медицинской информации от медицинского оборудования и для связи между PACS- системами.

Протокол является трёхуровневым (рис.21):

- нижний уровень, сразу над TCP — DUL (DICOM Upper Layer);
- средний уровень- сервисы DIMSE (DICOM Message protocol) и ACSE (Association Control protocol- standard OSI protocol);
- верхний уровень- DICOM Application Interface.

Над ними расположено приложение — Medical Imaging Application. Стандарт DICOM позволяет производить интеграцию медицинского оборудования разных производителей, включая DICOM-сканеры, DICOM- серверы, автоматизированные рабочие места и DICOM принтеры в единую радиологическую или клиническую информационную систему.

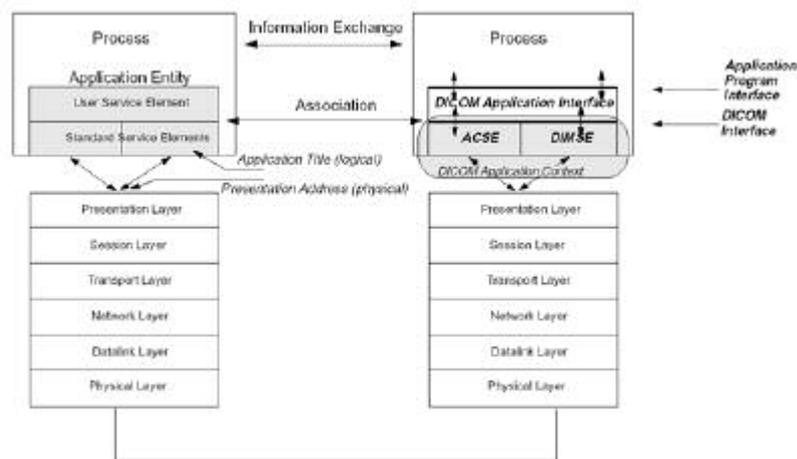


Рисунок 21- Сетевой DICOM-протокол

Стандарт DICOM включает в себя ряд сетевых (основных) сервисов: сохранение изображений и другой информации, запрос/получение списка пациентов и/или исследований с другого DICOM-устройства, сохранение данных на носителях информации для об-

мена данными, DICOM-печать на специализированных DICOM-принтерах, работающих по DICOM-протоколу. Обмен информацией между PACS системами осуществляется с помощью основных сетевых команд, определенных в стандарте DICOM. Примеры построения PACS систем, использующих стандарт DICOM можно найти на сайтах <http://www.multivox.ru/> и <http://www.fujifilmusa.com/products/medical/radiology/>. Рассмотренные выше примеры показывают, что в телемедицинских системах используется самое разнообразное оборудование, работающее на каждом уровне организации под управлением своих программных средств и осуществляющее обмен информацией по самым разнообразным протоколам и каналам связи. При построении конкретной телемедицинской системы необходимо учитывать медицинские и эксплуатационные требования к системе в целом, наличие доступа к линиям связи, особенности каналов связи и протоколов обмена, характеристики специализированного медицинского оборудования.

Каналы связи и порты ввода-вывода

Для организации связи в телемедицинских системах используются различные линии связи, в которых на основе стандартных коммуникационных протоколов организуются каналы связи. Организация связи осуществляется по всем доступным типам телекоммуникационных каналов достаточной пропускной способности для решения конкретной телемедицинской задачи. Подавляющее количество современных телемедицинских систем для организации канала связи на большие расстояния использует протоколы транспортного и прикладного уровня сети интернет: TCP/IP, UDP, DHCP, ARP, FTP, Telnet, HTTP, HTTPS, SOAP и XML. Телемедицинская система так же должен обладать возможностью непосредственного подключения медицинской диагностической аппаратуры по портам LAN, IEEE-1394, IEEE-802.11, USB, COM, Bluetooth, S-video, RCA и т.д. Рассмотрим на примере телемедицинской системы персонального мониторинга принципы построения системы с передачей информации по каналам GPRS и беспроводному каналу Bluetooth. Упрощенная структура передачи данных этом случае будет следующей: датчики физиологических сигналов---->Bluetooth---->устройство обработки и управления на базе микроконтроллера----->GPRS модем----->сеть интернет----->базовая рабочая станция.

Технология Bluetooth и техническая реализация

Bluetooth- спецификация беспроводных персональных сетей (Wireless personal area network, WPAN), которая обеспечивает обмен информацией между двумя устройствами, оснащенными адаптерами Bluetooth в не лицензируемом частотном диапазоне 2,4-2,48 ГГц, что обеспечивает невысокую стоимость устройств. Особенности Bluetooth являются малое потребление энергии, относительно малая скорость передачи (определяется конкретным стандартом, например, в Bluetooth 2.0 + EDR номинальная скорость до 3 Мбит/с) и малый радиус действия, который зависит от класса Bluetooth устройства (до 100 метров при максимальной мощности 100 мВт).

Bluetooth предназначен для использования в условиях сильных линейных искажений (замираний) в радиоканале, что достигается расширением спектра радиосигнала, т.е. увеличением его базы. В Bluetooth для этого используется один из трех основных методов расширения спектра- FHSS. FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) заключается в периодической скачкообразной псевдослучайной перестройке рабочей частоты по некоторому алгоритму, известному приемнику и передатчику. Весь выделенный для Bluetooth- радиосвязи частотный диапазон 2,402-2,480 ГГц разбит на N (рис.22а) частотных каналов. Полоса каждого канала 1 МГц, разнос каналов – 140-175 кГц. Для кодирования пакетной информации используется частотная манипуляция (рис.22б). Частота несущей скачкообразно меняется 1600 раз в секунду. Последовательность переключения между частотами для каждого соединения является случайной и известна только передатчику и приемнику. Это обеспечивает конфиденциальность передаваемой информации.

Кроме того, если рядом работают несколько пар приемник-передатчик, то они не мешают друг другу.

Канал GPRS

GPRS (General Packet Radio Service- «пакетная радиосвязь общего пользования») является надстройкой над технологией мобильной связи GSM, осуществляющей пакетную передачу данных. GPRS позволяет пользователю сети сотовой связи производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе интернет. GPRS использует общий физический ресурс радиointерфейса совместно с существующими ресурсами системы GSM с коммутацией каналов. Службу GPRS можно рас-

смагивать как наложенную на сеть GSM. Это позволяет использовать одну и ту же физическую среду в сетях как для передачи речи с коммутацией каналов, так и для передачи данных с коммутацией пакетов. Ресурсы GPRS могут выделяться под передачу данных динамически в периоды, когда отсутствует сессия передачи информации с коммутацией каналов. На структурном уровне систему GPRS можно разделить на две части /28/: подсистему базовых станций (BSS) и опорную сеть GPRS (GPRS Core Network). Ядро системы GPRS (GPRS Core Network) состоит из двух основных блоков- SGSN (Serving GPRS Support Node - узел поддержки GPRS) и GGSN (Gateway GPRS Support Node - шлюзовой узел GPRS). SGSN контролирует доставку пакетов данных пользователям, взаимодействует с реестром абонентов HLR, проверяя, разрешены ли запрашиваемые пользователями услуги, ведет мониторинг находящихся онлайн пользователей, организует регистрацию абонентов, вновь "проявившихся" в зоне действия сети и т.п. GGSN является шлюзом между сотовой сетью (вернее, ее частью для передачи данных GPRS) и внешними информационными магистралями (Internet корпоративными интранет-сетями, другими GPRS-системами и т. д.). Основной задачей GGSN, таким образом, является маршрутизация данных, идущих от и абоненту через SGSN. Вторичными функциями GGSN является адресация данных, динамическая выдача IP-адресов, а также отслеживание информации о внешних сетях и собственных абонентах.

При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передается через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы. Такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM.

Возможность использования сразу нескольких каналов обеспечивает достаточно высокие скорости передачи данных- теоретический максимум составляет 171,2 кбит/с. На практике скорость передачи зависит от загрузки сети.

Существуют различные классы GPRS, характеризуют возможности устройства, поддерживающего GPRS. Классы состоят из двух частей. Первая часть указывает на возможности по совместному использованию голосовых и пакетных сервисов:

- class A- подразумевает одновременное использование: можно одновременно совершать/принимать вызовы и принимать/передавать данные;
- class B-подразумевает автоматическое переключение между сессиями: в перерывах между сеансами приёма/передачи данных (даже если сессия не прервана) можно совершать голосовые звонки;
- class C- подразумевает использование только одного вида сервиса, применяется в GPRS-модемах.

Вторая часть класса указывает на возможности по скорости обмена данными. Например, class 2 обеспечивает один временной слот на передачу и два на прием. Скорость для этого класса составит 8-12 Кб/с передача и 16-24 Кб/с прием. Class 4-один на передачу и три на прием (8-12 Кб/с передача - 24-36 Кб/с). Class 6 обеспечивает динамическую настройку. В зависимости режима работы, а именно, что преобладает- прием или передача информации, GPRS терминал может работать по схеме 2+3 или 3+2 (16-24 Кб/с передача - 24-36 Кб/с прием или 24-36 Кб/с передача - 16-24 Кб/с прием).

Технология GPRS для передачи по радиоканалу использует GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), представляющую собой гауссовскую двухпозиционную частотную манипуляцию с минимальным сдвигом, обладающую двумя особенностями, одна из которых - "минимальный сдвиг", другая - гауссовская фильтрация. Обе эти особенности направлены на сужение полосы частот, занимаемой GMSK-сигналом.

Технические средства сжатия данных

Сжатие биомедицинских данных и изображений в телемедицинских системах может осуществляться как программными средствами, так и с помощью специализированных микросхем, реализующих тот или иной алгоритм сжатия. Учитывая, что в телемедицинских системах происходит обработка и передача самой разнообразной информации и, соответственно, используются самые различные алгоритмы сжатия, ограничимся рассмотрением в качестве примера микросхемы мультиформатного видеокодека ADV601 фирмы Analog Devices.

В ADV601 для сжатия используется алгоритм, основанный на wavelet преобразовании. Аналогичный алгоритм сжатия применяется в PACS Synapse, созданной компанией Fujifilm для работы с медицинскими изображениями.

В PACS Synapse предусмотрены три степени сжатия:

- 1) исходная версия сжимается без потерь с коэффициентом 2;
- 2) клиническая версия- средняя степень сжатия (wavelet преобразование);
- 3) справочная версия- высокая степень сжатия (wavelet преобразование).

С помощью wavelet преобразования можно сжимать файлы с большим коэффициентом, чем с помощью широко распространенного алгоритма JPEG, и с лучшим качеством. По своим характеристикам wavelet алгоритм близок к MPEG.

Основное отличие заключается в том, wavelet не является блочным алгоритмом (в MPEG каждый кадр разбивается на блоки 8x8 пикселей), а работает сразу над всем полем, что устраняет межблочные искажения при больших коэффициентах компрессии.

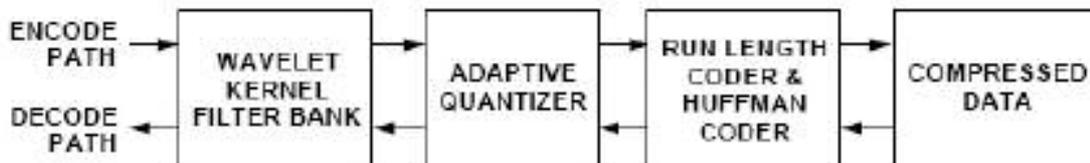


Рисунок 27- Структурная схема кодирующей и декодирующей части ADV601

Датчики систем телемедицины

В зависимости от решаемых задач исследования в телемедицинских системах могут регистрироваться самые разнообразные физиологические сигналы и параметры и, соответственно, использоваться различные датчики.

Биомедицинские датчики, в зависимости от типа регистрируемых сигналов, можно разделить на три большие группы: датчики, регистрирующие биолоэлектрическую активность, датчики различных физических величин, химические датчики.



Классификация биомедицинских датчиков

В свою очередь, датчики, относящиеся к различным группам, могут измерять один и тот же физиологический параметр. Например, измерить степень оксигенации крови можно оптическими и электрохимическими датчиками, частоту дыхания - с помощью электродов и датчиков механических величин и т.д. С точки зрения расположения относительно тела человека биомедицинские датчики можно разделить на бесконтактные, кожные, инвазивные и имплантируемые.



Классификация биомедицинских датчиков по расположению относительно тела

В зависимости от областей применения биомедицинские датчики телемедицинских систем, можно разделить на две группы: датчики, используемые в составе аппаратуры в медицинских учреждениях и датчики, используемые для биотелеметрии, в частности, в системах домашнего мониторинга. Основное отличие этих групп заключается в условиях эксплуатации. В первом случае, все диагностические процедуры проводятся в соответствии с определенными методиками и под наблюдением специалистов, что позволяет минимизировать ошибки измерений. Во втором случае, особенно при наблюдении за пациентами в домашних условиях, регистрация сигналов и измерение физиологических параметров производится в условиях свободного поведения пациента, что, с учетом недостаточной квалификации пользователя, увеличивает вероятность возникновения ошибок.

Телемедицинские системы домашнего мониторинга.

Телемедицинские системы домашнего мониторинга не получили широкого распространения в нашей стране. Однако мировые тенденции развития этого сегмента медицинского рынка показывают высокую перспективность данного направления. Так, маркетинговая компания Berg Insight выпустила отчет, в котором сообщается, что к концу 2011 года количество пользователей систем домашнего мониторинга состояния здоровья составило почти 2,2 млн человек и по прогнозам компании их количество будет ежегодно увеличиваться на 18%.

Системы домашнего мониторинга особенно актуальны для наблюдения за кардиологическими и пневмологическими больными, где необходим постоянный контроль состояния пациента. Так же они с успехом могут применяться во время реабилитации, у лежачих больных, для людей, живущих в отдалении от крупных медицинских центров. В связи с этим, ведутся интенсивные разработки в области приборов персонального мониторинга, направленные на повышение эксплуатационных характеристик.

Персональные приборы телекардиодиагностики

Важным направлением развития средств кардиологической диагностики является создание систем персонального мониторинга, позволяющих человеку самостоятельно в «домашних» условиях получить данные о состоянии своего здоровья. Местом подобных систем в современной медицине является выявление ранних признаков нарушения функций, свидетельствующих о необходимости обращения за специализированной медицинской помощью. С помощью систем персонального мониторинга можно вести контроль состояния организма в ходе лечения и на этой основе осуществлять подбор доз медикаментов, управлять процессом реабилитации, например, проводить индивидуальное дозирование физической нагрузки, бальнеологических процедур и др.

Применение подобных систем для кардиологических больных сдерживается в настоящее время отсутствием простых и доступных инструментальных средств оценки показателей сердечно-сосудистой системы пригодных к использованию в домашних условиях, а также передачи диагностической информации на удаленное рабочее место врача.

Одним из путей решения данной проблемы является создание средств телекардиодиагностики, а также средств персонального мониторинга с представлением оцениваемых

диагностических показателей в цифровой форме и использование простейшего порогового логического классификатора для принятия решения о возникновении нарушений.