

УДК 621.396

## «РЫНОЧНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**М. В. Головачев**, начальник лаборатории ОАО «НПП «Радар ммс»; m9591m@mail.ru

**А. В. Кочетов**, старший научный сотрудник ОАО «НПП «Радар ммс»

**О. С. Миронов**, инженер ОАО «НПП «Радар ммс»

**В. А. Сарычев**, заместитель генерального директора ОАО «НПП «Радар ммс» по науке, д. т. н.

**Ключевые слова:** UWB, OB-OFDM, Wireless USB, WPAN, Pulse Radio, Pulse Modulation, IEEE 802.15.4a, СШП, беспроводной USB, импульсное радио, импульсная модуляция.

Благодаря последним достижениям микроэлектроники и высокой вычислительной мощности современных компьютеров сверхширокополосные (СШП, англ. UWB) технологии [1, 2] получили широкое распространение в профессиональной и военной радиосвязи, а также в коммерческих приложениях. В профессиональных и военных приложениях основные надежды от внедрения СШП технологий связывают с повышением надежности и скрытности электросвязи. Коммерческие СШП радиостанции в большинстве случаев призваны заменить кабельные системы, например, в случае «беспроводного USB». Они поддерживают высокие скорости передачи данных на небольшие расстояния (480 Мбит/с для MB-OFDM и 1,32 Гбит/с для DS-UWB). Однако фундаментальные принципы СШП электросвязи во всех случаях похожи и были заложены еще на заре радиосвязи и инфокоммуникаций.

В настоящей статье рассматриваются перспективные способы реализации СШП технологий применительно к электросвязи.

Системы радиосвязи на малые расстояния есть реакция на постоянно растущий спрос на беспроводные технологии, гарантирующие возможность связи для каждого с каждым в любое время и в любом месте. В этом случае новый «беспроводной» мир станет результатом всеобъемлющей интеграции существующих и будущих беспроводных систем, включающих в себя такие технологии, как: WAN (Wide Area Network), WLAN, WPAN (Wireless Personal Area Network), а также домашние сети. Реализация такого вызова требует создания новых беспроводных технологий и системных концепций, предлагающих относительно простые в эксплуатации интерфейсы, управляемые пользователем.

В будущем интеллектуальном окружении пользователь сможет управлять информационными потоками на основе полного доступа к любым данным вне зависимости от физического их размещения. Такие беспроводные технологии электросвязи сыграют ключевую роль в инфокоммуникационном сценарии, где «все и вся» соединены по различным каналам: человек с человеком, человек с машиной, машина с человеком и машина с машиной. Очевидна потребность в разработке устройств и протоколов с еще большей скоростью передачи данных одновременно с ростом числа низкоскоростных беспроводных устройств, встроенных в обычные приборы, сенсоры, маяки, а также обслуживающих идентификационные метки (технология RFID), спонтанно взаимодействующие во внешних интеллектуальных систе-

мах. На этом фоне ожидается коммерциализация беспроводных устройств, основанных на принципах СШП радиотехнологии (СШПРТ), а также гибкого радио (SDR — Software Defined Radio).

Стремительный рост потребностей WLAN/WPAN для связи на малые расстояния был спровоцирован некоторыми стандартами беспроводной связи семейства IEEE 802. История успеха IEEE 802.11a, b, g [3—6], Bluetooth [7], появление в ближайшее время ZigBee [8], а также продуктов семейства IEEE 802.15.3 являются индикаторами высокого потенциала и рыночных потребностей беспроводной связи. Сегодняшние сети связи на малые расстояния действуют в основном в помещениях в автономном режиме и практически не интегрированы в стационарные проводные и беспроводные инфраструктуры связи на дальние расстояния. Более того, пользователь постоянно требует удовлетворения своих растущих потребностей: высокоскоростной доступ к данным в любое время и в любом месте, длительный автономный режим работы, безграничная мобильность, интеллектуальность, приложения, дающие возможность неразрывного сервиса в разных сетях.

Такие потребности, как правило, контрастируют с возможностями сегодняшнего физического уровня, где частотные ресурсы скудны, имеют высокую загруженность, одни и те же протоколы и средства связи несовместимы по частоте в разных частях света. Часто стоимость технологий оказывается важнее функциональности и эффективности [2, 9], а развертывание сверхвысокоскоростных сервисов ограничивается недостатком частотных ресурсов. Сегодняшний дефицит частотного ресурса обусловлен технологиями его распределения и использования. Из-за очень ограниченных свободных частотных ресурсов в промышленных регионах мира необходимы эффективные альтернативные подходы.

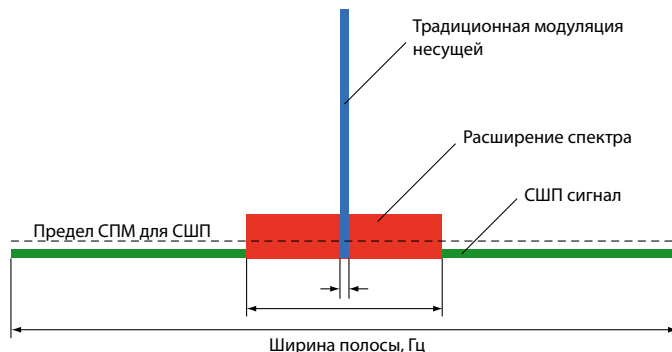


Рис. 1

В области приложений для радиосвязи на малые расстояния СШПРТ может предложить потенциальные решения для разрешения частотного конфликта. Подход, лежащий в основе СШПРТ, базируется как раз на оптимальном разделении существующих частотных ресурсов, вместо поиска все еще свободных, но, возможно, не подходящих частотных диапазонов (рис. 1). Ожидается, что СШПРТ окажет значительное влияние на мультимедийные домашние сети и рынок развлечений, а также сделает доступными интеллектуальные сети и устройства для создания «беспроводного» мира под управлением пользователя [2].

Согласно определению Федеральной комиссии связи США (FCC) СШП сигналы — это сигналы с относительной полосой  $\frac{f_b - f_n}{f_b + f_n} \geq 0,2$  ( $f_b$  и  $f_n$  — верхняя и нижняя граничные частоты спектра сигнала). При этом разность  $f_b - f_n$  не может быть менее 500 МГц. В России, аналогичное определение СШП сигналов, предложенное Л. Ю. Астаниным,  $2 \frac{f_b - f_n}{f_b + f_n}$  отличается только коэффициентом 2, т.е. граница сверхширокополосности начинается с 0,4. Никакой разницы между этими определениями нет.

**Способы формирования СШП сигналов** на физическом уровне никак не регламентируются. Это могут быть как импульсные сигналы, так и гармонический сигнал со сложной модуляцией, и сигналы с OFDM. Здесь до сих пор возникают противоречия в связи с трудностью определения огибающей или несущей частоты для импульсных сигналов. Однако в электросвязи существуют технологии, в которых эти параметры заменяются на приблизительные (например, огибающая импульсного сигнала может быть определена как сам сигнал).

Существует несколько принципов, воплощенных в СШП технологии, в том числе поддерживаемые и продвигаемые группами, занимающимися международной стандартизацией. Есть технологии, которые не стандартизованы из соображений безопасности или по иным причинам. Принципиально технологии, используемые для СШП электросвязи, можно разделить на следующие основные типы [10—12]:

- системы с распределенным спектром и импульсной модуляцией (DS-UWB);

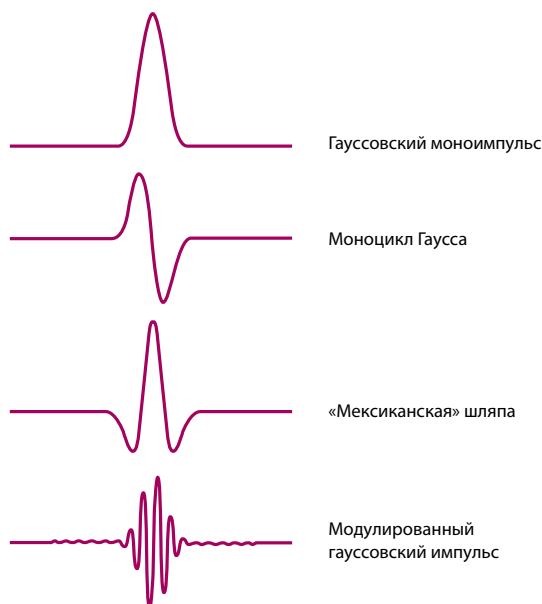


Рис. 2

- скачкообразная перестройка частоты;
- импульсы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ);
- временные скачки (TH-UWB);
- мультиплексирование с делением частот, в том числе OFDM;
- различные комбинации упомянутых технологий.

В СШП системах чаще всего предполагается, что используются (эталонные) гауссовские импульсы различной формы [12, 13]. Гауссовский моноимпульс допускается редко, так как содержит ярко выраженную постоянную составляющую (рис. 2), не допустимую для беспроводной передачи.



Рис. 3

В соответствии с международным стандартом IEEE802.15.4a [14] формироваться должны преимущественно униполярные импульсы, чтобы генерируемые и эталонный импульсы имели высокую взаимную корреляцию при длительности импульсов в десятки доли наносекунды (рис. 3).

При импульсной модуляции двоичного символа получается двоичный сигнал, называемый сигналом с импульсно-кодовой модуляцией (PCM). Для СШП импульсных сигналов вводятся обозначения и аббревиатуры по аналогии с сигналами цифровых систем, построенными на использовании прямоугольных импульсов [10, 15]. Существует несколько типов PCM модулированных сигналов. Обычно специально выделяют такие виды модуляции, как униполярная RZ, биполярная RZ с разновидностями RZ-AMI (AMI — alternate mark inversion) и RZ-M/RZ-S (mark/space), которые условно можно назвать кодированием амплитуды, фазовое кодирование с разновидностями: Bi-phase-level, Bi-phase-mark/Bi-phase-space, модуляция задержки DM (Delay Modulation), дикодная кодировка, фазо-импульсная модуляция (PM), частотно-импульсная модуляция (FM) и широтно-импульсная модуляция (DM) [10].

Стандарт IEEE 802.15.4a предусматривает дополнительные способы электросвязи с использованием сигналов другой формы [14].

Одним из возможных путей создания СШП систем радиосвязи является переход к многополосной системе, предполагающей разбиение всего разрешенного диапазона на поддиапазоны порядка 500 МГц, модуляцию сигнала внутри поддиапазона и переключение (скачки) между поддиапазонами по некоторому закону [11].

Для более эффективного использования радиоспектра передача данных осуществляется широкополосными радиоимпульсами (рис. 4). При этом вся отводимая полоса разбивается на поддиапазоны, в каждом из которых па-

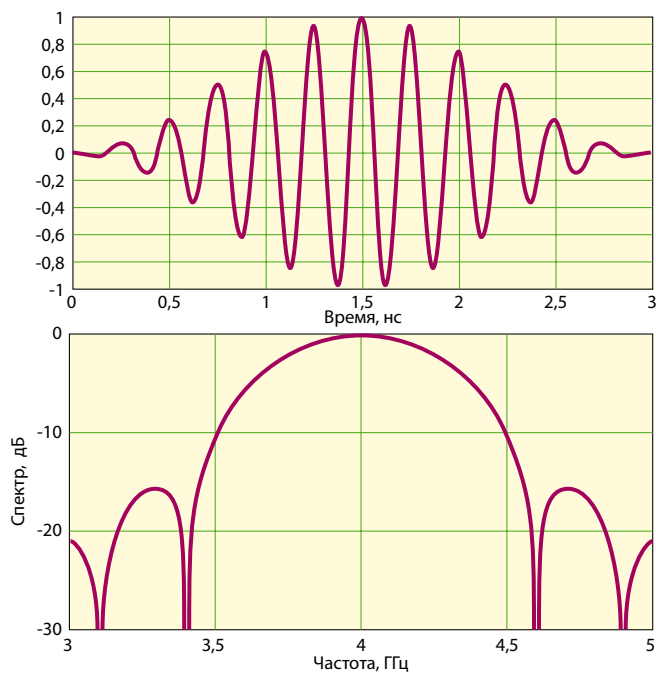


Рис. 4

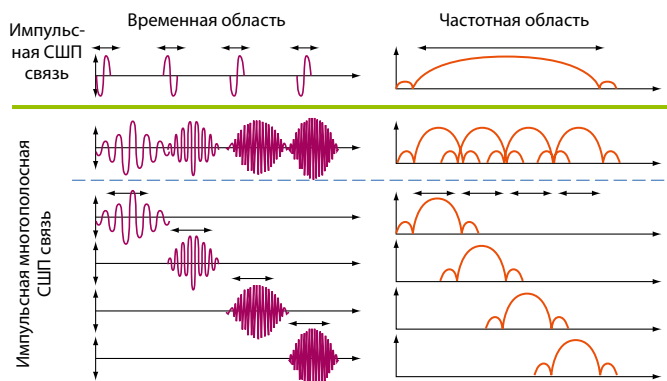


Рис. 5

раметры радиоимпульса выбираются так, чтобы соседние поддиапазоны не пересекались (рис. 5).

Разделение на поддиапазоны позволяет динамически управлять спектром СВЧ сигнала, исключая пораженные мощными узкополосными помехами поддиапазоны, а также удовлетворять требования по спектру сигнала в соответствии с правилами, действующими в определенной стране или регионе. Важным достоинством данного подхода является малый пик-фактор излучаемого сигнала.

В качестве эталонного используется также ЛЧМ импульс. При этом огибающая импульса определяется, как и основной импульс стандарта, через корреляцию с эталонным импульсом (см. рис. 3), т.е. к огибающей импульса предъявляются те же требования, что и к основному импульсу стандарта.

СВЧ сигналы с временными скачками состоят из серии коротких импульсов с псевдослучайными интервалами. Информация кодируется с применением фазоимпульсной модуляции (ФИМ). В TH-UWB импульсные сигналы передаются в канале непосредственно без несущей. Изменяя форму импульсов и общую передаваемую мощность, можно управлять спектральной плотностью. В первых СВЧ системах импульсные сигналы создавались с помощью лавинно-пролетных диодов и согласующих цепей для фор-

мирования импульсов. Сейчас в большинстве случаев СВЧ импульсы создаются с помощью быстродействующих КМОП-приборов [12].

В коммерческих СВЧ системах преимущественно используются технологии OFDM и DSS. Стандартизацией обоих принципов занимаются несколько международных форумов, работа которых направлена на поддержание коммерческого рынка СВЧ приложений. Принцип OFDM опирается на параллельную передачу битов данных, распределенных по нескольким соседним несущим. Отдельные спектры модуляции перекрываются и образуют единый широкий спектр. При этом несущие частоты расположены с шагом, равным выбранной для модуляции символьной скорости:  $1/T_s = \Delta f$ , что обеспечивает перекрытие спектров, например, в системах мультиплексирования с ортогональным делением.

Применяемые в приемнике специальные цифровые фильтры позволяют полностью разделить перекрывающиеся спектры, поскольку точки пересечения нуля их передаточной характеристики в спектральной области точно соответствуют положению несущих. Этот тип частотного мультиплексирования называется «ортогональным» [10, 12].

В системах с распределенным спектром каждый передаваемый бит информации кодируется последовательностью «чипов» (неинформационных битов), которые кодируются в символы с помощью специальной схемы цифровой модуляции. В качестве чипа в случае СВЧ импульсных сигналов могут использоваться импульсно-модулированные сигналы и их последовательности. При постоянной схеме модуляции символьная скорость и, следовательно, необходимая ширина спектра умножается на длину применяемого распределенного кода каждого информационного бита («коэффициент распределения»). В результате спектр распределяется в широкой полосе, необходимой для передачи информации с заданной скоростью. Отношение реально необходимой символьной скорости к символьной скорости сигнала с распределенным спектром называется коэффициентом распределения. Сигнал с распределенным спектром может передаваться с меньшей спектральной плотностью мощности, чем этого требовал исходный сигнал. В особых случаях спектральная плотность мощности сигнала может быть даже ниже атмосферных шумов.

На стороне приемника выполняется обратное преобразование распределенного спектра с помощью специального кода. Энергия сигнала снова концентрируется в узком спектре и таким образом поднимается выше уровня шумов. При правильном выборе кодов распределения (ортогональных кодов) можно одновременно передавать несколько сигналов на одной частоте. Для приема сигналов с распределенным спектром применяется концентрация энергии (преобразование, обратное распределению) с помощью соответствующего кода. Другие сигналы с распределенным или нераспределенным спектром воспринимаются приемником как аддитивные шумы. Коэффициент концентрации энергии называется «усилением распределения» и равен числу чипов, используемых для кодирования каждого бита информации.

Для улучшения качества приема можно использовать и поляризационное разделение [16]. В основу идеи положено прямое/обратное преобразование Гильберта в передатчике и приемнике. Возможно также применение пары криволинейно-сопряженных антенн [17].

Существует множество потенциальных применений СШП систем электросвязи. Все они имеют сходный потенциал спектральной эффективности: «При наличии подпадающих технических стандартов СШП устройства могут функционировать, используя спектр, занятый уже существующими радиосервисами без возбуждения интерференционных помех, таким образом, позволяя более эффективно использовать скудные частотные ресурсы» [2].

Большая спектральная эффективность может быть достигнута, если применить концепцию временных связей между узлами в сетях WPAN. Например, при многократной приеме передаче СШП передатчики могут снизить уровень излучения, а также область охвата; это позволит организовать одновременную работу большего количества передатчиков в одной области с использованием одних и тех же спектральных ресурсов. Построение динамических сетей связи по требованию могло бы быть более эффективным в комбинации с перекрытием спектра и технологией многократного использования. Поскольку максимальная дальность передачи данных, цена «постоянной связи в любое время в любом месте» резко увеличивается с ростом скорости передачи данных. Таким образом, системы связи на малые расстояния, обслуживающие сравнительно малые области, особенно на основе СШПРТ, станут родоначальниками будущих пространственно-плотных сетей связи.

**Высокоскоростные приложения.** В то время как коммерциализация СШПРТ еще только начинается, технология предлагает значительный потенциал для установки систем связи на малые расстояния, поддерживающих высокоскоростные приложения. В них системная реализация на основе СШПРТ могла бы стать выгодной для производителей и поставщиков услуг:

- персональная беспроводная сеть с высокой скоростью передачи данных (WPAN);
- беспроводная технология Ethernet;
- интеллектуальная беспроводная сеть;
- пиринговые сети;
- сеть по обнаружению, определению местоположения и идентификации.

Первые три приложения предполагают сеть из СШП устройств в жилом или офисном окружении, чтобы обеспечить беспроводную связь для развлечений, контроля, высокоскоростной передачи данных. Четвертое приложение предлагает установку внешних децентрализованных (пиринговых) сетей, тогда как пятое является приложением для применения на производстве. Идентификация базовых элементов в приведенных приложениях, а также оптимизация цены системы, зоны охвата, скорости передачи данных, точности обнаружения, массы батареи, уровня адаптации к характеристикам канала являются задачами, которые еще предстоит решить.

Определим *высокоскоростные WPAN* как сети со средней плотностью активных устройств на комнату (5—10), передающих со скоростью до 100—500 Мбит/с на расстоянии от 1 до 10 м и использующих связь с внешним миром на базе существующих (кабельных или беспроводных) стандартов. Необходимо тщательное определение интерфейса и приспособления между локальным и удаленным режимами, так как внешний мир может быть ограничен лишь низкими скоростями (например, WAN).

*Беспроводная технология Ethernet* — это расширение предыдущей концепции передачи до сверхвысоких скоростей передачи данных (например 1; 2,5 Гбит/с), правда,

лишь на малые расстояния (максимум несколько метров). Концепция беспроводного Ethernet может удовлетворить особые потребности:

- производителей ПК, требующих прямого беспроводного соединения вместо кабелей Ethernet;
- фирм — производителей бытовой техники, требующих обеспечения качественной передачи видео между ПК и ЖК монитором, как, например, для беспроводной DVI.

Последнее применение является наиболее серьезным и требует исследования возможности реализации при энергетических ограничениях.

*Интеллектуальные беспроводные сети* отличаются высокой плотностью устройств в домашнем или офисном окружении, охватывают расстояния до 30 м. Основными требованиями к устройствам являются: очень низкая цена (< 1\$ за единицу) и очень низкая потребляемая мощность (1—10 мВт) для того, чтобы обеспечить пользователей доступом к информации, распределенной по всему дому/офису (например автоматические интеллектуальные приборы). Возможности устройств должны включать точное определение местоположения в подтверждение систем, реагирующих по ситуации (например, слежение за детьми и/или имуществом, аварийные зоны, автоматические режимы телефона, электронные гиды), которые все еще не реализуемы с помощью нынешнего поколения узкополосных сетей связи на малые расстояния.

*Пиринговая сеть* — это сеть, состоящая из СШП устройств, установленных на улице, чтобы соответствовать в основном новым потребностям рынка в обмене информацией между двумя PDA или между PDA и стационарными сервисами, такими как «цифровой киоск» для быстрой загрузки текста газет, фотографий, проката видео. До какого уровня будет развиваться данное приложение, будет ли эта сеть централизованной или распределенной — все это остается открытыми проблемами для исследований. Отметим, что сегодняшние нормы относительно СШП, действующие в США, а также стандарт, предложенный для утверждения в Европе, строго запрещают какое-либо размещение СШП устройств, поддерживающих «уличные» приложения. Однако эта ситуация может измениться, поскольку нормы для СШП технологий будут следовать по эволюционному пути к еще большему расширению, чем другие беспроводные приложения.

*Система сети для обнаружения, определения местоположения и идентификации* (Sensor, Positioning and Identification Network — SPIN) характеризуется высокой плотностью (сотни на этаж) устройств (сенсоров или меток) на заводах, фабриках или складах, передающих данные с низкой скоростью вместе с информацией о местоположении (скорость передачи данных больше нескольких десятков килобит в секунду и точность позиционирования около 1 м). SPIN устройства работают на средние и большие расстояния (обычно около 100 м) между отдельными устройствами и базовой станцией по обычной топологии ведущий-ведомый. В заводских условиях SPIN требует высокого уровня надежности соединения и адаптивные особенности системы, чтобы реагировать на динамически меняющиеся сильные интерференционные искажения.

*Беспроводной USB* — это коммерческая технология, использующая принцип сверхширокополосной передачи MB-OFDM. Продвижением стандартизованных СШП технологий занимается группа WiMedia, объединяющая такие компании, как CSR, Intel, Nokia, NXP и Samsung

Electronics. Это обеспечивает совместимость продуктов с интерфейсом WiMedia/Wireless USB разных производителей. Несколько беспроводных USB устройств образуют персональную беспроводную сеть, работающую со скоростью до 480 Мбит/с в радиусе 3 м и до 110 Мбит/с в радиусе 10 м. Типичными сферами применения такой сети является передача видеосигнала высокой четкости и замена кабелей в периферийных устройствах компьютеров.



Рис. 6

В 2007 г. форум WiMedia опубликовал технические характеристики стандарта беспроводного USB версии 1.0. С тех пор появилось лишь несколько коммерческих устройств, использующих этот стандарт. Одним из таких устройств является D-Link 9240 (рис. 6). Это устройство работает в диапазоне частот 3,1...4,8 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных 480 Мбит/с.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиагаев В. А., Геков В. В., Евгенов А. В. и др. Инфокоммуникации на транспорте: Справочник по новым информационным и телекоммуникационным технологиям в единой транспортной системе. Под ред. Б. И. Кузьмина. — СПб.: ООО «Агентство «ВиТ-принт», 2005.
2. D. Porcino, W. Hirt Ultra-Wideband Radio Technology: Potential and Challenges Ahead//IEEE Communications. — 2003. — Vol. 41. — No 7.
3. IEEE 802.11-1999. Information technology- Telecommunications and information exchange between systems- Local and metropolitan area networks- Specific requirements- Part II: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.
4. IEEE 802.11a-1999. Supplement to IEEE standard for information technology telecommunications and information exchange between systems — local and metropolitan area networks — specific requirements. Part II: wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: high-speed physical layer in the 5 GHz band.
5. IEEE 802.11b-1999. Supplement To IEEE Standard For Information Technology- Telecommunications And Information Exchange Between Systems- Local And Metropolitan Area Networks- Specific Requirements- Part II: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) And Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-speed Physical Layer Extension In The 2.4 GHz Band.
6. IEEE 802.11g-2003. IEEE standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems-local and metropolitan area networks- specific requirements Part II: wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications.
7. IEEE 802.15.1-2005. IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements. Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs (tm)).
8. IEEE 802.15.4-2006. IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
9. Развитие инфокоммуникаций России в период 1991—2006 годы. Итоги 15-летней эпохи. — Инфокоммуникации XXI века. Т. VIII/ Под ред. Л. Е. Варакина. — М.: МАС, 2006.
10. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
11. Широкополосная связь в России в начале XXI века/Под ред. Л. Е. Варакина, Ю. С. Шинакова — М.: МАС, 2008.
12. Хопфнер Е., Асингер Т., Матвиенко А. Сверхширокополосные радиостанции — обзор и тестовые решения//Обмен опытом в области создания сверхширокополосных радиозлектронных систем. Сб. докл. НТК. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008.
13. Кардо-Сысоев А. Ф. Методы формирования сигналов для устройств сверхширокополосной связи (импульсное радио)//Сверхширокополосные системы в радиолокации и связи. Конспект лекций. — Муром: Издательско-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2003.
14. IEEE 802.15.4a-2007. IEEE Standard for PART 15.4: Wireless MAC and PHY Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs): Amendment 1: Add Alternate PHY.
15. Кузьмин Б. И., Лебедева Н. А., Липин А. В. и др. CNS/ATM Glossary. Справочник — словарь терминов и аббревиатур. — СПб-Нижний Новгород: ООО «Агентство «ВиТ-принт», 2008.
16. Козлов А. И., Логвин А. И., Сарычев В. А. Поляризация радиоволн. Кн. 2. Радиолокационная поляриметрия. — М.: Радиотехника, 2007.
17. Головачев М. В., Кардо-Сысоев А. Ф., Кочетов А. В. и др. Принципы формирования сверхширокополосных радиополяриметрических каналов связи//Электросвязь. — 2007. — № 5.

Получено 22.04.09

#### Телеком Форум

**В рамках Клубного дня НП «Телеком Форум» 30 марта обсуждались актуальные проблемы совершенствования законодательства в области связи. Заседание вел заместитель министра связи и массовых коммуникаций Н. С. Мардер.** Он отметил важность проблемы модернизации регулирования в столь динамично развивающейся отрасли, как телекоммуникации. Однако решить ее оказалось значительно сложнее, чем представлялось изначально. Между тем формируется ее коллективное понимание, активная работа в этом направлении продолжается: выявляются «боле-

вые» точки, принимаются решения по их устранению.

Свое видение проблемы представили **А. Назейкин** (Профсоюз работников связи), **В. Левчик** (АРОС), **Р. Ибрагимов** (МТС), **А. Богатов** (Telia Sonera), **А. Гольшко** («Интеллект Телеком»). С особым вниманием был выслушан доклад **А. Рокотяна**, который руководит рабочей группой по подготовке предложений по первоочередным задачам корректировки действующей нормативной базы в области электросвязи (РГ-1). Эта работа продолжается уже полтора года. Многие из запланированного сделано, но не все по-

лучается быстро. Взять хотя бы требования к построению сети связи общего пользования. Они, хотя и не идеальны, но встроены в действующее законодательство, что дает возможность развиваться сетям на современном уровне.

Что же касается дальнейшей модернизации регулирования, то есть надежда, что следующие нормативные документы будут приняты без обилия технических норм. Для этого, да и вообще для того, чтобы сделать законодательство, соответствующее требованиям времени, нужно еще много поработать.