


В.Вишнеvский, С.Кузнецов,
Д.Лаконцев, С.Поляков

ГИБРИДНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА БАЗЕ РАДИО- И ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЙ



Системы связи на основе открытых атмосферных оптических линий (FSO) уже достаточно давно и активно используются в телекоммуникациях на участках "первой мили". Однако ряд присущих им недостатков не позволяет развиваться этому направлению столь интенсивно, чтобы обеспечить пропорциональное другим связным технологиям снижение цен. Казалось бы, оснащение таких систем резервным каналом только увеличивает цену – как барьер к их массовому применению. Однако это не всегда верно, что убедительно демонстрируют авторы, причем на примере отечественного оборудования – гибридной системы с FSO и радиотрактом (Wi-Fi).

На рубеже 2000-х годов многие авторитетные аналитические агентства прогнозировали большое будущее системам на базе технологии открытых оптических каналов FSO (Free space optics). К концу 2005 года общий объем этого сегмента рынка прогнозировался на уровне порядка 2 млрд. долларов. Однако жизнь внесла свои коррективы. К началу 2006 года общемировой объем продаж FSO, по разным источникам, оценивался от 400 до 900 млн. долл., хотя рынок и продолжает расти с темпом 15–20% в год. Основная причина столь существенной разницы – несмотря на то, что FSO-системы являются наиболее скоростными беспроводными устройствами, они обеспечивают операторскую надежность канала связи только на малых расстояниях. А из-за относительно малого объема производства цена на них остается достаточно высокой.

На пролетах, где применение FSO-систем становится экономически оправданным, надежность таких каналов связи составляет 0,99. Это каналы связи длиной 0,5–3 км, так

называемая "последняя миля" телекоммуникационных сетей. Основной причиной низкой надежности является туман, в котором волны инфракрасного диапазона имеют чрезвычайно высокое затухание, до 350 дБ/км. Туман – хотя и редкое, но характерное явление для большинства районов мира, за исключением нескольких особо засушливых регионов, например Лас-Вегаса. В результате главным потребителем таких систем выступает корпоративный сектор. На нем реализуется, по разным данным, от 65 до 80% оборудования FSO. Основные его применения: соединение офисов и корпусов большого предприятия, построение кампусных сетей. Эффективно также использование таких систем при организации скоростного доступа в Интернет. При этом необходимо только разовое вложение средств при полном отсутствии рентных платежей за аренду кабельного канала и/или частотного ресурса. Окупаемость FSO-решения на рынке США в сравнении с другими способами доступа занимает около года (рис.1).

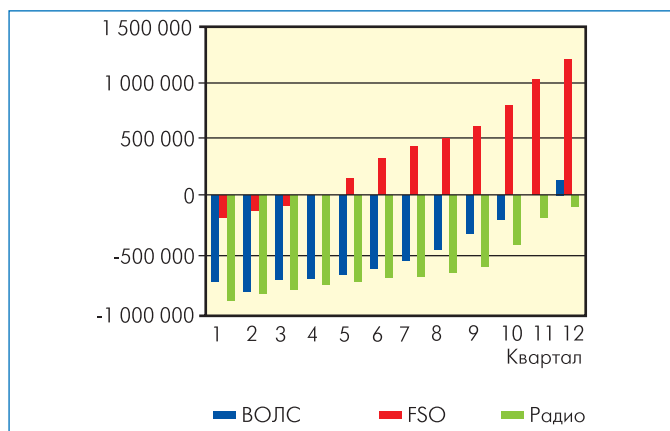


Рис.1 Возврат инвестиций от различных технологий скоростного доступа по данным компании fSona (www.fsona.com)

Операторскую надежность связи любое FSO-оборудование обеспечивает на трассах короче 500 метров, поэтому на постоянной основе их можно устанавливать только на коротких пролетах, число которых не велико. Это могут быть, например, задачи по соединению базовых станций сотовой связи в густонаселенных районах или проход через труднодоступный участок типа магистрали, водной преграды или железной дороги. С другой стороны, поскольку на применение FSO-систем не нужна лицензия, беспроводная оптика позволяет в рекордные сроки разворачивать высокоскоростные каналы связи на участках последней мили [1]. А уже затем, как постоянное решение, подводится волоконно-оптический кабель. Такой подход позволяет в кратчайшие сроки развернуть сеть доступа, получив тем самым конкурентные преимущества. Например, связать базовые станции сотовой связи соединительными линиями, подключить новых абонентов и дальнейшее развитие сети вести уже за счет абонентских платежей. FSO-оборудование после подведения постоянных каналов легко переносится на новое место для использования в других проектах. В результате оператору нужно ограниченное число таких устройств. Поэтому их рынок является по существу рынком розничных, разовых продаж.

Для увеличения объемов потребления FSO-систем они должны иметь применения в постоянных сетевых решениях операторов как оптовых потребителей оборудования связи. Например, в России рассматриваются несколько проектов наложенных высокоскоростных городских сетей. Эта тема становится особенно актуальной в связи с перспективой перехода на NGN (Next Generation Network) решения – мультисервисные сети с пакетной коммутацией. Они требуют наличия широкополосных соединительных линий со скоростью передачи как минимум 100 Мбит/с при дальностях передачи в несколько километров. Для решения этих задач необходимо, чтобы беспроводное оптическое оборудование имело операторскую надежность канала не ниже 0,9999.

ГИБРИДНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА БАЗЕ РАДИО– И ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЙ

Такие значения надежности канала FSO связи на участках первой мили могут быть достигнуты за счет применения гибридных решений. Идея состоит во введении в оптическое оборудование параллельного радиоканала. Для сохранения главных преимуществ FSO-систем – отсутствия лицензирования и широкополосности – радиоканал также должен работать в диапазоне частот, не требующем лицензирования, и иметь высокую скорость передачи информации. В последнее время изготовители FSO-оборудования начали предлагать подобные гибридные устройства. Основное их достоинство в том, что это высокоскоростное беспроводное оборудование операторского класса, надежно функционирующее в любых погодных условиях.

Существует два подхода к созданию таких систем. Первый из них – использование в качестве второго канала оборудования широкополосного доступа Wi-Fi стандарта IEEE 802.11a/b/g, работающего в разрешенных частотных диапазонах 2,4, 5,3 и 5,8 ГГц. Другой путь – применение радиорелейных систем миллиметрового диапазона в диапазоне 60 ГГц (MMW), где также не требуется разрешение.

Первый подход позволяет получить желаемую высокую надежность канала 0,9999 на трассах длиной четыре и более километров, но со снижением скорости передачи информации в плохих погодных условиях. Эффективная скорость передачи данных оборудования Wi-Fi, как правило, не превышает 10–15 Мбит/с. Поэтому целевой функцией при построении таких систем является уменьшение времени работы радиоканала, что определяется уже качеством FSO-оборудования и длиной соединения. Преимущество такого решения – высокая экономическая эффективность повышения надежности связи. Системы Wi-Fi широко представлены на рынке и, как следствие, относительно недороги. Поэтому суммарная цена решения FSO+Радио возрастает не существенно.

Подход с использованием оборудования MMW позволяет реализовать полностью сбалансированные каналы без падения скорости передачи до скоростей 1 Гбит/с и более. Но в силу большого затухания волн диапазона 60 ГГц в атмосфере, особенно в дождь (существенно более частое явление, чем туман), дальность связи таких гибридных систем при надежности 0,9999 ограничена 1,3–1,5 км. Причем такой уровень надежности само FSO-оборудование демонстрирует на дальностях 200–300 м, а 60-ГГц MMW устройства – на трассах не более 400–500 м. Большими недостатками таких гибридов являются их цена, более чем в два раза превышающая "чистые" FSO-решения, а также их ограниченная дальность.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБРИДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С начала активного развития FSO-технологий, пришедшегося на середину 90-х годов прошлого века, на рынке прозвучали имена более 30 фирм, работающих в этом направлении. Только в России заявляли о себе около десятка различных организаций. Сегодня на рынке FSO-технологии процессы консолидации практически завершены. Основными игроками являются несколько крупнейших компаний: fSona (Канада), LightPointe, MRV, Canon (все – США), PAV Data System (Великобритания), LaserBit Communication (Венгрия-США) и CBL (Германия). По нашим оценкам, эти семь компаний контролируют до 90% мирового рынка FSO-систем.

В производственной программе перечисленных компаний присутствуют модели оборудования для скоростей передачи от одного потока E1 (T1) до 1250 Мбит/с (Gigabit Ethernet). Анализ динамики развития модельного ряда представляемых ими на рынок FSO-систем показывает, что общая тенденция развития оптической технологии идет по пути увеличения скорости передачи данных и "гибридизации" оборудования. На острие этих процессов находятся модели для работы в сетях Ethernet. Очевидно, это связано с активным внедрением сетей NGN с технологией коммутации пакетов. Ценовые ориентиры за единичные поставки оборудования ведущими мировыми фирмами приведены в табл. 1. Она включает только старшие модели, работающие по протоколу Fast Ethernet (100 Мбит/с), поскольку по экономическим соображениям только их и целесообразно подвергать "гибридизации".

В табл. 1 отражено наличие в составе оборудования системы угловой стабилизации – автотрекинга. Она обеспечивает работоспособность канала при установке оборудования FSO на реальных опорах, которые всегда имеют угловую нестабильность. Отказы оптической линии из-за ее разъюстировки зачастую превышают время ее неработоспособности вследствие плохих погодных условий. Как видно из таблицы, введение автотрекинга заметно увеличивает дальность связи. С другой стороны, это ощутимо отражается и на цене.

Таким образом, сложившаяся структура рынка отводит чистой FSO-технологии сегменты предприятий, решения ограниченного круга задач на малых дистанциях у операторов связи, а также применения в виде временных, резервных

и аварийных каналов. Этот рынок является розничным и требует больших затрат на организацию сбытовой сети. При малом объеме выпуска продукции это сильно отражается и на цене решения. Тем не менее, данный сегмент даже растет. Основными притягательными факторами являются отсутствие необходимости получать разрешения и высокая скорость канала.

Основной вектор развития FSO-технологии лежит в области повышения доступности беспроводного канала. Это достигается за счет введения в состав оборудования радиоканала для нелицензируемого диапазона. Тем более, что при росте требований к скорости передачи информации только FSO- и MMW-системы могут обеспечить беспроводную передачу информации на уровне гигабитных скоростей.

ГИБРИДНОЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА БАЗЕ FSO ARTOLINK И РЭС "РАПИРА"

Экономическая целесообразность "гибридизации" оптической системы наступает только для продвинутых оптических систем, которые сами по себе могут обеспечивать неплохую надежность на трассах протяженностью в несколько километров. В случае системы со вторым каналом, построенным на технологии Wi-Fi, это позволяет минимизировать время работы радиоканала и тем самым увеличить среднюю пропускную скорость и скрытность гибридного канала. При использовании MMW требования к FSO также высоки, так как этот канал должен обеспечивать надежную работу системы в сильный дождь, когда не работает радиотракт.

Основываясь на этом, Государственный Рязанский приборный завод (изготовитель) и ООО МОСТКОМ (разработчик) представляют, возможно, одну из лучших отечественных FSO-систем под торговой маркой ARTOLINK типа M2-FE-2N. Она оптимизирована для работы как в сетях Fast Ethernet на уровне предприятия, так и в сетях операторов различного уровня с надежностью канала свыше 0,9999 при длине соединения до нескольких километров. Это достигается следующими техническими решениями.

Объективным критерием качества FSO-соединения является время недоступности канала, которое определяется двумя главными факторами: затуханием излучения на трассе и расстройкой оптической линии. Наличие автотрекинга

Таблица 1. Цены на полнодуплексное FSO-оборудование ведущих производителей со скоростью передачи 100 Мбит/с

Производитель	Цена, тыс. долл.	Резервный канал	Автотрекинг	Дальность, м
fSona	≈27	Нет	Нет	3000
LightPointe	36,39	Wi-Fi	Есть	5000
CBL	19,7	Wi-Fi	Нет	2000
MRV	22,5–25	Wi-Fi	Нет	3000
	32–35,5	Wi-Fi	Есть	5000
Canon	≈30	Нет	Есть	3000
PAV	14	Нет	Нет	2000
LaserBit	12	Нет	Нет	2500

в оборудовании ARTOLINK позволяет устанавливать его на любые, даже нестабильные, опоры, например на металлические вышки. После чего можно забыть о проблеме разьютости.

Оборудование имеет многоапертурную приемо-передающую систему, исключающую замирание сигнала на длинных пролетах. Бюджет линии более 50 дБ и малый угол расходимости излучения передатчиков обеспечивают высокую энерговооруженность системы. Устройства ARTOLINK имеют систему автоматического регулирования мощности передатчиков, которая расширяет динамический диапазон линии и увеличивает ее долговечность и безопасность. Совокупность этих решений минимизирует время перерывов оптической связи на трассах до нескольких километров.

С использованием доступной статистики, на рис.2 приведены результаты расчета надежности оптического беспроводного канала для двух случаев. Верхняя кривая демонстрирует возможности оборудования ARTOLINK для условий его применения в центральной России. Нижняя кривая построена для этого же оборудования, но при его установке в засушливых районах, например, в Лас-Вегасе (США). Заметим, что по статистике прозрачность атмосферы на территории России значительно хуже, чем в большинстве столиц мира. Поэтому кривые для Москвы и Лас-Вегаса можно считать граничными значениями доступности канала. Реальная кривая надежности будет проходить между ними в большинстве стран мира, включая и южные районы России.

Как видно из рисунка, в решениях уровня предприятия по критерию надежности канала свыше 99% оборудование в условиях России может устанавливаться для доставки трафика на расстояние почти 2,5 километра. Если в качестве критерия взять среднюю надежность медных кабельных соединений (по данным Deutsch Telecom), то FSO-оборудование ARTOLINK обеспечивает соединение почти до 1,5 км, а в засушливых районах и значительно дальше – более 5 км. Реально установленные образцы работают на трассах от 300 м до 4,5 км во всех климатических зонах России и за ее пределами.

Оборудование ARTOLINK комплектуется специально разработанным для беспроводной оптики интерфейсом с сете-

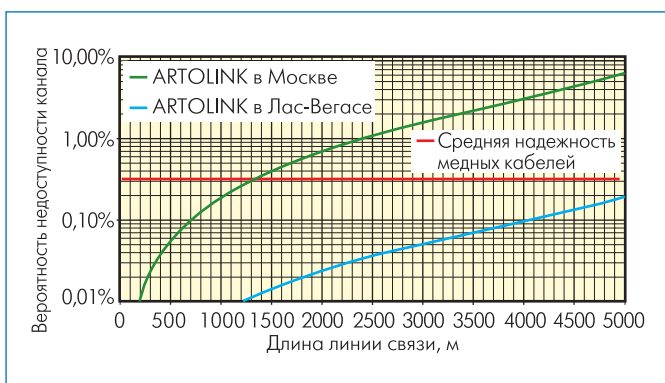


Рис.2 Номограмма недоступности канала FSO оборудования ARTOLINK

вым стыком 100BASE-TX. Он обеспечивает надежную полнодуплексную передачу трафика Fast Ethernet на трассах любой длины с относительной цифровой ошибкой в период доступности канала 10^{-10} – 10^{-11} . Дополнительно он реализует такие функции, как:

- интегрированный служебный канал между терминалами линии. Данные служебного канала передаются вне полосы основного сигнала и не загружают информационную магистраль;
- механизм активной сигнализации через локальный сетевой интерфейс о состоянии оптического и кабельных соединений – функция ALLF. В отличие от обычно используемого варианта LLF, при восстановлении физического соединения автоматически восстанавливается и сетевое соединение без перезагрузки оборудования;
- встроенный измеритель качества оптического канала. Используя данные служебного канала, производится постоянное автоматическое измерение ошибок в оптическом канале с частотой 8000 раз в секунду;
- широкие сервисные возможности. Программная установка шлейфов, измерение и расчет ошибок, управление параметрами сетевых соединений, встроенная память событий на 1 сутки, сигнализация.

Оборудование ARTOLINK позволяет организовывать второй канал через различные устройства Fast Ethernet. В зависимости от решаемой задачи это могут быть радиорелейные линии, Wi-Fi, волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) и др. Например, применение ВОЛС в качестве второго канала позволяет организовывать эффективные решения по дублированию основной линии передачи. Для этого в оборудовании имеется функция программной установки приоритета каналов – основного или резервного.

Подключение беспроводного радиооборудования ко второму каналу позволяет реализовать полноценную гибридную систему связи (табл.2). Это резко улучшает показатели доступности канала до требований операторской надежности.

Трафик между каналами переключается по критерию качества оптического соединения. В зависимости от скорости передачи данных, которую обеспечивает второй канал, допускается настройка параметров переключения. При этом используется специальная технология плавного снижения скорости, которая позволяет улучшить алгоритмы взаимодействия оборудования с подключаемыми сетевыми устройствами. Для расширения круга решаемых задач на сигнальный стык второго канала выводится питание (PoE). Параметрами его включения можно также программно управлять.

Наилучшим решением по соотношению цена-качество обладает система с резервным каналом Wi-Fi. Как каналоблающее, может быть использовано любое Wi-Fi-оборудование. Однако наилучшие результаты (отражены в табл.) дает использование специально откалиброванного для работы с ARTOLINK оборудования класса preWi-Max типа RAPIRA [2].

Таблица 2. Параметры оборудования ARTOLINK различной конфигурации

Параметры	M2-FE-2N	МОСТ FE-2N-R	МОСТ FE-2N-M
Технология второго канала	Нет	Wi-Fi, 5,8 GHz	Оборудование MMW, 60 ГГц
Скорость во втором канале	Нет	>20 Мбит/с	100 Мбит/с
Режим работы второго канала	Нет	Холодный резерв (без излучения) с коммутацией питания передатчика	Горячий резерв
Переключение	Нет	Режим плавного снижения скорости с приоритизацией трафика	Выбор канала по минимуму ошибок
Дальность связи при доступности канала, м:			
>99,99%	200	4000 (со снижением скорости)	1200–1300
99,7%	1300	не специфицируется	
99%	2400	не специфицируется	
Относительная цена	1	1,2–1,3	2,5–3

Совместная калибровка позволяет решить несколько задач конфигурации гибридного канала связи.

Обычная точка доступа Wi-Fi ориентирована на сетевые, многоточечные приложения, поэтому ее программное обеспечение выполняет множество задач, не нужных в конфигурации "точка-точка". Это приводит к снижению полезной пропускной способности до 6–8 Мбит/с. Специально откалиброванное оборудование RAPIRA обеспечивает полнодуплексную скорость не менее 20 Мбит/с (при канальной скорости 108 Мбит/с).

Питание различных типов оборудования Wi-Fi может быть от 5 до 48 В постоянного тока или 220 В переменного. При его стыковке с ARTOLINK возникают вопросы обеспечения питанием. В откалиброванном оборудовании RAPIRA питание подается по сигнальному кабелю (PoE) от ARTOLINK и гарантируется полная совместимость устройств.

При использовании оборудования Wi-Fi в качестве холодного резерва (без излучения) время перехода на второй канал оказывается весьма существенным – до нескольких десятков секунд. Это время входит в период недоступности канала. При использовании RAPIRA используется специальный метод плавного снижения скорости и практически отсутствует время переключения между каналами.

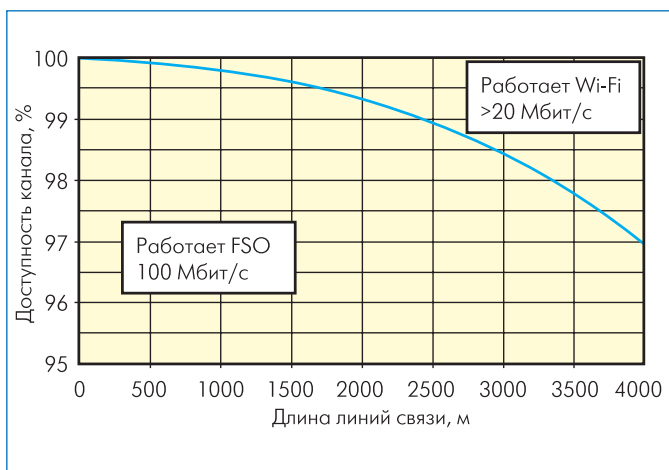


Рис.3 Достоверность работы гибридного канала МОСТ FE-2R

В результате (рис.3) откалиброванный гибридный канал ARTOLINK/ RAPIRA типа МОСТ FE-2R обеспечивает практически 100%-ную надежность соединения при дальностях в несколько километров. Как видно из рисунка, при увеличении длины соединения просто растет время работы радиооборудования. Но даже на трассах длиной 4 км среднее время работы Wi-Fi не превышает 3%. Причем в большинстве случаев эти проценты приходятся на ночные и утренние часы, наименее загруженные трафиком. В остальное время оборудование Wi-Fi автоматически переводится в "холодный" режим и не загружает эфир своим излучением. Учитывая, что в России нет и не предвидится наличия открытых радиодиапазонов, такое решение позволяет независимым операторам создавать надежные каналы связи без получения разрешения с минимальным риском. Дополнительное удобство – как и ARTOLINK, система RAPIRA поставляется во внешнем исполнении и соответственно может устанавливаться в любом удобном месте. Оборудование коммутируется обычным кабелем – витой парой категории 5 для внешней проводки. Его длина может составлять до 100 метров. В комплект поставки входят также малогабаритные планарные антенны.

Таким образом, комплект оборудования ARTOLINK/RAPIRA типа M2-FE-2N-R интегрирует в себе все положительные черты технологий оптической и радиосвязи. На его основе как операторы связи, так и другие потребители могут создавать скоростные каналы связи с надежностью более 0,9999 на трассах в несколько километров.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005.
2. Вишневский В., Гузаков Н., Лаконцев Д. Система "Рапира" – базис для отечественных широкополосных беспроводных сетей. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, № 10, 2005, с. 30–36.



НОВЫЕ КНИГИ

ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"

ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ

Мир связи



Томаси У.

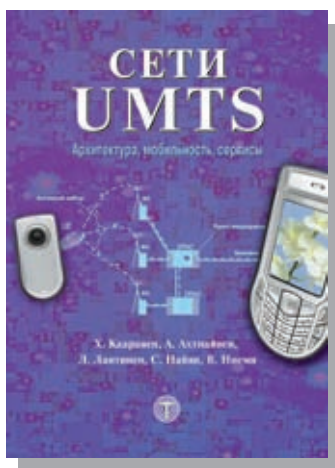
Электронные системы связи

Москва: Техносфера, 2007. – 1360с. ISBN 978-5-94836-125-3

Руководство по современным средствам электросвязи охватывает различные аспекты технологий передачи и обработки информации, методов приема и генерации сигналов, аналоговой и цифровой модуляции, передачи по проводным и волоконно-оптическим линиям, распространению радиоволн, спутниковой, сотовой и радиорелейной связи, протоколов передачи данных, телефонии, коммутации и сигнализации.

При беспрецедентной широте охвата, материал изложен компактно, доступно, ясно и с тонким пониманием сути рассматриваемых вопросов, известной обычно только узкому кругу специалистов данного направления. В частности, обсуждаются достоинства и недостатки рассматриваемых технических решений, использованы поясняющие числовые примеры.

Издание будет полезно широкому кругу читателей, включая радиолюбителей, студентов, преподавателей, разработчиков аппаратуры и проектировщиков. Особый интерес книга представляет для специалистов по системной интеграции услуг связи, которые найдут в ней необходимую справочную информацию для комплексной оценки проектируемых сетей связи.



Кааранен Х., Ахтияйнен А., Лаитинен Л., Найян С., Ниemi В.
Сети UMTS.

Архитектура, мобильность и сервисы

Москва: Техносфера, 2007. – 464с. ISBN 978-5-94836-116-1

Опираясь на успех первого издания "Сети UMTS", второе дает читателям возможность познакомиться с последними этапами стандартизации 3GPP 5 версии. Обновленный и дополненный материал предлагает всесторонний анализ архитектуры сетей UMTS, в том числе и последних разработок. Книга снабжена многочисленными примерами, взятыми из исследовательской и педагогической практики авторов.

Книга будет полезна в качестве практического пособия для операторов, поставщиков оборудования, системных проектировщиков, разработчиков и маркетологов, всем, кому необходима самая свежая информация о сетях UMTS. Второе издание может представлять интерес также для студентов и научных работников, занимающихся мобильными сетями.

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ:
www.technosphere.ru

Как заказать наши книги?

По почте: 125319 Москва, а/я 594

По факсу: (495) 9563346

E-mail: knigi@technosphere.ru

sales@technosphere.ru

