

ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИЕ СИСТЕМЫ

Аппаратно-программные средства 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 видеоизображением и звуковым сопровождением.

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.

Передвижной телемедицинский комплекс
серии STEL ТКР:



Комплексы реализованы на базе мощного производительного компьютера, аппаратного кодека видеоконференцсвязи компании Polycom и необходимого периферийного оборудования.

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.

Компания DiViSy не комплектует свои системы специализированным медицинским оборудованием, а делает упор на высококачественную обработку и передачу видеоизображений и аудиосигнала, адаптированных к медицинским целям.

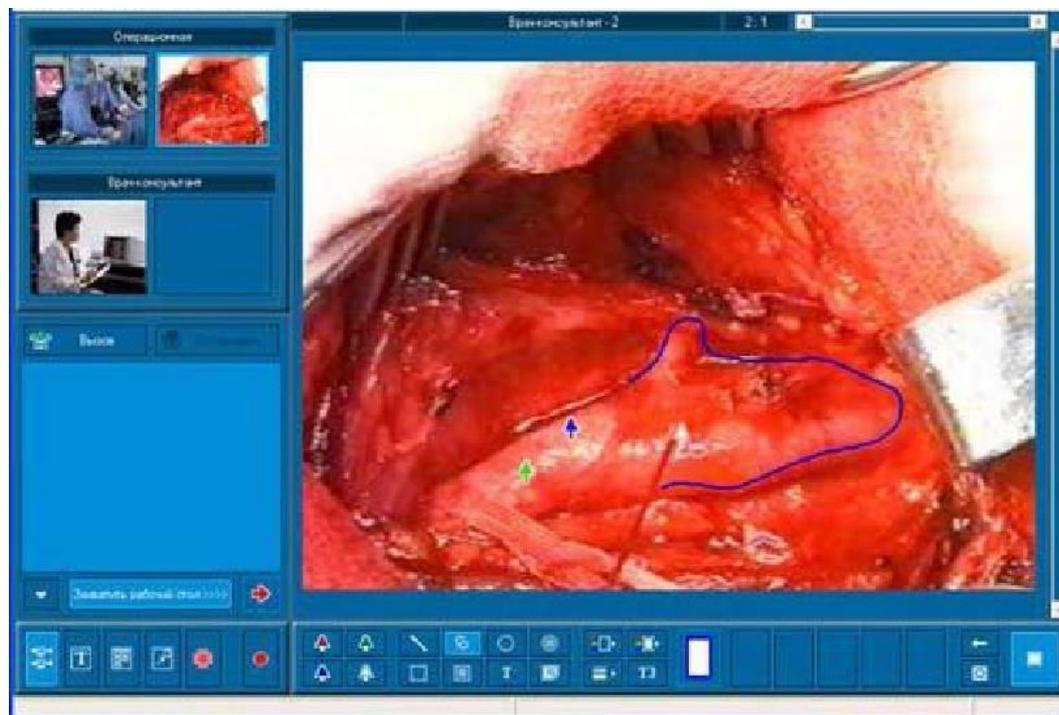
Фирма выпускает стационарные и мобильные медицинские телесистемы.

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 видеоинформации, один канал передачи медицинской телеметрической информации и сигналов управления локальными или удаленными медицинскими приборами, дуплексный звуковой канал, и канал приемо-передачи текстовой информации.

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



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.

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.

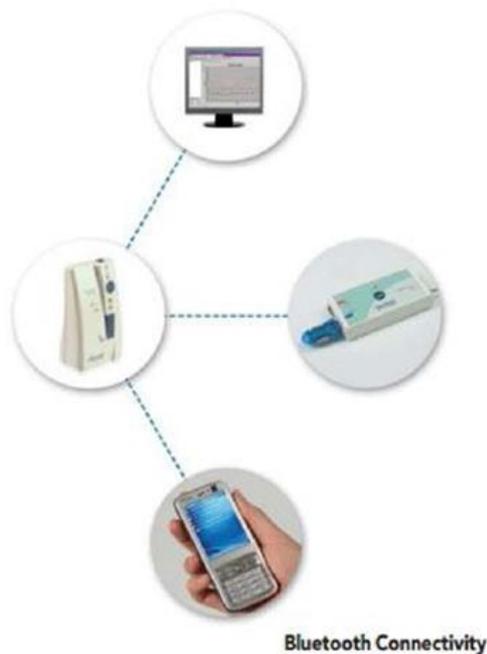
По желанию Заказчиков в системы DiViSy TM21 могут быть встроены стандартные средства идентификации пользователя на базе, например, индивидуального USB ключа, биометрических устройств сканирующих отпечаток пальца и т.д.

Кроме этого, могут использоваться съемные диски памяти, которые при отсутствии пользователя, могут быть помещены в сейф.

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.



· Построение системы Aerotel Heartline T

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.

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.

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



Структуры телемедицинских систем

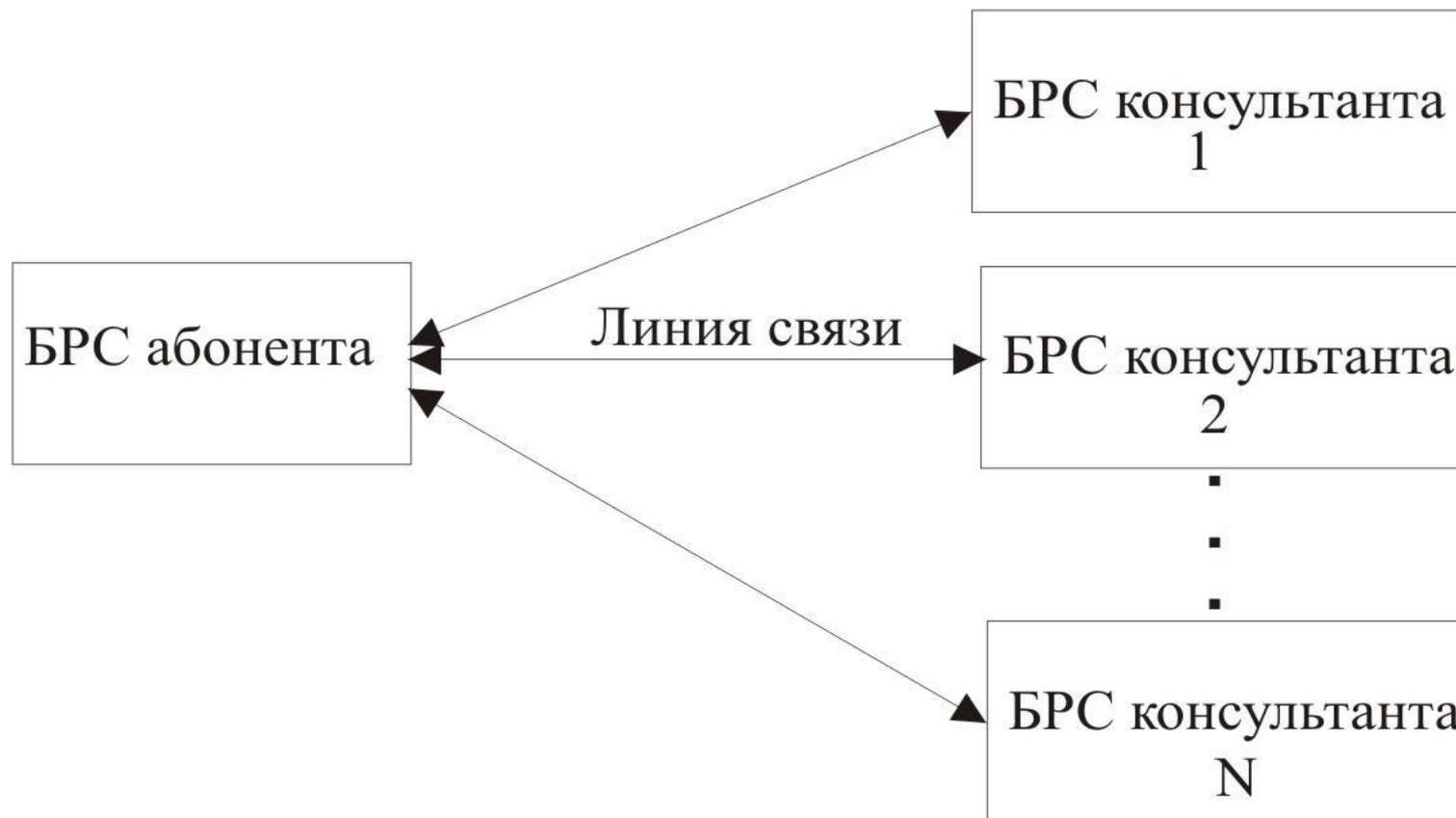
В основе телемедицинских систем лежат БРС, объединенные каналами связи.

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.

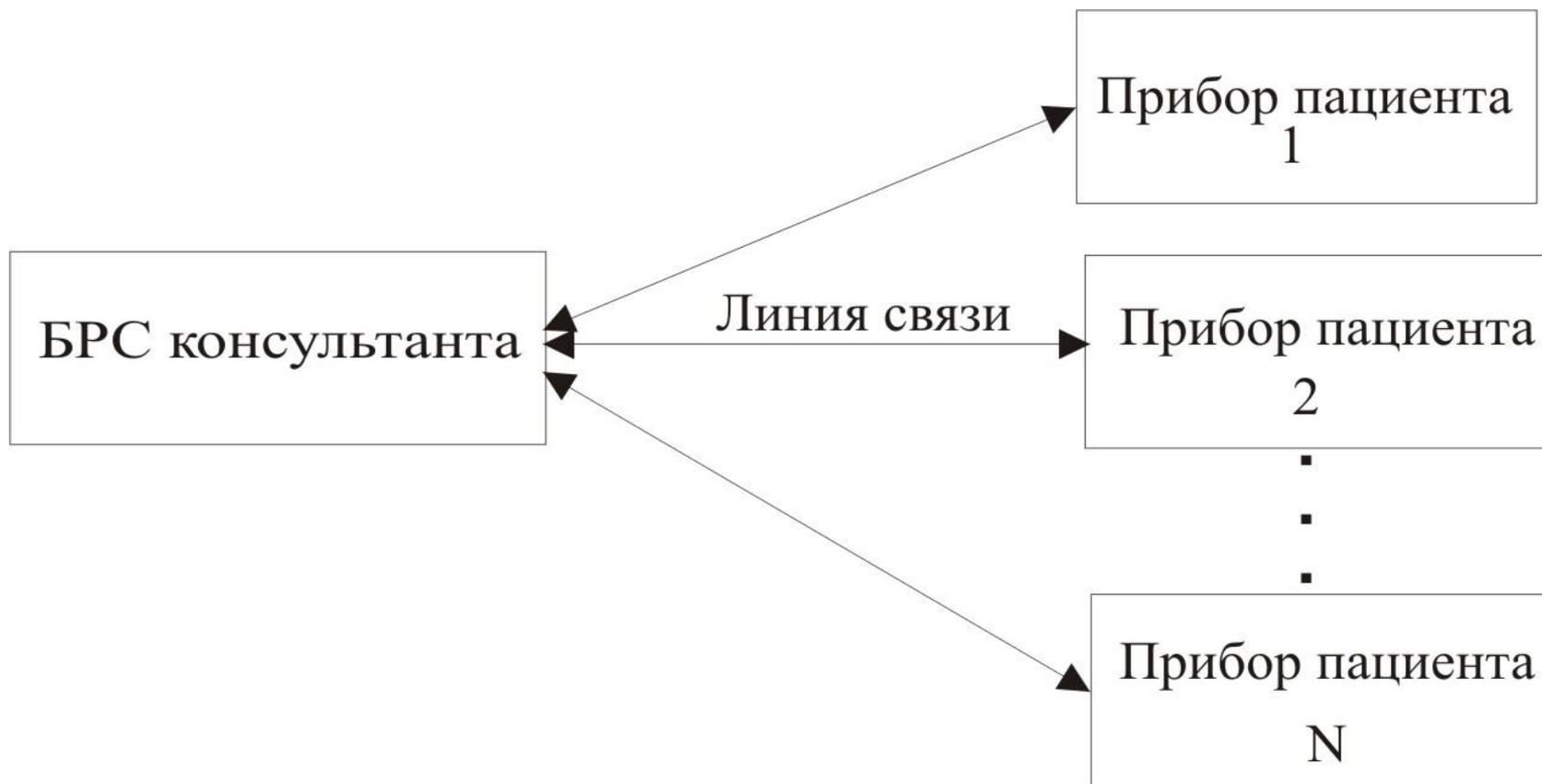
По базовой структуре телемедицинские системы можно упрощенно разделить на две группы:

- *системы для удаленного консультирования, диагностики и обучения,*
- *системы удаленного мониторинга жизненных функций (биотелеметрические системы).*

Упрощенная структура системы удаленного консультирования

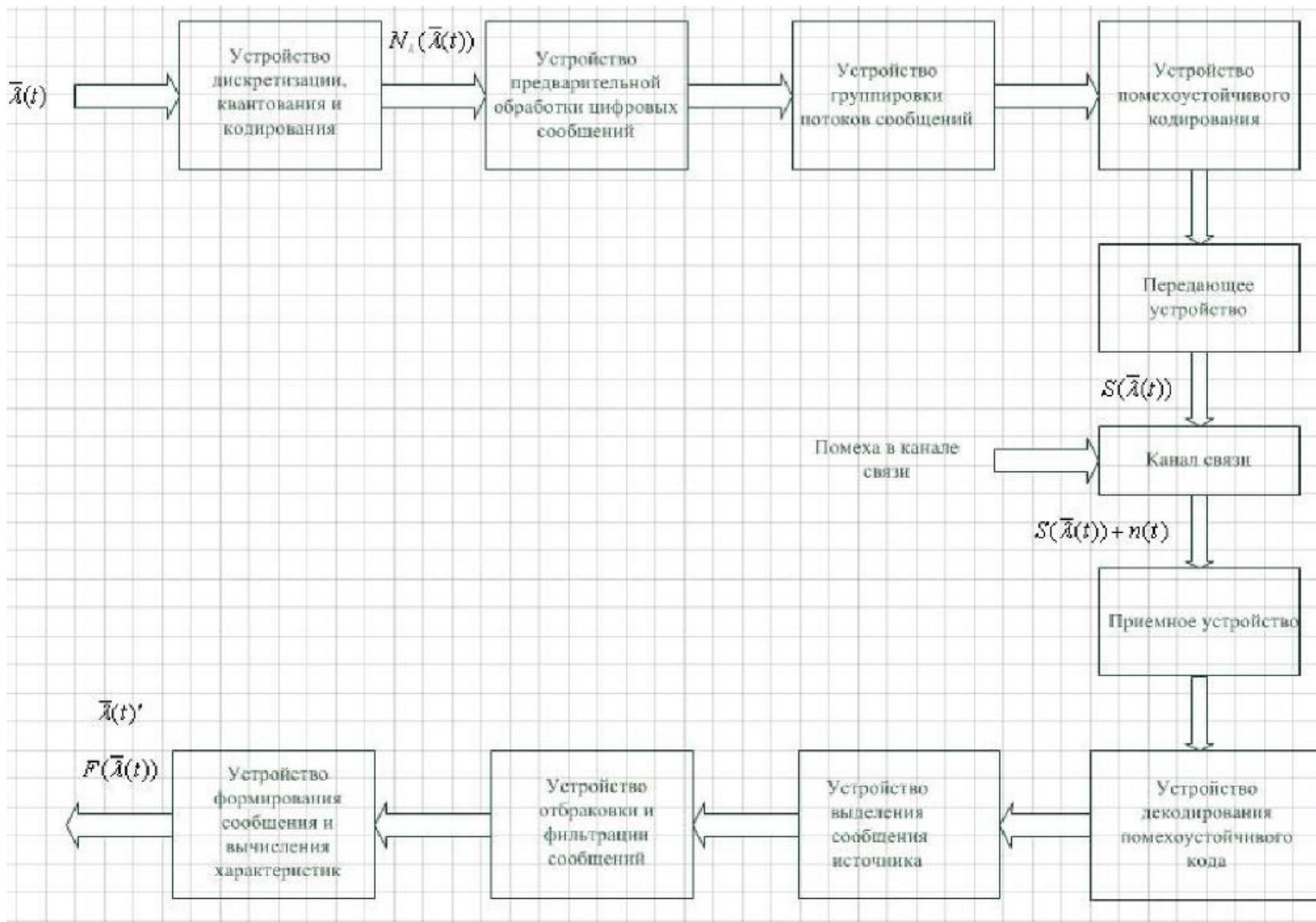


Упрощенная структура системы биотелеметрии



Однако, несмотря на все многообразие телемедицинских систем, для них характерны типовые операции, связанные получением, обработкой, представлением и передачей информации.

В общем виде структуру, осуществляющую обработку и передачу информации телемедицинской системы можно представить следующим образом:



Модель информационного тракта телемедицинской системы

Здесь на вход поступает аналоговый векторный сигнал (сообщение) $\lambda(t)$ с 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 канальный 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 и 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 построении информационного тракта телемедицинской системы алгоритмы и устройства, их реализующие, оптимизируются под решение основной задачи - получению от объекта и доставке потребителю требуемого количества информации с заданной точностью.

Виды передаваемой информации, ее характеристики и способы представления

В телемедицинских системах осуществляется передача информации самого различного вида - видео, аудио, данные с медицинских приборов и т.д.

Очевидно, что передача столь разнородной информации по каналам связи требует ее предварительной обработки с целью повышения помехоустойчивости, улучшения использования возможностей канала, уменьшения избыточности передаваемых данных.

Последнее особенно важно при передаче данных по спутниковым каналам связи. Так, если передавать цветное видеоизображение с высоким качеством цветопередачи (32 бита) и размером кадра 800x600 пикселей, то объем передаваемых данных без сжатия за одну минуту составит примерно 3 Гб.

Если учесть, например, что тариф на передачу 1 Мб в спутниковой системе Helios Net составляет 10 центов, то стоимость одной минуты составит примерно 300 USD.

В зависимости от области определения и области возможных значений этой функции различают следующие виды сигналов:

- непрерывные по уровню и по времени;
- непрерывные по уровню и дискретные по времени;
- дискретные (квантованные) по уровню и непрерывные по времени;
- дискретные по уровню и по времени.

В зависимости от видов сигналов каналы связи можно различают

- непрерывные (на входе и выходе канала - непрерывные сигналы);
- дискретные или цифровые (на входе и выходе канала - дискретные сигналы);
- непрерывно-дискретные (на входе канала - непрерывные сигналы, а на выходе - дискретные сигналы);
- дискретно-непрерывные (на входе канала - дискретные сигналы, а на выходе - непрерывные сигналы).

По времени существования выделяют коммутируемые и некоммутируемые каналы.

Коммутируемые (временные), создаются только на время передачи информации.

Некоммутируемые каналы (выделенные)- создаются на длительное время с определенными постоянными характеристиками.

Каналы также можно классифицировать по скорости передачи информации, диапазону частот, изменению параметров во времени (с постоянными и переменными параметрами) и т.д.

Процедуры обработки передаваемой информации в телемедицинских системах

Для достижения требуемых характеристик телемедицинской системы сигнал, передаваемый в канал и представляемый пользователю, необходимо обрабатывать в соответствии с алгоритмами, позволяющими оптимизировать работу блоков системы по заданным требованиям.

Типичными операциями обработки сигнала в телемедицинских системах являются

- сжатие данных;
- помехоустойчивое кодирование;
- обнаружение, фильтрация и оценка параметров сигналов.

Сжатие данных

Сжатие основано на устранении избыточности, содержащейся в исходных данных. Избыточность может заключаться, например, в повторении в сообщении одинаковых комбинаций символов, сильной корреляции между отдельными частями сообщения и т.п.

Иначе говоря, подобные сообщения имеют малую энтропию, а сжатие направлено на увеличение энтропии исходного сообщения. В основе любого способа сжатия лежит модель источника данных, или, точнее, модель избыточности.

Все методы сжатия данных делятся на два основных класса:

- сжатие без потерь (обратимое сжатие);
- сжатие с потерями.

При использовании сжатия без потерь возможно точное восстановление исходных данных, сжатие же с потерями позволяет восстановить данные с искажениями, обычно несущественными с точки зрения дальнейшего использования восстановленных данных.

Первая группа методов обычно используется для передачи и хранения информации, критичной к искажениям, например, текстовых данных, телеметрической информации.

Сжатие без потерь, очевидно, позволяет получить меньшее уменьшение объема, чем сжатие с потерями.

Примерами алгоритмов сжатия без потерь являются алгоритмы Хаффмана или Lempel-Ziv-Markov chain-Algorithm, лежащий в основе популярного компьютерного архиватора 7zip.

Сжатие с потерями применяется для сокращения объёма аудио- и видеоданных и цифровых фотографий в тех случаях, когда такое сокращение является приоритетным, а полное соответствие исходных и восстановленных данных не требуется.

Для оценки эффективности сжатого представления данных обычно применяют два показателя:

коэффициент сжатия, определяемый отношением числа исходного объема данных к полученному, и **ошибка восстановления**.

В качестве последней, например, для сигналов, чаще всего используется абсолютная или средняя квадратическая ошибка.

Каждая из решаемых задач сжатия предъявляет свои требования к применяемому методу сжатия и определяет его специфические особенности, но общим требованием является получение достаточно эффективного сокращения объема данных.

Классическим примером алгоритма сжатия без потерь является алгоритм Хаффмана, основанный на частотном кодировании.

Идея метода заключается в описании наиболее часто встречающихся в сообщении символов наименьшей длиной, что, в среднем, уменьшает объем исходных данных.

Другим примером метода сжатия без потерь является метод RLE (Run-Length Encoding).

В основу методов RLE положен принцип выявления повторяющихся последовательностей данных и замены их простой структурой, в которой указывается код данных и коэффициент повтора.

На практике рассмотренные выше методы не применяются в чистом виде, так как их эффективность сильно зависит от начальных условий.

В связи с этим, в современных методах сжатия данных используют более сложные методы, основанные на комбинации нескольких теоретических методов.

Общим для таких комбинированных методов является предварительный просмотр и анализ исходных данных для индивидуальной настройки метода на особенности обрабатываемого материала.

Примерами других методов сжатия без потерь являются метод арифметического кодирования, метод скользящего окна LZ77, LZ78, LZW и т.д.

При выборе метода сжатия следует помнить, что для любой последовательности данных существует теоретический предел сжатия, который не может быть превышен без потери части информации, а также для любого метода сжатия можно указать такие последовательности данных, для которых он может обеспечить наилучшую и наихудшую степени сжатия, чем другие методы.

Сжатие данных с потерями

В большинстве случаев при передаче данных в телемедицинских системах реализуются методы сжатия с потерями. Учитывая особенности передаваемых данных можно выделить методы, ориентированные на сжатие физиологических сигналов, изображений, аудио (в основном речь) и видеоданных.

Рассмотрим на примере сжатия электрокардиосигнала (ЭКС) методы сжатия с потерями физиологических сигналов.

Возможность получения эффективного сжатия ЭКС связана с тем, что высокочастотные компоненты сигнала присутствуют на достаточно коротких отрезках сердечного цикла.

Частота дискретизации рассчитывается на допустимые ошибки дискретного представления именно этих фрагментов ЭКС, поэтому описание регулярной выборкой отсчетов низкочастотных участков сигнала оказывается избыточным.

Предложены различные методы сжатия ЭКС с потерями, которые можно условно разделить на следующие группы:

- методы, основанные на разложении по ортогональным функциям;
- разностные методы, при которых кодируется не абсолютное значение сигнала, а разность между соседними отсчетами;
- методы, основанные на аппроксимации элементов ЭКС на отдельных временных участках алгебраическими полиномами или специальными функциями;
- специализированные методы, учитывающие особенности ЭКС и требования, предъявляемые к качеству восстановления, такие как AZTEC (Amplitude Zone Time Epoch Coding) и CORTES, а также ряд других.

Методы сжатия аудиоданных с потерями,

в частности речи, основывается на двух основных факторах:

- несовершенстве человеческого слуха при восприятии звуковой информации (психоакустическая избыточность);
- высокой степени избыточности речевого сигнала, что, с одной стороны, обеспечивает его высокую помехоустойчивость, а с другой - дает возможность реализовать эффективные алгоритмы сжатия.

Психоакустическая избыточность (эффект слухового маскирования) заключается в неспособность человека в определенных случаях различать тихие звуки в присутствии более громких.

Эффекты слухового маскирования зависят от спектральных и временных характеристик маскируемого и маскирующего сигналов и могут быть разделены на две группы:

- частотное (одновременное) маскирование;
- временное (неодновременное) маскирование.

Эффект маскирования в частотной области связан с тем, что в присутствии больших звуковых амплитуд человеческое ухо нечувствительно к малым амплитудам близких частот. Маскирование во временной области характеризует динамические свойства слуха, показывая изменение во времени относительного порога слышимости (порог слышимости одного сигнала в присутствии другого), когда маскирующий и маскируемый сигналы звучат не одновременно.

При этом следует различать явления послемаскировки (изменение порога слышимости после сигнала высокого уровня) и предмаскировки (изменение порога слышимости перед приходом сигнала максимального уровня). Более слабый сигнал становится неслышимым за 5 - 20 мс до включения сигнала маскирования и становится слышимым через 50 - 200 мс после его включения.

Избыточность речевого сигнала делят на избыточность во временной области и в частотной.

Избыточность во временной области возникает по причине корреляции между соседними отсчетами речевого сигнала (кратковременная корреляция), корреляцией между периодами основного тона (долговременная корреляция), наличия пауз в речевом сигнале, по причине неравномерности распределения амплитуд речевого сигнала.

Избыточность в частотной области связана с неравномерностью долговременного и кратковременного спектра мощности.

Исторически выделяют два направления сжатия речевого сигнала:
кодирование формы сигнала и кодирование источника сигнала.

Первый метод основан на использовании статистических характеристик сигнала и практически не зависит от механизма формирования сигнала. Кодеры этого типа с самого начала обеспечивали высокое качество передачи речи (хорошую разборчивость и натуральность речи), но отличались меньшей по сравнению со вторым методом экономичностью.

В методе кодирования формы сигнала используются три основных способа кодирования:

- импульсно-кодовая модуляция (ИКМ),
- дифференциальная ИКМ - ДИКМ
- и дельта-модуляция - ДМ.

ИКМ соответствует цифровой сигнал непосредственно с выхода АЦП, в нем сохраняется вся избыточность аналогового речевого сигнала.

При ДИКМ эта избыточность несколько уменьшается за счет того, что квантованию с последующим кодированием и передачей по линии связи подвергается разность между исходным речевым сигналом и его предсказанным значением, а при приеме разностный сигнал складывается с предсказанным значением, полученным по тому же алгоритму предсказания.

Шкала квантования может быть равномерной, неравномерной или адаптивно изменяемой; предсказание сигнала может быть не зависящим от формы последнего или же зависеть от формы сигнала, т.е. быть адаптивным.

Если при кодировании сигнала используются элементы адаптации, то соответствующую разновидность ДИКМ называют адаптивной ДИКМ - АДИКМ. ДМ - это ДИКМ с однобитовым квантованием, она также может быть адаптивной (АДМ).

АДИКМ находит применение, например, в беспроводном телефоне с коэффициентом сжатия сигнала около 2.

Второй метод – кодирование источника сигнала, или кодирование параметров сигнала.

Этот метод первоначально основывался на данных о механизмах речеобразования, т.е. использовал своего рода модель голосового тракта и приводил к системам типа анализ-синтез, получившим название вокодерных систем или вокодеров.

Вокодерные методы на основе линейного предсказания применяются, например, в сотовой связи.

Методы сжатия изображений

Эти методы обычно разрабатываются для конкретного типа изображений.

Условно различают четыре класса изображений в зависимости от количества цветов, площади областей, заполненных одним цветом, плавности перехода цветов и т.д.

Соответственно, для каждого типа изображения наилучшим будет свой алгоритм сжатия и, как следствие, разработано большое число специализированных алгоритмов компрессии изображений, основанных на дискретном косинусном преобразовании (например, JPEG), вейвлет-преобразовании, фрактальных свойствах изображения и т.д.

Алгоритмы сжатия видеоинформации

Аналогично, **алгоритмы сжатия видеоинформации** учитывают еще большее количество факторов, влияющих на избыточность, которые могут быть положены в основу эффективной компрессии.

Например, в отличие от сжатия статического изображения, при построении алгоритмов сжатия видеоизображения используется тот факт, на скорости 25 кадров в секунду, как правило, соседние кадры изменяются незначительно.

Для более подробного ознакомления с методами и алгоритмами сжатия, требованиям к ним, сравнительным характеристикам можно обратиться к сайту <http://www.compression.ru/>, где представлен значительный массив информации по разным аспектам сжатия данных.

Помехоустойчивое кодирование

В каналах с помехами эффективным средством повышения достоверности передачи сообщений является помехоустойчивое кодирование. В отличие от сжатия, при помехоустойчивом кодировании вносится дополнительная избыточность в код. Избыточность вводится с помощью дополнительных символов, предназначенных либо для проверки правильности приема сообщения, либо для коррекции ошибок. Чем больше избыточность кода, тем выше его корректирующая способность.

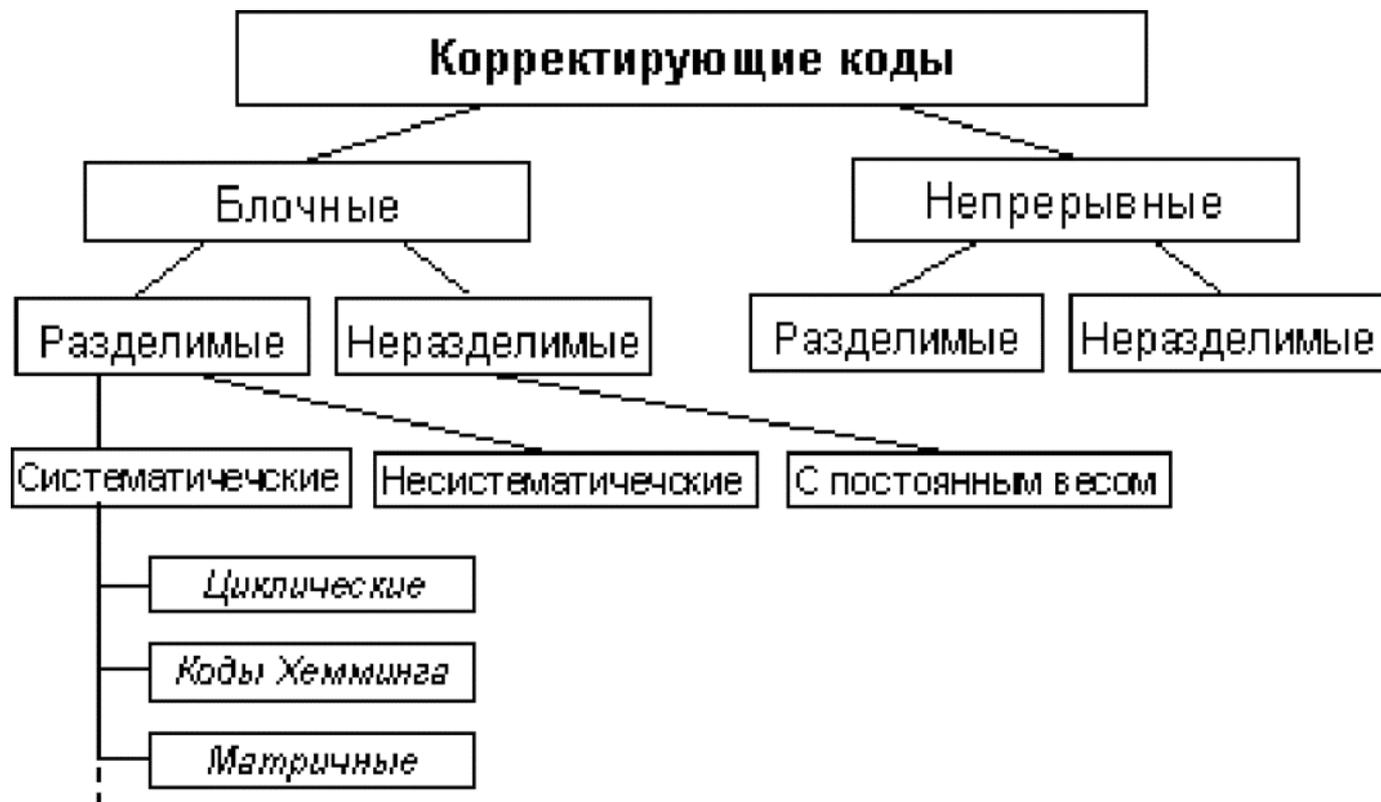
Простейшим способом для обнаружения ошибок в передаваемом пакете данных является проверка четности с помощью расширения передаваемого сообщения за счет добавления бита четности в код. С помощью данного кода нельзя восстановить данные, но можно обнаружить одиночную ошибку. Бит четности устанавливается во время отправки данных, и затем рассчитывается и сравнивается во время получения данных. Он равен сумме по модулю 2 всех бит данных в пакете. То есть число единиц в пакете всегда будет четно.

Изменение этого бита (например, с 0 на 1) сообщает о возникшей ошибке. Общая идея помехоустойчивого кодирования состоит в том, что из всех возможных кодовых слов считаются допустимыми не все, а лишь некоторые из них.

Например, в коде с контролем по четности считаются допустимыми лишь слова с четным числом единиц. Ошибка превращает допустимое слово в недопустимое и поэтому обнаруживается.

В настоящее время известно большое число помехоустойчивых кодов, отличающихся как принципами построения, так и основными характеристиками:

Классификация корректирующих кодов



Все известные в настоящее время коды могут быть разделены на две большие группы: блочные и непрерывные.

Блочные коды характеризуются тем, что последовательность передаваемых символов разделена на блоки.

Операции кодирования и декодирования в каждом блоке производятся отдельно. Отличительной особенностью непрерывных кодов является то, что первичная последовательность символов, несущих информацию, непрерывно преобразуется по определенному закону в другую последовательность, содержащую избыточное число символов.

Здесь процессы кодирования и декодирования не требуют деления кодовых символов на блоки. Разновидностями как блочных, так и непрерывных кодов являются делимые и неделимые коды.

В разделимых кодах всегда можно выделить информационные символы, содержащие передаваемую информацию, и контрольные (проверочные) символы, которые являются избыточными и служат исключительно для коррекции ошибок.

В неразделимых кодах такое разделение провести невозможно.

Наиболее многочисленный класс разделимых кодов составляют линейные коды. Основная их особенность состоит в том, что контрольные символы образуются как линейные комбинации информационных символов.

В свою очередь, линейные коды могут быть разбиты на два подкласса:

систематические и несистематические.

Все двоичные систематические коды являются групповыми.

Последние характеризуются принадлежностью кодовых комбинаций к группе, обладающей тем свойством, что сумма по модулю два любой пары комбинаций снова дает комбинацию, принадлежащую к этой группе.

Линейные коды, которые не могут быть отнесены к подклассу систематических, называются несистематическими.

В настоящее время в технических приложениях в основном используются двоичные блочные корректирующие коды.

Основными характеристиками таких помехоустойчивых кодов являются:

- число разрешённых и запрещённых кодовых комбинаций;
- избыточность кода;
- минимальное кодовое расстояние;
- число обнаруживаемых или исправляемых ошибок;
- корректирующие возможности кодов.

Интернет-ресурсы

- <http://www.stel.ru/equipment/telemedicine/354/>
- <http://www.kcm.ru/index.php/avtomatizatsiya/sistemy-telemeditsiny> !!
- <http://old.mednet.ru/ru/naczionalnaya-telemediczijskaya-sistema.html> - национальная
- https://tomsk.1cbit.ru/1csoft/bit-upravlenie-meditzinskim-tsentrom/?cm_id=869874841_46637738307_231097657145_kwd-328344928741_c_1t1_g_&gclid=Cj0KCQiAtvPjBRDPARIsAJfZz0pynujUg0CiD_JlwWeIc847HFjNwACY7pqZI5UA4yq0qfQMPL68hygaApYbEALw_wcB
- <http://www.kmis.ru/kmis4>
- <http://www.mgerm.ru/>
- <http://www.mgerm.ru/support/demo-pptx.html>
- <http://www.ristar.ru/>
- <https://www.medesk.ru/>
- <http://itm.consef.ru/main.mhtml?Part=84>
- <http://symmetria-med.ru/blog/obzor-meditzinskih-informatsionnyh-sistem-mis-v-2018-godu.html> - рейтинг