

УДК 654+681.3

В.В. ДЕРГАЧЕВ, И.Е. ВИЛИНОВ, А.В. ВОЛОДИН**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА**

Рассматриваются вопросы повышения эффективности проектирования транспортной сети за счёт системного подхода к оценке качества сети и качества предоставляемых ею услуг связи. Приводятся методы и технические средства, обеспечивающие постоянство и комплексность контроля качества сети на различных этапах её жизненного цикла.

Ключевые слова: проектирование систем связи, IP-телефония, метрики.

Введение. Всё возрастающие требования современного производства к уровню автоматизации бизнес-процессов, к номенклатуре и качеству предоставляемых услуг связи определяют необходимость соответствующего повышения качества транспортной сети в составе корпоративной телекоммуникационной информационно-управляющей системы. Одновременно возрастают требования к качеству самого процесса проектирования создаваемой сети. Проектирование в данном случае должно выполняться с максимальным использованием эффективных методов контроля и управления основными параметрами сети, обеспечивая таким образом возможность активного наблюдения за процессом разработки. Кроме того, необходимо уже с первых этапов обеспечить адекватность оценок качества сети и качества предоставляемых ею услуг. Такой подход позволит сохранить принцип многокритериальности на всех этапах разработки при существенном повышении качества проектируемой сети.

Общие вопросы оптимизации транспортной сети, связанные с обоснованием архитектуры, решением задач системного подхода к анализу и синтезу проектируемой сети без привязки к конкретным вариантам структурной схемы и методам динамической оценки качества сети, достаточно подробно рассмотрены в работах [1,2].

Целью настоящей работы является изыскание путей повышения качества проектирования транспортной сети с учётом взаимосвязи её технических параметров с качеством предоставляемых услуг, направленных на обеспечение возможности адекватной оценки эффективности создаваемой сети независимо от этапа проектирования.

Определение номенклатуры параметров проектируемой сети на транспортном уровне. Качество обслуживания, в соответствии с рекомендациями МСЭ – Т E.800 определяемое как общее субъективное понятие, характеризует степень удовлетворения пользователя предоставленным ему обслуживанием. При этом понятно, что самый важный фактор, влияющий на оценку качества, в частности, для IP-телефонии, – это обеспечение приемлемого качества передачи речи. Распространено также для оценки качества более широкое понятие – “качество вызова” [3]. Последнее определяется двумя основными факторами, влияющими на восприятие конечным абонентом качества соединения: сквозная задержка, от которой зависит “интерактивность” разговора, и само качество речи. Основными показателями качества сети в данном случае, учитывая рассмотрение на транспортном уровне, будем считать производительность сети как общую характеристику и отдельные её составляющие: пропускную способность оборудования, быстродействие сети и задержку сигнала в тракте.

Далее необходимо рассмотреть, как эти характеристики, в максимальной степени адекватно определяющие и качество сети, и качество воспроизводимого сигнала, изменяются в мультисервисной системе в зависимости от выбранных типов транспортной сети и методов обработки сигнала.

Оценку качества проведём для двух видов транспортной сети как наиболее распространённых при модернизации сетей производственно-технологической радиосвязи: с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов.

Каждый из указанных типов сети обеспечивает передачу сообщений, различающихся полосой рабочих частот, временем передачи, адресами передатчика и приёмника, формой представления информации – аналоговой или цифровой.

Особенности сетей с коммутацией каналов связаны с необходимостью предоставления пользователям системы сквозного канала между абонентами. Такие сети, как известно, наилучшим образом обеспечивают передачу данных произвольной длины в условиях, когда на величину задержки распространения информации накладываются жёсткие ограничения, а также передачу квазинепрерывных потоков данных.

Расчет и оценка качества различных типов транспортной сети. Оценить значения основных показателей качества сети с коммутацией каналов можно с помощью известных математических соотношений теории массового обслуживания. В частности, для оценки качества обслуживания абонентов, расчётов пропускной способности и загрузки радиоканалов широкое распространение получили формулы Эрланга, при этом:

а) для системы с отказами (потерями), когда режим информационного обмена между абонентами осуществляется без диспетчера, а эффективность режима определяется вероятностью отказа ($P_{\text{отк}}$), используется В-формула Эрланга:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{n!} \left[\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \right]^{-1}, \quad (1)$$

где n – число выделенных каналов; α – нагрузка сети, Эрл.; $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$; μ – интенсивность потока

обслуживания – величина, обратная среднему времени обслуживания $t_{\text{обсл}}$; λ – интенсивность входного потока (вызовов) сети, $\lambda = \lambda_1 N_{\text{аб}}$; $\alpha = \alpha_1 N_{\text{аб}}$; $N_{\text{аб}}$ – количество аб-

нентов сети; α_1 – нагрузка одного абонента; $\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}$; λ_1 – интенсивность входного потока

от одного абонента;

б) для системы с ожиданием и организацией очереди, когда режим информационного обмена между абонентами осуществляется с помощью диспетчера, используется С-формула Эрланга, которая в зависимости от рассчитываемого параметра принимает один из двух видов:

$$P_{\text{отк (ож)}} = \frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n} \right)^s \left[\sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n} \right)^s \right]^{-1}, \quad (2)$$

где $P_{\text{отк (ож)}}$ – вероятность отказа сети с ожиданием и ограниченным числом заявок в очереди; m – число заявок, которыми ограничена очередь; s – число заявок в очереди;

или

$$P_{\text{ож}} = \frac{\alpha^n}{n!} \left[\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^{n+1}}{n!(n-\alpha)} \right]^{-1}, \quad (3)$$

где $P_{\text{ож}}$ – вероятность постановки заявки в очередь при неограниченном сроке ожидания.

Параметры информационных потоков, необходимые для выполнения упомянутых выше расчётов, определяются по результатам исследований характеристик пространственно-временного распределения абонентского трафика и результатов реинжиниринга обследуемого бизнес-процесса. Примеры практического использования формул (1) – (3) приводятся в работе [2].

Технологии коммутации пакетов были специально разработаны для повышения эффективности компьютерных сетей, требующих увеличения общей пропускной способности из-за характерных для этих сетей неравномерности генерации трафика и высокого уровня пульсаций скорости передачи данных.

Пакеты транспортируются по узлам сети как независимые информационные блоки. Отличительной особенностью коммутаторов пакетной сети от коммутаторов каналов является наличие

Сети передачи данных в режиме коммутации пакетов обеспечивают передачу данных (*PMD*) и передачу коротких массивов данных (*SDS*), а также в сочетании с *IP* –технологией – передачу голосовой информации. При этом в рамках режима *PMD* пользователю могут быть предоставлены два типа услуг пакетной передачи: с установлением логического соединения и без него, различающихся типом поддерживаемого протокола передачи данных, в частности, протокола *X.25* – для первого типа услуг и протокола *CLNP* (*SCLNP* в случае транкинговой *TETRA*-сети) – для второго типа услуг, т.е. без установления логического соединения [4].

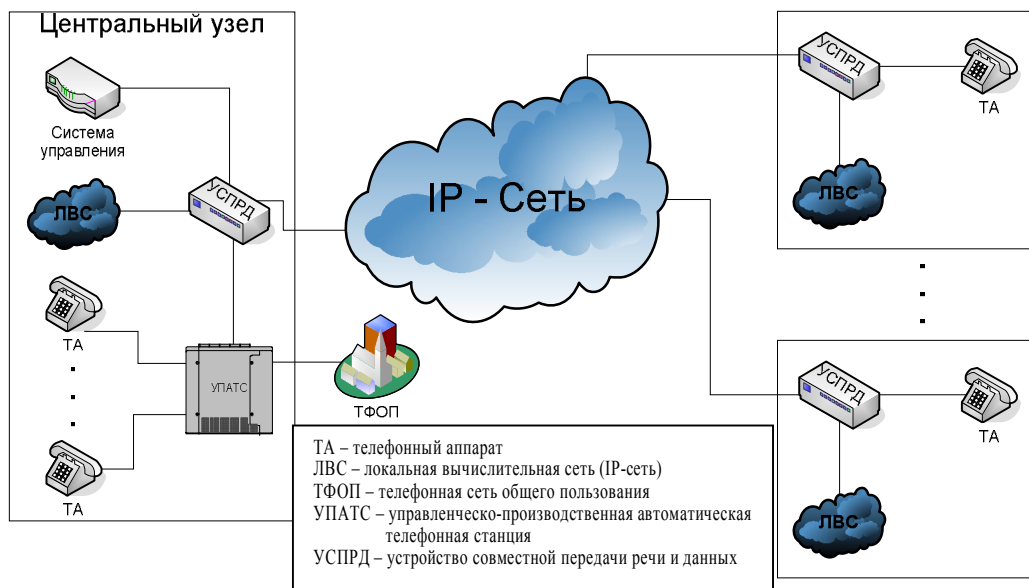


Рис.1. Общий вид схемы организации радиотелефонной связи по пакетной сети

Главной задачей современного развития IP-телефонии является дальнейшее совершенствование механизмов сквозного качества обслуживания (*Quality of Service – QoS*) с целью достижения качества речевой связи на уровне традиционных телефонных сетей.

ского обеспечения. Часто возникает задача автоматического определения степени схожести аудиопотоков. Под метрикой будем понимать степень схожести аудиопотоков. Метрику можно применять для оценки качества при разработке кодека или при комплексных испытаниях сети, а также в условиях эксплуатации сети для кодирования аппаратуры в режиме «постоянного качества» сети.

Наиболее простой класс метрик оценки качества звукового сигнала основан на анализе совокупной оценки различных показателей качества сравниваемых объектов. Комплексный подход к метрологическому обеспечению в данном случае связан с совместным использованием результатов непосредственной оценки отдельных качественных показателей голосового сигнала (звук, тембр и др.) и методик амплитудно-частотно-временных метрик (измерение в каналах значений амплитуд отдельных спектральных составляющих, коэффициентов усиления трактов и других параметров) сравниваемых объектов с целью минимизации метрологических погрешностей.

В общем случае можно сравнивать объекты, например, по максимальному отклонению амплитуд выходного сигнала $D = \max_i |a_i - b_i|$, где векторы a и b – это значения амплитуд сравниваемых сигналов.

Другим критерием оценки может служить среднеквадратичное отклонение амплитуд сигналов *RMS* (*root mean square*):

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - a)^2}{n}}, \quad (4)$$

где a – среднее арифметическое амплитуд измеряемых сигналов.

На практике используется модификация данной меры (4), называемая *PSNR* (*peak-to-peak signal-to-noise ratio*) – пиковое отношение сигнал – шум.

$$PSNR = 20 \lg \left(\frac{A_{\max}}{RMS} \right), \quad (5)$$

где $A_{\max}$ – максимально возможная амплитуда сигнала.

Применение упомянутых выше метрик совместно с непосредственной оценкой качества звукового сигнала позволит минимизировать влияние человеческого фактора, связанного с различной чувствительностью человеческого уха к искажениям сигнала в различных участках частотного диапазона.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество речи в *IP*-сети, является сквозная задержка сигнала, связанная с процессами обработки сигнала в кодеках при кодировании и декодировании сигнала, что необходимо знать и учитывать при выборе кодека.

Существуют два основных вида кодеков: сигнальные и вокодерные. Некоторые новейшие кодеки базируются на комбинации этих двух кодеков и в этом случае называются гибридными.

Сигнальные кодеки не учитывают природу обрабатываемого сигнала; скорость передачи импульсов одного речевого канала составляет 64 Кбит/с. В общем случае сигнальные кодеки очень просты, работают быстро и обеспечивают очень высокое качество, но требуют довольно широкой полосы пропускания.

Вокодеры анализируют характерные параметры речевого сигнала и передают их значение. Принимаемая сторона синтезирует сигнал в соответствии со значением этих параметров. Как правило, вокодеры (например, *G.723.1*) обеспечивают очень высокую степень сжатия, но придают речи “искусственный” характер, а музыку и шумовой фон вообще передают с плохим качеством.

Гибридные кодеки (например, *GSM*, *G.728* и *G.729*) сочетают в себе высокую степень сжатия, присущую вокодерам, и высокое качество сигнальных кодеков. Они обеспечивают очень хорошее качество воспроизведения речи и могут принимать полезный сигнал даже при высоком уровне шумового фона [3]. Однако устройство гибридных кодеков зачастую значительно сложнее вокодерных.

К основным показателям качества для сравнительной оценки выбираемых кодеков в большинстве случаев относятся: требуемая полоса пропускания (скорость потока информации),

качество речи и привносимая задержка сигнала; учитывается также сложность реализации кодека. Характеристики некоторых наиболее известных типов кодеков приведены в таблице.

Характеристики некоторых типов кодеков

Тип кодека, метод сжатия	Скорость передачи, Кбит/с	Средняя субъективная оценка качества речи (MOS)	Задержка при кодировании, мс
G.711, PCM	64	4.1	0.75
G.726, ADPCM	32	3.85	1
G.728, LD-CELP	16	3.61	3 to 5
G.729, CS-ACELP	8	3.92	10
G.729x2, Encodings	8	3.27	10
G.729x3, Encoding	8	2.68	10
G.729a, CS-ACELP	8	3.7	10
G.723.1, MP-MLQ	6.3	3.9	30
G.723.1, ACELP	5.3	3.65	30

В таблице обозначены:

PCM (Pulse Code Modulation) – импульсно-кодовая модуляция;

ADPCM (Adaptive Differential Pulse Modulation) – адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция;

LD-CELP (Low-Delay Code Excited Linear Prediction) – кодирование с помощью линейного прогнозирования с низкой задержкой;

CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code- Excited Linear Prediction) – сопряженно-структурное алгебраическое кодирование с помощью линейного прогнозирования;

MP-MLQ (Multi-Pulse, Multi-Level Quantization) – множественное импульсное многоуровневое квантование;

ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction) – алгебраическое кодирование с помощью линейного прогнозирования.

К основным составляющим привносимой задержки сигнала, помимо указанной в таблице задержки кодирования, относят также задержки: алгоритмическую¹, пакетизации², буферизации¹ и фазового дрожания¹.

Оценка показателей качества проектируемой сети с помощью тестового оборудования. Системный подход как основа высокоэффективного проектирования, направленного на оптимизацию результатов проектирования по критерию “эффективность – стоимость”, предполагает проведение обязательных работ по предпроектному обследованию существующей системы и тестированию отдельных её фрагментов. В ходе такого обследования прежде всего необходимо составить подробную схему связи сети, которая позволит максимально точно сформулировать технические требования, предъявляемые к параметрам проектируемой сети и её компонентам, и минимизировать объём требуемых доработок существующей системы.

При построении схемы в зависимости от необходимой степени детализации описываемых элементов могут использоваться различные системы сетевого управления. Так, например, систе-

¹ Время задержки определяется кодеком и указывается в справочных материалах.

² Время задержки $t_{\text{зад}}$ определяется для голосового пакета размером L по формуле $t_{\text{зад}} = L/\Delta F_{\text{треб}}$, где $\Delta F_{\text{треб}}$ – полоса речевого сигнала с учётом алгоритма сжатия.

ма *Spectrum* фирмы *Aprisma Management Technologies* позволяет, как показано в работе [5], определить и тип устройства, и модель, и фирму-производителя, указать все связи и каналы между устройствами. Другие системы, например, типа *Spectrum element manager (SPEL)*, могут идентифицировать только отдельные устройства, а связи между ними наносятся исполнителем.

К другому типу тестирующих систем относится программное обеспечение *EkaHau Professional Wi-Fi Site Survey and Prediction (SSP)* для *Proxim*. Это – профессиональное средство для проведения предпроектного обследования и радиоразведки, направленных на достижение оптимальных решений по построению беспроводных сетей стандартов 802.11 a/b/g. *SSP* позволяет выполнять предварительные работы по планированию, развитию, анализу статистических материалов, осуществлять контроль и подготовку отчётов о результатах радиоразведки (рис.2). Отчёты содержат характеристики зон радиопокрытия *Wi-Fi* – радиопередающих устройств, информацию о режимах их работы.

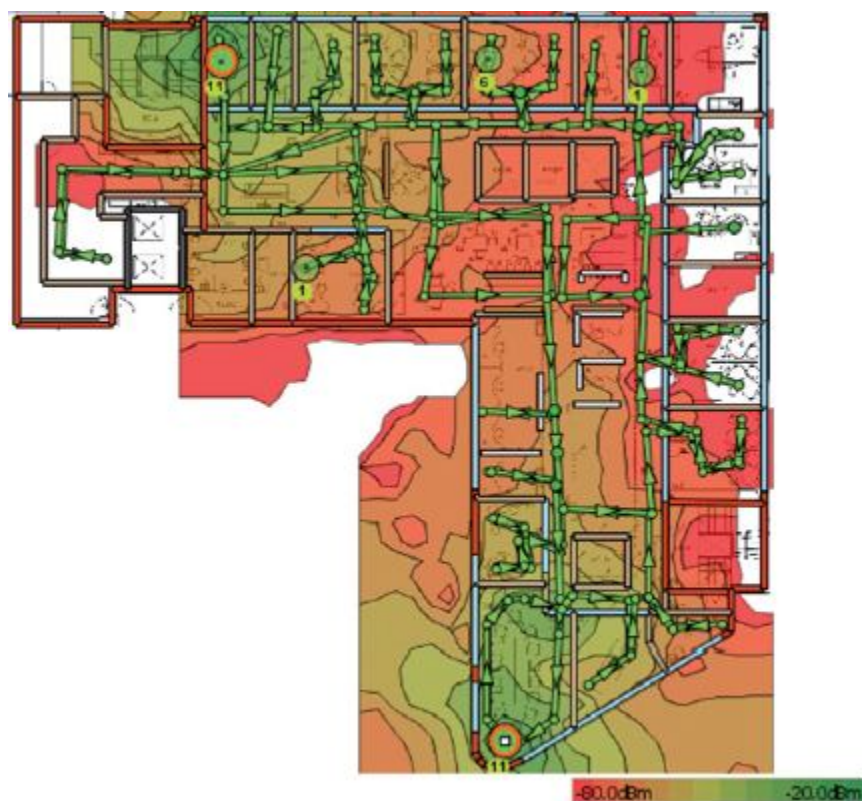


Рис.2. Общий вид зон радиопокрытия по результатам работы ПО *SSP*

В отличие от других средств, которые строят исключительно теоретические модели, *SSP* позволяет произвести обследование на примере оборудования, которое планируется использовать. В комбинации с точным планом местности *SSP* прогнозирует характеристики, основанные на действительных данных. Такая технология позволяет прогнозировать более точно зоны радиопокрытия по сравнению с теоретическим моделированием, которое показывало неточности более чем в 15 dB при прогнозировании уровня сигнала. На рисунке цифрами обозначены точки доступа, стрелками показан маршрут для определения радиопокрытия.

Новые возможности в вопросах тестирования и повышения качества проектирования мультисервисных сетей рекламируются компаниями *Cisco Systems* и *D-link*, предложившими технологию построения гибридной беспроводной сети. Основная идея предлагаемой технологии заключается в применении алгоритмов анализа радиочастотной среды (*Radio Resource Management, RRM*) в режиме реального времени всей беспроводной сети (*Wireless Local Area Network, WLAN*). Именно наличие этих протоколов дает способности инфраструктуре самостоятельно выполнять

процедуры настройки, оптимизации и устранения возникающих проблем. Новая архитектура, подразумевающая «облегченные» точки доступа, и централизованный контроллер выполняют следующие задачи:

- мониторинг радиоресурсов;
- динамическое выделение каналов;
- обнаружение и устранение радиопомех;
- динамическое управление мощностью передатчиков;
- обнаружение и устранение "дыр" в зоне покрытия;
- балансировка нагрузки клиентов и сети.

Эффективность функционирования мультисервисной сети можно также дополнительно улучшить за счёт использования контроллера беспроводного доступа (*Cisco Wireless LAN Controller*) и системы управления беспроводной сетью (*Cisco Wireless Control System*) с соответствующим протоколом маршрутизации (*Lightweight Access Point Protocol*).

Использование упомянутой технологии позволяет организовать беспроводную сеть в составе мультисервисной системы с централизованной подсистемой защиты от несанкционированного доступа, а также средствами для отслеживания и визуализации местоположения радиообъектов в реальном времени и осуществление бесшовного роуминга на двух и трех уровнях модели *OSI* (*Open Systems Interconnection Basic Reference Model*). Пример построения топологии гибридной сети с использованием технологии компании *Cisco* показан на рис.3.

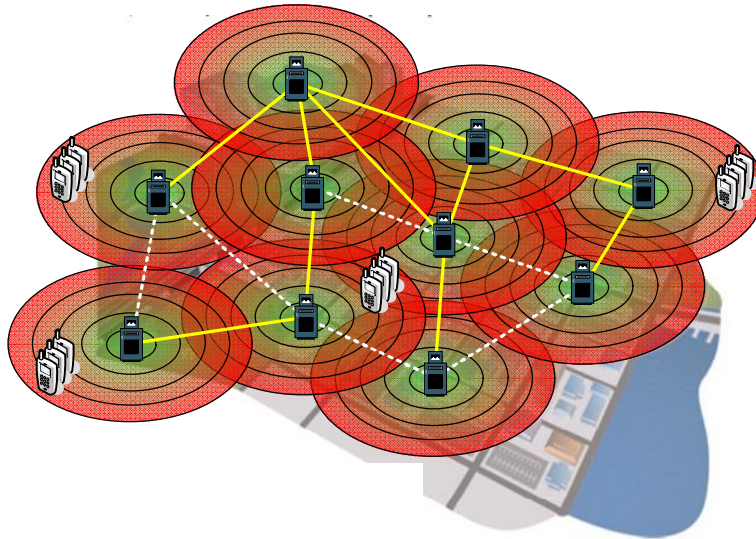


Рис.3. Топология гибридной сети, разработанная с использованием технологии *Cisco systems Inc*:
 - - - - - беспроводная связь; — — — — — проводная связь

На рисунке видно, что такая гибридная технология позволяет не только быстро развернуть беспроводную сеть, но и позволяет динамически реконфигурировать её в зависимости от распределения нагрузки в каждый конкретный момент. Проводная связь используется для надежного скоростного подключения беспроводных точек доступа. Беспроводная связь используется для подключения абонентов, а также как магистральная связь при перегрузке проводной связи или выходе её из строя. Следует также отметить, что контроллер постоянно получает информацию от всех точек доступа и имеет полную и исчерпывающую информацию для обеспечения наилучшей логики пакетов данных.

Ещё одна важная проблема, связанная с оценкой эффективности взаимодействия оборудования различных производителей, использующих гетерогенные технологии передачи информации в составе одной вычислительной сети, может быть решена с помощью абстрактной модели взаимодействия открытых систем *OSI*.

Модель *OSI* делится на семь уровней, или слоев, и представляет собой рекомендации для создания стандартов сетевых протоколов. Использование таких рекомендаций должно применяться при разработке аппаратных и программных средств вычислительных сетей, для обеспечения совместимости всех компонентов системы. Информация в процессе передачи по сети должна быть подвергнута процессу инкапсуляции на передающей стороне и деинкапсуляции на принимающей.

На рис.4 показаны уровни модели *OSI* и соответствующие им протоколы, стандарты и наименования блоков данных протоколов (БДП). Необходимо иметь в виду, что на практике чаще применяют более простую модель *TCP/IP*. Модель *TCP/IP* объединяет некоторые уровни модели *OSI*, так, уровень приложений модели *TCP/IP* объединяет приложения, представления и сеансовый, а канальный и физический модели *OSI* объединены в физический уровень *TCP/IP*. Таким образом, модель *TCP/IP* имеет всего четыре уровня по сравнению с моделью *OSI*.

	OSI уровень		Протокол	БДП	TCP/IP уровень
7	Приложений		HTTP, POP3, SMTP, FTP	Данные	Приложений
6	Представления		Postscript, TXNS, ISO PP	Данные	
5	Сеансовый		LDAP, RPC	Данные	
4	Транспортный		NetBIOS, UDP, TCP, SPX	Сегменты	Транспортный
3	Сетевой		IP, IPX	Пакеты	Сетевой
2	Канальный	LLC	SDLC, HDLC, LAPB, X.25, SLIP	Кадры	Физический
		MAC	MAC-48, EUI-48, EUI-64		
1	Физический		V.35, RS-232, RS-485, RJ-11, RJ-45	Биты	

Рис.4. Распределение некоторых протоколов вычислительных сетей по уровням моделей *OSI* и *TCP/IP*

Работу модели *OSI* рассмотрим на примере открытого стандарта цифровой транкинговой радиосвязи *TETRA*, как наиболее распространённой среди ПМР в составе корпоративных систем, и его реализаций на основе *IP* сетей.

Физический уровень отвечает за передачу сигнала по каналу связи от источника получателю и за выбор ресурсов, используемых для передачи, однако он не гарантирует, что данные придут без ошибок или в правильной последовательности, и это возлагается на верхние уровни.

Ответственность физического уровня распространяется на физическую передачу данных конкретной точки в конкретное время, модуляцию данных и их получение от других точек. Физическим уровнем поддерживается обеспечение следующих показателей качества и характеристик системы:

- надежность. Система должна обеспечивать работоспособность при различных рабочих условиях, включая плохие радиоканалы с интерференцией;
- гибкость. Система должна предоставлять пользователям и операторам широкий выбор сервисов и режимов работы;
- узкая полоса частот. Система должна обеспечивать возможность обслуживания большого количества операторов, что требует узкого спектра модулированной несущей частоты. Кроме того, должны обеспечиваться взаимодействие с действующими системами подвижной мобильной радиосвязи и возможность поэтапного внедрения с последующим переходом на новую систему, вплоть до перераспределения частот в пользу новой системы;
- эффективное использование радиоресурсов. Система должна эффективно использовать радиоресурс с учётом изменения используемого радиоспектра.

Схематическое представление обработки данных на физическом уровне показано на рис.5.

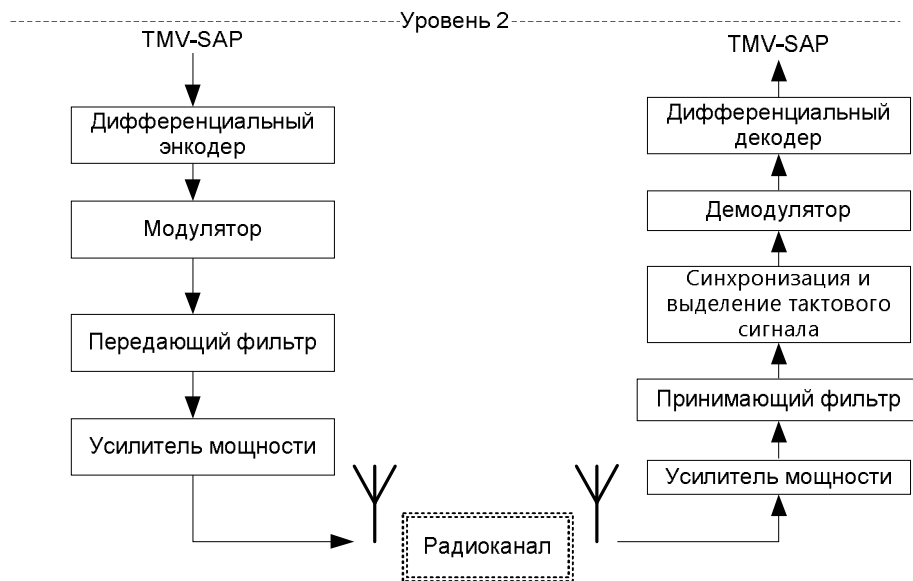


Рис.5. Функции физического уровня

Также функциям физического уровня могут быть присущи: задержки, вносимые при передаче битового потока, синхронизация, контроль питания и др. После обработки данных на физическом уровне данные передаются на обработку канальному уровню.

К функциям канального уровня относится обеспечение безошибочного соединения между передатчиком и приемником, а также обработка информации, которая затем помещается на верхний уровень. Следующая функциональность должна обеспечиваться канальным уровнем:

- технология определения и контроля ошибок для обеспечения надежности соединения с сетевым уровнем, которые не обеспечиваются физическим уровнем;
- диспетчеризация передачи данных сетевого уровня средствами физического уровня.

Поскольку *TETRA*- это мобильная технология, физический канал между передатчиком и приемником разделен между несколькими пользователями, канальный уровень по этой причине осуществляет диспетчеризацию между несколькими пользователями. В конечном итоге канальный уровень имеет некоторое количество контролируемых функций для обеспечения работы физического уровня.

Для систем с разделяемой средой передачи, таких как мобильные системы, функциональность канального уровня обычно подразделяется на два подуровня: *MAC sublayer (Media Access Control)*- подуровень управления доступом к среде и *LLC sublayer (Logical Link Control)*- подуровень управления логической связью, обеспечивающий надежную связь с верхними уровнями (рис.6). В *TETRA*-сетях основной задачей подуровня *MAC* является диспетчеризация и логическое мультиплексирование с минимальной защитой от ошибок, а также поддержание протоколов множественного доступа различных типов для передачи данных на физический уровень. При этом уровень *MAC*, в свою очередь, разделяется на два подуровня: верхний подуровень *UMAC (Upper MAC)* и нижний подуровень *LMAC (Lower MAC)*.



Рис.6. Подуровни канального уровня в разделяемых системах

Функциональность различных подуровней следующая:

- *Logical Link Control (LLC)* – этот подуровень ответственен за трансляцию и ретрансляцию, сегментацию и сборку фреймов и организацию логического канала. А также обеспечивает безошибочную передачу данных на третий уровень.

- *Upper Media Access Control (UMAC)* – верхний подуровень *MAC* обеспечивает работу процедур произвольного доступа с технологией *TDMA (Time Division Multiple Access* – множественный доступ с временным разделением каналов), к функциям которых относятся: фрагментация, объединение и синхронизация фреймов. На основании количества получаемых *AACHM (Access Assignment Channel Messages* – сообщения канала предоставления доступа) определяется качество канала по уровню и характеристикам сигнала. Информация об этом передается на верхний уровень *LLC* для определения ошибок.

- *Lower Media Access Control (LMAC)* – нижний подуровень *MAC* обеспечивает работу процедур произвольного доступа с технологией *TDMA*, к функциям которых относятся: кодирование, перемежение и связь между *UMAC* каналами и слотами, обеспечиваемыми физическим уровнем. Также он может включать в себя менеджмент битового потока, если это необходимо.

Уровни обмениваются информацией через *SAP (Service Access Points* – точки доступа к услугам сети). Всего имеются четыре *SAP* между *UMAC* и *LLC*: пользовательские данные (*TMD-SAP*), широковещательная сигнализация (*TMB-SAP*), специальная сигнализация мобильной связи (*TMA-SAP*), а также *SAP* между *UMAC* и *LMAC*, называющийся *TMV-SAP (TETRA MAC Virtual SAP)* [6]. Функциональная схема показана на рис.7. На канальном уровне протокол делится на две области:

- *U-plane* – предназначена для транспортирования информационных данных без средств адресации;

- *C-plane* – обмен управляющими сообщениями с возможностью их адресации.

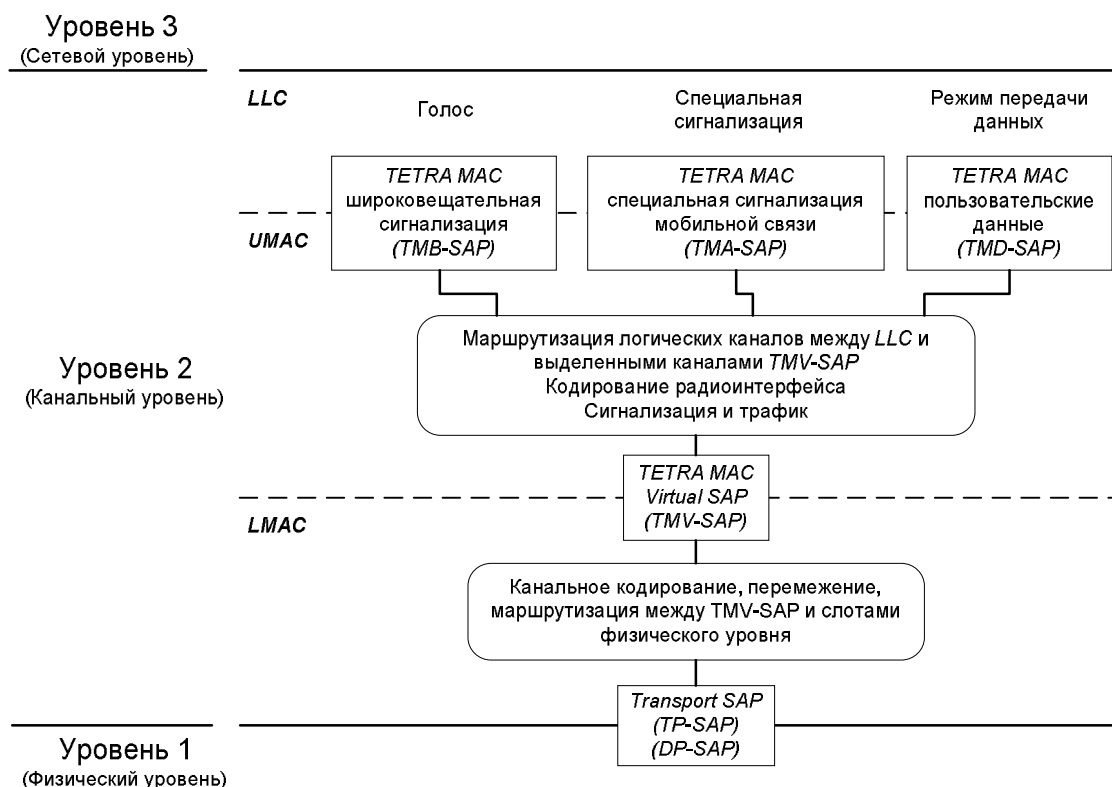


Рис 7. Функциональная схема канального уровня

Сетевой уровень ответственен за доставку информации между двумя системами (рис.8). При этом системы или соответствующие приложения могут устанавливать логическое соединение непосредственно или при необходимости через шлюз. Сетевой уровень можно разделить на два

подуровня: *MLE/BLE* (*Mobile/Base Link control Entity* – управление связью между мобильной и базовой станциями), *SNAF* (*Sub-Network Access Function* – функции доступа к подсети).

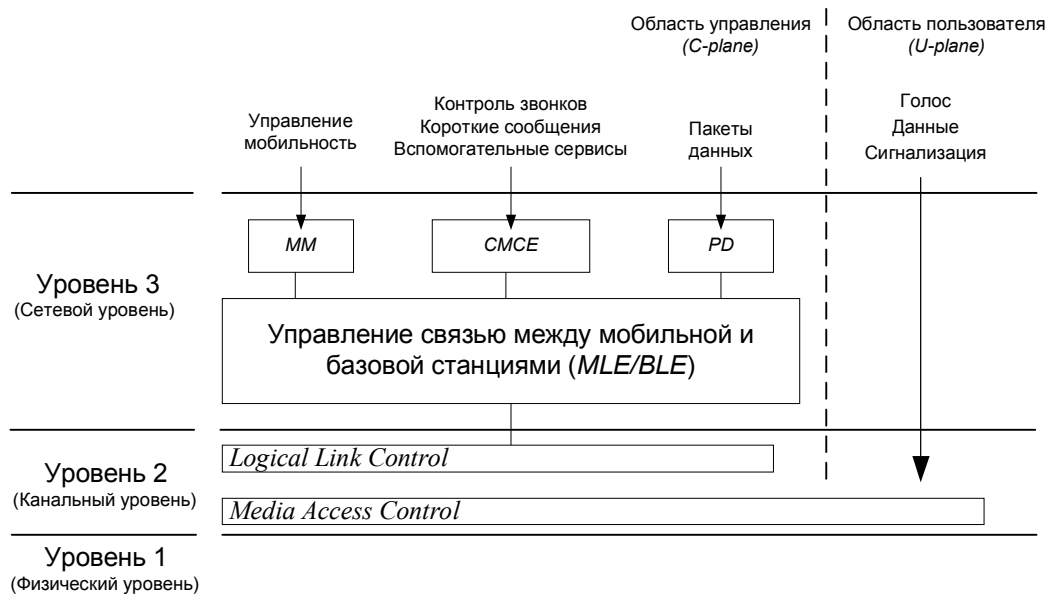


Рис.8. Функциональная схема сетевого уровня

Подуровень управления связью между мобильной и базовой станциями обеспечивает функции:

- распознавание протокола;
- установление соединения в группе;
- управление идентификацией;
- управление условиями предоставления услуг;
- прием и передача широковещательной информации.

Подуровень доступа к подсети обеспечивает управление:

- мобильностью (*MM - Mobile Management*);
- режимом с коммутацией каналов (*CMCE - Circuit Mode Control Entity*);
- пакетами данных (*Packet Data*).

Режим управления мобильностью обеспечивает процедуры, связанные с перемещением мобильных станций: выбор сети, выбор зоны, регистрацию, аутентификацию, закрепление пользователя. Комплекс задач управления режимом с коммутацией пакетов поддерживает три группы услуг:

- передачу коротких сообщений;
- управление вызовами;
- дополнительные услуги.

Использование модели *OSI*, как видно из приведённого описания, позволяет лучше понять особенности организации взаимодействия оборудования различных производителей, а также увидеть имеющиеся у *TETRA*-сетей широкие возможности по созданию на их основе высококачественных корпоративных телекоммуникационных систем в интересах современных промышленных объектов.

Вывод. В работе показана возможность повышения эффективности проектирования транспортной сети в составе корпоративной телекоммуникационной системы за счёт комплексного использования современных методов исследования, тестирования и использования метрик, обеспечивающих системность предлагаемого методического подхода к проектированию, постоянство контроля качества и возможность адекватной оценки качества проектируемой сети и качества, предоставляемых ею услуг связи на протяжении всего жизненного цикла сети.

Библиографический список

1. Вилинов И.Е. Оптимизация архитектуры сети профессиональной мобильной радиосвязи промышленного объекта / И.Е. Вилинов, А.В. Володин // Телекоммуникации. – 2008. – №1.
2. Вилинов И.Е. Метод внутрисистемной оптимизации сети профессиональной мобильной радиосвязи / И.Е. Вилинов, А.В. Володин // Телекоммуникации. – 2008. – №9.
3. Мюнх Бьярне. IP -телефония. Как обеспечить качественную передачу речи. Часть 1 / Бьярне Мюнх // Сети и системы связи. – 2000. – №3.
4. Овчинников А.М. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи / А.М. Овчинников, С.В. Воробьев, С.И. Сергеев. Серия издания «Связь и бизнес». – М.: МЦНТИ ООО «Мобильные коммуникации», 2000.
5. Колосков М.С. Модернизация сети: что делать и как / М.С. Колосков // Сети и системы связи. – 2000. – №13.
6. Dunlop J., Girma D., Irvine J. «Digital mobile communications and the TETRA system». England: Wiley, 1999.

Материал поступил в редакцию 31.03.10.

V.V. DERGACHEV, I.E. VILINOV, A.V. VOLODIN

EFFECTIVIZATION OF THE TRANSPORT TELECOMMUNICATIONS DESIGN FOR CORPORATIVE SYSTEM OF AN INDUSTRIAL OBJECT

Improvement of transport network design efficiency problems at the expense of the system approach to the estimation of network quality and assigned communications services quality are considered. Methods and technical facilities that provide constancy and control complexness of network quality on different stages of its life cycle are offered.

Key words: designing communications network, IP-telephony, metrics.

ДЕРГАЧЕВ Валентин Валентинович (р. 1980), начальник отдела УИ Ростовского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук (2008). Окончил Ростовский государственный университет путей сообщения (2002).

Область научных интересов: проектирование и управление телекоммуникационными системами. Автор 11 научных публикаций.

whitevv@ya.ru

ВИЛИНОВ Игорь Евгеньевич (р. 1962), генеральный директор ОАО «Новороссийский морской торговый порт» «НМТП», профессор (2005) кафедры «Управление и менеджмент» института управления и инноваций авиационной промышленности ДГТУ, доктор экономических наук (2002). Окончил Одесский институт инженеров морского флота (1982).

Область научных интересов: организация и управление производством, технико-экономическая оценка автоматизированных систем управления.

Автор более 50 научных публикаций.

vilinov @ncsp-net.com

ВОЛОДИН Анатолий Владимирович (р. 1939), доктор технических наук (1998), действительный член Академии инженерных наук РФ им. А.М. Прохорова (2003), лауреат премии СМ СССР в области радиоэлектроники (1989), независимый эксперт ОАО «НМТП». Окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана (1963).

Область научных интересов: проектирование и оптимизация телекоммуникационных радиотехнических систем.

Автор более 100 научных публикаций, в том числе 27 авторских свидетельств и 4 патентов на изобретения.

volodin.av@mail.ru