

Развитие инфокоммуникационных технологий (эволюция широкополосного мобильного доступа, сетей связи и Интернета)

Содержание

Новая эра в развитии человечества и общества
Исторический обзор развития инфокоммуникаций
Эволюция широкополосного мобильного доступа:

- развитие
- достижения
- проблемы
- пути эволюции:
 - новые технологии
 - сервисы
 - прогнозы.

Эволюция сетей связи и Интернета:

- сети связи и общество
- Интернет будущего
- сеть связи будущего
- новые технологии в построении сетей.

Человечество и общество – новая эра развития

Концепции развития:

- технологии,
- информация,
- коммуникации,
- глобализация,
- интеграция,
- окружающая среда,
- экономическая революция.

В начале 21 века наступила новая эра в развитии человеческого общества. Рассматривая любую область человеческих знаний, уже не говорится об отдельной стране или континенте. Речь идет обо всей планете. Наступает новая эпоха для более чем шестимиллиардного населения планеты, которое по прогнозам через 4 года должно увеличиться до 9 миллиардов.

Говоря о развитии телекоммуникационной отрасли, в настоящее время используют термин «устойчивое развитие телекоммуникаций» (слайд 2).

Слово устойчивость произошло от латинского *sustinere* (*tinere* – держать, удерживать, сохранять; *sus* – наверх, выше). Словари дают более десяти-

ти значений слова sustain (поддерживать), основные из них - обслуживать, обеспечивать, выдерживать.

При этом возникает противоречие с математическим определением, где устойчивость означает равновесие, а развитие возможно только при постоянном выводе системы из равновесного состояния.

Начиная с 80-х годов, понятие устойчивое развитие используется в смысле развития человечества.

По определению комиссии ООН (Brundtland Commission), принятому в марте 1987 года, устойчивое развитие - это развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Термин устойчивое развитие стал модным словосочетанием в 90-х годах.

Определение слова было расширено, чтобы включить все виды «вещей», которые являются наиболее ценными для различных групп по интересам.

В основе концепции лежит принцип, что общество осуществляет свою деятельность в интересах окружающей среды в целом.

Мир, который мы оставим нашим детям должен быть, по меньшей мере, таким же здоровым и справедливым, как и тот, который мы унаследовали.

Одна из проблем, с которой столкнулось человечество – необходимость резкого сокращения энергопотребления.

Ярким примером использования телекоммуникационных технологий, приводящим к сокращению потребления энергии, является «ведение бизнеса по проводам»:

- telecommuting (исключение физического перемещения хотя бы несколько раз в неделю, работая рядом с домом или дома) – «moving bits rather than atoms»;
- teleworking (устранение поездок, работа с сайтами- фиксированными, мобильными или с сайтами клиентов);
- home banking (онлайн финансовые сервисы);
- покупки онлайн;
- онлайн развлекательные услуги;
- онлайн обучение.

Устойчивое развитие общества невозможно без высокой степени его компьютеризации, значительное повышение степени информатизации и интеллектуализации общества – путь эффективного движения в эпоху информационного общества (**слайд 3**).

Выделяют три основных области устойчивого развития:

- экономика,
- социальные вопросы,
- экология,

и три уровня влияния информатизации для каждой области.

Первый уровень характеризуется влиянием проектирования, производства, эксплуатации и использования информатизации.

Второй уровень определяется текущим использованием и применением информатизации.

Третий уровень представляет собой совокупный эффект влияния большого количества людей, использующих информационные технологии в течение длительного периода времени.

Небольшой комментарий.

Производство в области инфокоммуникационных технологий (ИКТ), в отличие от многих других отраслей, не относится к числу отраслей, которые требуют значительного количества природных ресурсов или серьезно загрязняют окружающую среду.

Тем не менее, процессы проектирования, производства, эксплуатации и использования ИКТ по-прежнему имеют негативное воздействие на окружающую среду.

Например, средний компьютерный чип требует порядка 45 литров воды, используемой в основном для промывки; завод по производству чипов в США использует от 4,5 до 13,5 млн. литров воды в год.

Исследование, проведенное в Европейском Союзе, показало, что при производстве одного персонального компьютера выделяется 190 кг углекислого газа, производится 36 кг общих отходов и требуется около 3,6 ГДж (гигаджоуль) энергии.

В целях минимизации негативных последствий и сокращения потребления ресурсов эксперты предполагают использование новых технических решений, в том числе:

- уменьшение энергозатрат на чип,
- использование возобновляемых и экологически чистых источников энергии в мобильных телефонах,
- использование технологий, направленных на экологичное «уничтожение» оборудования.

Последние тенденции в области экономического развития показывают, что ИКТ становятся центральным элементом глобальной экономики и культуры, что характеризуется следующими основными причинами:

- скорость, с которой ИКТ распространяются в обществе, существенно выше по сравнению с любыми другими технологиями;
- ИКТ имеют чрезвычайно широкий охват и доступны на любом уровне экономического и социального развития;
- создание ИКТ требует меньшего количества ресурсов и имеет относительно низкую стоимость;

Внедрение и использование ИКТ во всех сферах жизни общества имеет существенное влияние на развитие идей устойчивого развития

Ретроспективный взгляд на развитие телекоммуникационных сетей

Многие процессы, связанные с развитием телекоммуникаций, подчиняются так называемому закону Мура (**слайд 4**), который описывает долгосрочный тренд в истории развития вычислительной техники (hardware):

- количество транзисторов, которые могут быть размещены на интегральных схемах, удваивается примерно каждые два года,
- период, часто называемый «18 месяцев», связан с именем David House (Intel), который предсказал этот срок для удвоения производительности чипа.

Возможности многих цифровых электронных устройств также тесно связаны с законом Мура: скорость обработки данных, объем памяти, сенсоры и даже количество и размер пикселей в цифровых камерах.

Эти изменения подчиняются экспоненциальному закону, и данный экспоненциальный тренд резко усиливает влияние цифровой электроники практически в каждом сегменте мировой экономики.

Закон Мура описывает движущую силу технологических и социальных изменений в конце 20 и начале 21 веков (**слайд 5**).

В 2007 году Мур заявил, что закон, очевидно, скоро перестанет действовать из-за атомарной структуры материи и ограниченности скорости света.

Одним из физических ограничений на миниатюризацию электронных схем является принцип Ландауэра, согласно которому логические схемы должны иметь возможности по отводу тепла. Возможности же по отводу тепла физически ограничены.

В качестве комментария к закону Мура было дано интересное сравнение:

«Если бы авиационная отрасль в последние 25 лет развивалась столь же стремительно, как индустрия средств вычислительной техники, то в настоящее время самолет Боинг-767 стоил бы \$ 500 и облетал бы Земной шар за 20 минут, потратив при этом пять галлонов (около 18,9 литра) топлива»

Есть ряд схожих утверждений, которые описывают процессы экспоненциального роста подобно закону Мура.

Например, менее известный "второй закон Мура", введенный в 1998 году Eugene Meurerom, говорит, что стоимость завода по производству чипов экспоненциально возрастает с увеличением сложности выпускаемых чипов.

Так, стоимость завода, где Intel выпустил чип динамической памятью 1 Кбит, составляла \$ 4 миллиона.

Стоимость оборудования для производства микропроцессоров Pentium 0,6-мкм технологии с 5,5 млн. транзисторов составил \$ 2 миллиарда.

Стоимость Fab32, завода по производству процессоров на основе 45-нм технологического процесса составила \$ 3 миллиарда.

Тренд развития ИКТ

Глобальный мировой тренд в развитии ИКТ – объединение информации и телекоммуникационных технологий. Появилась новая концепция – инфокоммуникации.

В выступлениях лидеров отрасли дано определение инфокоммуникаций как взаимодействия пользователей в различных сетях трех уровней:

- транспортного (коммутационные возможности);
- сервисного (управление коммутациями);
- контентного (наполнение).

Источниками и компонентами ИКТ являются:

- источники информации (контент-провайдеры, создатели контента),
- передающие и приемные устройства (телефон, компьютер, радио и телевидение),
- каналы передачи (проводные и беспроводные),
- устройства распределения и хранения данных (коммутационные станции, базы данных).

Помимо этого на развитие ИКТ конкретной страны большое влияние оказывают законодательная база, источники финансирования, администрирование.

Базовыми принципами инфокоммуникаций будущего являются:

- глобализация,
- персонализация,
- мобильность,
- интерактивность,
- информационная безопасность.

Три «кита» ИКТ

- Инфокоммуникационные сервисы
- Телекоммуникационные операторы
- Сетевые возможности

Развитие мобильной телефонии (поколения стандартов)

- **0G** PTT • MTS • IMTS • AMTS • Mobitex • Autotel/PALM • ARP
- **1G** NMT • AMPS • Nicap
- **2G** GSM • iDEN • D-AMPS • IS-95 • PDC • CSD • GPRS • HSCSD • WiDEN
- **2.75G** EDGE/EGPRS • CDMA2000 (1xRTT)
- **3G** UMTS (W-CDMA • FOMA) • CDMA2000 (1xEV-DO/IS-856)
• TD-SCDMA
- **3.5G** UMTS (HSPA • HSDPA • HSUPA) • CDMA2000 (EV-DO)
- **3.75G** UMTS (HSPA+) • CDMA2000 (EV-DO Rev.B/3xRTT)
- **4G** LTE • WiMAX
- **5G** не утверждено

Так, например, РТТ являлся один из первых коммуникационных стандартов мобильной телефонии - управление через беспроводные услуги аналогового мобильного оператора.

Перспективы широкополосного доступа

Поколения мобильных телекоммуникаций (слайд 6):

- 1G (first generation) – аналоговые системы;
- 2G – цифровые системы с коммутацией каналов;
- 3G – системы с коммутацией каналов и коммутацией пакетов.

В настоящее время на сцену мобильных технологий выходят новые системы: LTE и WiMAX, основные представители четвертого поколения систем мобильных технологий - 4G (слайд 7).

Системы 1G

NMT (Nordic Mobile Telephone) – аналоговый мобильный стандарт (частотный диапазон 453 - 468 МГц).

Имеет существенно большую по сравнению с другими стандартами зону обслуживания одной базовой станции и, следовательно, меньшую стоимость требуемого оборудования, а также низкое затухание сигнала на открытом пространстве, что является оптимальным для больших территорий с низкой плотностью населения.

Уязвим для подслушивания. Разговор между NMT-450 абонентами легко прослушивается в УКВ-радио диапазоне. Таким образом, конфиденциальность полностью отсутствует.

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) - аналоговый стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 825 до 890 МГц, предназначенный первоначально для Северной Америки; затем распространился в других странах.

2G-системы – GSM стандарт (850, 900, 1800, 1900 МГц)

GSM (Groupe Spécial Mobile, позже переименованный в Global System for Mobile Communications), глобальный цифровой стандарт мобильных коммуникаций, использующий частотное разделение каналов по принципу TDMA (Time Division Multiple Access).

Разработан в конце 80-х годов, обладает высокой помехозащищенностью и безопасностью. Основные услуги: голосовые вызовы, текстовые и мультимедийные сообщения, доступ в Internet.

GSM является наиболее распространенным стандартом, охватывающим 82% мирового мобильного рынка, 29% населения Земли и более 210 стран и территорий.

2G

Одно из первых приложений для кодового мультиплексирования в GPS. Примером служит Qualcomm стандарт IS-95, известный как cdmaOne.

3G

Развитием предыдущего стандарта явился Qualcomm стандарт IS-2000, известный как CDMA2000 (2,4 Mb/s). Стандарт используется несколькими мобильными операторами, включая Globalstar satellite phone network.

Также можно отметить UMTS 3G - мобильный стандарт, использующий W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

CDMA была использована в OmniTRACS спутниковой системе для транспортной логистики.

3G – системы коммутации каналов и пакетной передачи данных

Растущие потребности абонентов заставили производителей разрабатывать новые технологии для увеличения скорости передачи данных (слайд 8).

GPRS (General Packet Radio Service)

Пакетно-ориентированная система передачи данных на основе 2G и 3G стандартов глобальной системы мобильной связи(GSM).

GPRS позволяет обмениваться данными с другими устройствами в сети GSM и внешних сетях, включая сеть Интернет.

GPRS предполагает оплату по объему переданной / полученной информации, а не времени, проведенному в сети.

Скорость передачи информации:

GSM – порядка 9,6 kb/c,

GPRS – 40-50 kb/c.

Новый шаг в увеличении скорости GSM – технология EDGE

Технология повышенной скорости передачи для развития GSM (Enhanced Data rates for GSM Evolution), также известная как расширенный стандарт GPRS (EGPRS), или IMT одной несущей (IMT-SC), или повышенная скорость передачи данных для глобального развития представляет собой цифровую мобильную технологию, позволяющую увеличить скорость передачи данных (обратно совместимое расширение GSM).

EDGE считается пре-3G радиотехнологией и входит в определение МСЭ 3G.

EDGE был развернут в сети GSM в 2003 году - первоначально компанией Singular (теперь AT & T) в Соединенных Штатах.

EDGE также стандартизован 3GPP, как часть семейства GSM.

Комментарий

Первоначально на технологию EDGE возлагали большие надежды, включая поддержку потокового видео и онлайн телевидение. На практике, заявленная скорость была практически недостижима.

Реально EDGE лишь увеличивает скорость доступа в Интернет с мобильного телефона по сравнению с GPRS.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) - технология, разработанная Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) для внедрения 3G в Европе

UMTS также часто называют 3GSM, чтобы подчеркнуть тот факт, что технология относится к сетям 3G и ее преемственность в развитии сетей GSM.

UMTS - стандарт связи, который позволяет получить новый вид услуг - видеозвонки, онлайн телевидение, высокоскоростной доступ в Интернет.

Эта технология признана в качестве стандарта 3G и реализована в четырех частотных диапазонах - 850, 1700, 1900 и 2100 МГц.

Ограничение скорости UMTS прибл. 14 Мбит/с

Переход к сетям 4G. Организация широкополосного доступа

По определению Международного союза электросвязи системы 4G представляют собой беспроводные технологии, которые позволят достичь скорости передачи данных до 1 Gbit/s для стационарных или квазистационарных передатчиков и приемников и до 100 Mbit/s при обмене данными между мобильными устройствами (**слайд 9**).

Эти функции реализуются сейчас (или будет иметь место в будущем) при использовании беспроводной широкополосной технологии WiMAX и сетевых систем LTE.

Основными требованиями для реализации технологий 4G являются:

- высокая спектральная эффективность систем (выраженная в bit/s/Hz и в bit/s/Hz/cell);
- большая емкость сети: больше одновременно подключенных к сети пользователей;
- номинальная скорость передачи данных 100 Мбит/с при относительно высокой скорости абонента по отношению к базовой станции (БС) и 1 Гбит/с, если абонент и БС стационарны друг к другу;
- скорость передачи данных не менее 100 Мбит/с между любыми двумя объектами, расположенными в любой точке мира;
- «мягкая» передача между сетями различных технологий;
- «бесшовный» международный роуминг между различными сетями;
- высокое качество обслуживания для поддержки нового поколения мультимедийных услуг (высокоскоростной передачи больших объемов данных, телевидения высокой четкости - HDTV, мобильное ТВ и т.д.);
- совместимость с существующими беспроводными технологиями;

- сеть с коммутацией пакетов, построенная полностью на IP-архитектуре.

Основные характеристики сетей 4G

- 4G полностью базируется на протоколах пакетной передачи данных;
- передача данных в 4G осуществляется по протоколу IPv6, хотя в целях обратной совместимости 4G может использовать более ранние версии протокола IP.
- использование новейших технологий радиодоступа с ортогональным частотным разделением - OFDMA (эффективное использование радиочастотного спектра, стойкость к затуханиям сигнала).

Революционным преимуществом в создании сетей 4G явилось использование единого протокола IP.

Принципиальное различие между новыми и традиционными сотовыми сетями в том, что каждое абонентское устройство может работать не только как приемопередатчик, но и в качестве ретранслятора или маршрутизатора для других узлов в сети.

Каждый пользователь, присоединяющийся к сети, не только добавляет нагрузку на трафик, но обеспечивает и дополнительную емкость и покрытие.

Пользователи помогают оператору создать новую инфраструктуру, которая позволяет регулировать нагрузку на сеть и повысить эффективность ее использования.

В индустрии мобильных технологий появилась концепция всепроникающих сетей. Каждый пользователь может быть одновременно подключен к сетям различных радиотехнологий. Каждый пользователь может «бесшовно» перемещаться между разнородными сетями (например, Wi-Fi, UMTS, EDGE или любыми другими будущими технологиями доступа к сети).

Сети также включают так называемые "умные" (смарт-радио), или «обучаемые» (когнитивные) технологии радиодоступа – mesh технологии.

LTE (Long Term Evolution) технологии

Развитием сетей 4G явилось появление LTE технологий, которые в итоге стали глобальным стандартом для сетей 4G.

LTE обеспечивает пропускную способность и скорость, необходимые для эффективного обслуживания быстро растущего трафика данных.

По прогнозам к 2016 году число абонентов мобильных широкополосных сетей достигнет 5 миллиардов человек.

Отметим основные особенности LTE технологий:

- производительность и мощность
 - LTE пиковая мощность по крайней мере 100 Mbit/s;
 - поддержка скорости передачи данных свыше 300 Mbit/s;
 - теоретическая возможность пиковой мощностью до 1,2 Гбит/с (следующий этап развития LTE).

- простота
 - LTE поддерживает гибкие возможности пропускной способности с несущей частотой 1,4 МГц до 20 МГц;
 - LTE поддерживает полностью дуплексную передачу с частотным (FDD) и временным (TDD) разделением.
- задержки
 - задержка данных в пользовательских протоколах LTE меньше, чем в существующих технологиях 3G;
 - важным преимуществом LTE для обслуживания интерактивных медиа-ресурсов является эффект присутствия (например, многопользовательские игры) и обмен большим количеством медиа-контента.
- широкий спектр терминальных устройств
 - периферийные устройства и мобильные телефоны;
 - интегрированными LTE-модулями будут оснащены многие компьютеры и бытовые электронные устройства, например, ноутбуки, игровые консоли, видеокамеры и другие портативные устройства.

Внедрение технологии LTE предусматривает два основных аспекта. Это полный переход от GSM «корней» с коммутацией каналов к сетевой архитектуре all-IP. Это существенное изменение означает, что LTE будет обрабатывать весь трафик, включая передачу голоса и данных (**слайд 10**).

И, во-вторых, LTE использует технологию MIMO (массив антенн на приемной и на передающей стороне), чтобы повысить эффективность коммутации. Такая система может быть использована для увеличения мощности и снижения шума.

Существует ряд причины поддержки LTE со стороны IT-компаний:

- относительная простота перехода текущих сетей 3G к LTE (по сравнению с внедрением WiMAX);
- уменьшение числа сетевых базовых станций для LTE;
- хорошая «проницаемость» в здания сигнала частотой 700MHz, используемого в LTE;
- развертывание LTE сетей - гораздо более выгодный проект, чем сети 3G.
- LTE лучше использует частотный спектр;
- LTE имеет увеличенную мощность и низкую задержку сигнала (для небольших пакетов практически невидимые 5 мс).

Внедрение LTE интересно как операторам, так и абонентам.

С точки зрения операторов это позволит уменьшить капитальные и производственные затраты, снизить совокупную стоимость сети, расширить спектр услуг, связанных с передачей данных по высокоскоростным каналам.

Для абонентов - увеличить скорость передачи данных, улучшить качество обслуживания (QoS), что в значительной степени будет способствовать распространению новых мультимедийных сервисов (многопользовательские

игры, социальные сети, видеоконференции, системы мониторинга, интерактивные приложения и т.д.).

Говоря о возможностях использования LTE технологии следует выделить (слайд 11):

- мобильные телефоны – видео звонки, мобильное TV;
- смартфоны и коммуникаторы – интерактивные игры, быстрая загрузка спутниковых карт, интерактивный просмотр видео-контента (от новостей до фильмов);
- ноутбуки и нетбуки (через интернет или USB-модемы) – высокоскоростной доступ в Интернет для загрузки музыки и фильмов в HD-качестве.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) коммуникационная технология

Особенности развития и внедрения широкополосного мобильного доступа привели к появлению технологии WiMax (слайд 12).

Эта технология используется для распространения беспроводного высокоскоростного Интернета на больших географических зонах со скоростями до 40 Mbit/s на начальном этапе внедрения и с увеличением этих скоростей до 1 Gbit/s для фиксированных узлов в настоящее время.

Данная технология является частью 4G беспроводной технологии.

WiMax покрывает 30 метровый (100-foot) беспроводный диапазон Wi-Fi локальных сетей (LAN), обеспечивая зону покрытия сигнала в городах в радиусе порядка 50 км (30 miles).

WiMAX представляет собой стандартную технологию «последней мили» беспроводного широкополосного доступа в качестве альтернативы кабельным и DSL (digital subscriber line) сетям.

WiMax обеспечивает скорость передачи данных до 75 Mbit/s в 30 мильной зоне, что превосходит характеристики обычных кабельных модемов и DSL коннекторов. WiMax может обеспечивать высокую скорость передачи данных или их передачу на большие расстояния, но не одновременно.

Пропускная способность и диапазон WiMAX делают его пригодным для:

- предоставления портативного мобильного широкополосного доступа в разных городах и странах с помощью различных устройств, обеспечения беспроводной альтернативы кабельным и цифровым абонентским линиям (DSL) для «последней мили» широкополосного доступа;
- предоставления сервисов передачи данных, телекоммуникационных (VoIP) и IPTV услуг (Triple Play);
- предоставления подключения к Интернету в рамках программы обеспечения непрерывности функционирования бизнеса.

Однако помимо привлекательности технических возможностей сетей 4G в их внедрении и развитии возникает ряд трудностей. В настоящее время представляется, что это, в основном, трудности финансового плана.

Во-первых, как ожидается, требуемые инвестиции в развитие сетей 4G будут гораздо более значительными, чем в сетях 2G, или даже в сетях 3G. Это связано с тем, что для полноценной работы в сетях 4G необходимо обновить существующие линии связи, потому что транзитные каналы, используемые сегодня, ограничены пропускной способностью 1,5 Мбит/с.

Во-вторых, многие инвесторы, наученные не всегда положительным опытом переоснащения сетей 3G, ждут результатов первой коммерческой эксплуатации сетей 4G.

В-третьих, большинство операторов должны лицензировать новый диапазон частот, так как «все прелести» технологий 4G можно получить только в канальной полосе 20 МГц.

Другая проблема - наличие конкурирующих технологий и их естественное желание бороться за свое будущее. Необходимо иметь в виду, что некоторые потенциальные абоненты 4G «рекрутируются» со стороны конкурентов.

Заметим также, что сейчас на рынке достаточно мало соответствующих 4G технологиям пользовательских терминальных устройств (4G терминалы должны иметь намного большие размеры экрана и очень емкие аккумуляторы). Прогноз развития сетей говорит о семи триллионах беспроводных мобильных устройств для семи миллиардов людей к 2020 году (WIRELESS WORLD RESEARCH FORUM).

Основными тенденциями настоящего времени в развитии сетей широкополосного мобильного доступа являются самоорганизующиеся сети и сети Интернета вещей (Internet of Things) (**слайд 13**).

Самоорганизующаяся сеть - это сеть со случайным числом узлов в любой период функционирования, где число узлов сети может меняться от 0 до некоторого N_{max} .

Соединения между узлами самоорганизующейся сети создаются временно с целью получения или передачи информации в NGN сетях, Интернете и т.д. Основными сетями, построенными по данному принципу, являются, в частности:

- USN – Ubiquitous Sensor Networks,
- VANET – Vehicular Ad Hoc Networks
- HANET – Home Ad Hoc Networks
- MBAN(S) – Medicine Body Area Networks

Интернет вещей (IoT) - это однозначно идентифицируемые объекты (вещи) и их виртуальные представления в Интернето-подобных структурах. Термин IoT был впервые использован Kevin Ashton в 1999.

Интернет вещей является неотъемлемой частью Интернета будущего и может быть определен как динамическая глобальная самоорганизующаяся сетевая инфраструктура с возможностью конфигурирования на основе стан-

дартных и иных протоколов связи. В IoT физические и виртуальные «вещи» имеют идентификацию, физические атрибуты, виртуальную персонификацию, используют интеллектуальные интерфейсы и легко интегрируются в информационную сеть.

Ожидается, что в IoT «вещи» должны стать активными участниками процессов в бизнесе, в информационных и социальных процессах, где они имеют возможность взаимодействовать и общаться между собой и с окружающей средой, обмениваясь данными и информацией и "чувствуя" себя частью окружающей среды.

Отрасль ИКТ является одной из самых быстроразвивающихся отраслей (слайд 14). Достаточно вспомнить ИКТ приложения, прочно вошедшие в нашу жизнь за последнее десятилетие.

Говоря о ближайших перспективах, а эти перспективы определены цифрой «2020», мир ИКТ задает себе вопросы (слайд 15):

- что нового потребуют клиенты;
- как будут развиваться аппаратные и программные технологии;
- как будут развиваться сетевые технологии;
- как будут развиваться технологии услуг и сервисов.

Что мир ждет от беспроводных технологий до 2020 года (слайд 16).

Основные пути развития (слайды 17-20):

- уменьшение задержек);
- увеличение эффективности использования частотного спектра;
- увеличение используемого спектрального диапазона;
- увеличение числа базовых станций.

Все вместе позволит увеличить мощность в тысячу раз (слайд 21).

Возникают вопросы – как это сделать, что должно представлять из себя IT-общество и как должна выглядеть концепция развития сетей (слайды 22-24).

Прогноз глобального мобильного трафика данных

Глобально, объем мобильного трафика ежегодно будет удваиваться, увеличившись в 66 раз в период между 2008 и 2015 годами и достигнув объема более 1 экзбайта в месяц к 2016 году. Объем мобильной передачи данных (CAGR) будет расти в среднем на 131 процент в год (CAGR – Compound Annual Growth Rate, совокупный среднегодовой темп роста)

Мобильный трафик данных вырастет с одного петабайта до одного экзбайта в месяц. Интернет трафик увеличится в тех же пределах (слайд 25).

К 2016 году порядка 80 процентов мирового мобильного трафика будет видео трафик.

К 2016 году мобильные телефоны со скоростями выше 3G и ноутбуки с беспроводными модемами будут управлять более 80 процентами мирового мобильного трафика.

Самые высокие темпы роста ожидаются в Латинской Америке (166% CAGR), затем следует Азиатско-Тихоокеанский регион (Asia Pacific - APAC) – 146%.

На Западную Европу и АРАС совместно будет приходиться свыше 60% глобального мобильного трафика данных.

Эволюция сетей связи и Интернета

Рассмотрим историю развития сетей связи во взаимосвязи со стадиями развития общества, поскольку для того, чтобы заглянуть в будущее необходимо хорошо знать, что было вчера и что есть сегодня (**слайд 26**).

Не всегда сеть связи была гетерогенной. Изначально сеть была предназначена для передачи только одного вида информации – речи и, естественно, была гомогенной. Использование сети связи только для передачи речи подчеркивало ее незначительную роль в развитии общества. И для аналоговых сетей, и для цифровой доля информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в Валовом Внутреннем Продукте (ВВП) составляла единицы процентов.

С появлением сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks) появилась возможность предоставления услуг не только по передаче речи, но и по передаче данных и видео. Сеть стала гетерогенной и позволила приступить к созданию электронных обществ, в том числе и электронной России.

Электронное общество подразумевает в своем широком представлении возможность доступа пользователей к любым легальным базам данных, в первую очередь обеспечивающих предоставление государственных услуг населению. При полной реализации электронного общества доля ИКТ в ВВП превышает 10%, т.е. телекоммуникации становятся одной из основных структурообразующих государственных отраслей.

Сети NGN как концепция были сформированы в начале 21-века, первые рекомендации Сектора Стандартизации Телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т) по NGN появились в 2001 году. Прошло более десяти лет, и сети NGN или их фрагменты реализованы у многих операторов сетей связи общего пользования, концепция NGN уже полностью оправдала себя.

Стремительное развитие телекоммуникаций привело к тому, что в настоящее время уже разработана новая концепция Интернета Вещей, в которой основную роль в создании клиентской базы играют физические вещи и вещи информационного мира. Для реализации этой концепции потребовалась разработка иного вида сетей, так называемых самоорганизующихся, и доля ИКТ в ВВП при таком развитии сетей связи может превысить 20%, что сделает отрасль телекоммуникаций доминирующей по сравнению с другими отраслями. Общество станет при этом всепроникающим (от английского слова ubiquitous) или как его еще называют – обществом знаний.

Прежде, чем перейти к определениям и анализу концепции Интернета Вещей, рассмотрим перспективы развития Интернета в целом (**слайд 27**). Структура Интернета будущего в соответствии с рекомендациями Европейского исследовательского кластера по Интернету Вещей (IoT – InternetofThings) включает в себя (IoTStrategicResearchRoadmap, 2012):

- Интернет Вещей,
- Интернет Людей,
- Интернет Энергии,
- Интернет Медиа,
- Интернет Услуг.

Почему же все-таки Интернет Вещей занимает центральное место в конструкции Интернета Будущего? Сеть связи будущего строится на основе всех указанных выше компонент с центральной ролью Интернета Вещей. Центральная роль Интернета Вещей определяется как за счет его превалирования в клиентской базе, так и за счет интенсивности создаваемых Интернетом Вещей сообщений (**слайд 28**).

Само название концепции подразумевает, что в основе клиентской базы IoT лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). В современном сетевом понимании вещи определяются Сектором Стандартизации Телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т) в концепции Интернета Вещей как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” (**слайд 29**). Число таких вещей огромно (**слайд 30**). Международный Исследовательский Беспроводный Форум оценивает число вещей в сети в 7 триллионов единиц к 2017-2020 году. В то же время в книге французского исследователя J.-B.Waldner “Nanocomputers and Swarm Intelligence” (Нанокomпьютеры и роевой интеллект) предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000-5000 единиц в расчете на одного человека, что позволяет говорить о 50 триллионах вещей в сети. С учетом принятой аппроксимации процессов развития телекоммуникаций логистической кривой и оценки периода устойчивого развития новых технологий на примерах широкополосного доступа и сетей третьего поколения возможно спрогнозировать 10-летний цикл устойчивого развития Интернета Вещей в период с 2020 по 2030 год. Такое громадное число терминалов требует по-новому подойти и к созданию сетей связи. Триллионные сети могут быть построены только на основе самоорганизующихся сетей, которые подразумевают наличие случайного числа узлов и взаимосвязей между ними в любой конкретный момент времени существования такой сети. Последнее является необходимостью, т.к. использование инфраструктурных сетей с их постоянными связями в условиях столь большого числа терминалов энергетически невозможно.

Таким образом, внедрение концепции Интернета Вещей принципиально преобразует сети связи: из миллиардных сети становятся триллионными, а из инфраструктурных – самоорганизующимися (**слайд 31**).

Кроме того, число сообщений, создаваемых вещами, также существенно больше, чем всеми известными ныне технологиями. Прогнозируемое число сообщений в Интернете Вещей от 1000 до 10000 на жителя планеты в день (Internet 3.0.The Internet of Things. Analysis Mason Limited, 2010) (**слайд 32**).

Для сравнения приведем информацию о числе сообщений для наиболее распространенных сегодня технологий (**слайд 33**).

На **слайде 34** приведены примеры приложений Интернета Вещей, актуальные уже сегодня, которые во многом определяют новые требования к сетям связи.

Это, в первую очередь, всепроникающие сенсорные сети, являющиеся технологической основой Интернета Вещей. Уже само название говорит о возможности применения сенсорных сетей практически во всех отраслях народного хозяйства. Информация, которую передает сенсорный узел, представляет собой, как правило, целое число или дробь. Поэтому, для таких сетей большие скорости передачи информации не являются необходимостью. Однако сенсорных узлов даже на одном сенсорном поле может быть очень много (в рамках спецификаций протокола ZigBee до 64000 узлов), поэтому для рационального построения таких сетей требуются некоторые иные структуры и протоколы. Эти сети получили название сетей с низким энергопотреблением и потерями LLN(Low energy and Lossy Networks), предполагается, что LLN станут одной из основных технологий доступа в сетях будущего.

Далее в перечне приложений Интернета Вещей мы видим медицинские сети. Стремительное развитие системы электронного здоровья как в концептуальном плане, так и в плане стандартизации поставило вопрос о пригодности сетей связи общего пользования для обеспечения качества предоставления услуг медицинских сетей. При этом для обеспечения качества для ряда из предлагаемых к внедрению медицинских услуг необходимы существенно меньшие задержки, чем это нормируется МСЭ-Т сегодня. Исследования ученых СПбГУТ доказали, что в этом случае удовлетворительные показатели достигаются только при использовании гигабитных сетей на доступе. Такие сети были названы сетями с малыми задержками.

Можно привести такие примеры внедрения концепции Интернета Вещей как Умные дома, кварталы, города, электронное сельское хозяйство, Интеллектуальные системы и сети для автомобильного транспорта и т.п. (**слайд 35**). Это еще раз подчеркивает роль сети как некоей надстройки над всеми процессами, протекающими во всех отраслях народного хозяйства. Происходит конвергенция отраслей на базе сети связи общего пользования и это явление потребует все большего и большего числа высококвалифицированных специалистов в области телекоммуникаций.

Новыми тенденциями в области развития сетей связи являются их подразделение на низкоскоростные и гигабитные сети (**слайд 36**), а характеристики новых стандартов в области таких сетей связи представлены на **слайдах 37 и 38**.

Все, что мы обсудили с Вами до сих пор, относится к сегодняшнему и завтрашнему облику телекоммуникаций. Перспективные исследования в области наносетей будут внедрены в 20-х -30-х годах нынешнего столетия.

Отрадно, что эти вопросы, имеющие важнейшее научное значение, не остаются в стороне от исследовательской работы в СПбГУТ (**слайд 39**).

Наносеть является самоорганизующейся сетью, в которой в качестве узлов сети используются наномашинны, а информация и сигнализация могут быть переданы, в том числе и путем перемещения вещества.

В классификации наносетей в настоящее время выделяются наносети, в которых информация передается с помощью электромагнитных волн, и наносети, в которых информация передается путем перемещения вещества (молекулярные наносети).

Молекулярные наносети в свою очередь в настоящее время классифицируются следующим образом:

- наносети, в которых информация передается на расстояния в нано- и микрометры,

- наносети, в которых информация передается на расстояния в микро- и миллиметры,

- наносети, в которых информация передается на метры и более.

Несмотря на то, что наносети должны использоваться на наноуровне, им присущи многие атрибуты сетей связи как таковых. Кроме того, использование информации, полученной на наноуровне, в подавляющем большинстве случаев будет происходить в макромире. Поэтому актуальной является задача обеспечения совместимости между сетями нано-, микро- и макро- миров.

В СПбГУТ создан ряд научно-исследовательских лабораторий, успешно решающих поставленные выше задачи (слайды 40, 41).

Это и функционирующая уже несколько лет лаборатория Интернета Вещей, и открытая в этом году лаборатория IPTV и качества восприятия, и практически функционирующая лаборатория наносетей. Важно отметить, что в рамках научных исследований в этих лабораториях слаженно трудятся над решением сложных научных проблем доктора наук, кандидаты наук, аспиранты, магистранты и студенты. Результаты их работы имеют признание как в Российской Федерации, так и за рубежом. Множество публикаций в базах данных РИНЦ и SCOPUS – тому отличное доказательство.