

Андрей Кириленко  
 Andrey.Kirilenko@kedah.ru

# Использование оборудования фиксированного радиодоступа на базе технологии DS-CDMA для построения ведомственных сетей передачи данных

**Взаимоувязанная Сеть Связи (ВСС) России — это глобальный государственный проект по построению ведомственных сетей передачи данных, позволяющих обеспечить оперативный и защищенный обмен информацией между различными службами и подразделениями ведомства, доступ в Интернет и закрытую телефонную связь. Сегодня он реализован только между крупными городами, а периферийные «отростки» к районным центрам так и остаются перспективной. Соединение областных центров с районными и далее с более мелкими населенными пунктами оптоволоконным или медным кабелем является не только чрезвычайно дорогостоящей, но зачастую и физически нереализуемой задачей. Таким образом, наиболее оправданным решением подобных задач становятся беспроводные сети связи.**

Построение защищенных беспроводных сетей и магистралей на расстояния до 20–30 км при наличии имеющегося на рынке беспроводного оборудования более не является технически сложной задачей. Но давайте рассмотрим ситуацию, когда необходимо увязать в локальную сеть, к примеру, два подразделения ведомства, одно из которых располагается в областном центре, а другое — в районном, и расстояние между данными подразделениями порядка 60–70 км. Ответ кажется очевидным — установка ретрансляторов. Однако каждый дополнительный ретранслятор — это дополнительные деньги, и зачастую, отсутствие пригодных для установки ретрансляторов мест. Поэтому наиболее экономически оправданным и технически надежным решением в данном случае будет использовать оборудование беспроводной связи, способное покрывать расстояния до 70 км без ретрансляторов. Что следует знать, чтобы грамотно выбрать «дальнобойную» систему, которая обеспечивала бы связь на необходимом расстоянии, не теряя при этом таких важнейших показателей, как качество передачи данных, помехоустойчивость и др.? Дело в том, что подавляющее большинство производителей оборудования беспроводной передачи данных использует для формирования радиосигнала стандартные виды модуляции,

такие как BPSK, QPSK, QAM без дополнительного усложнения структуры сигнала, что влечет за собой невозможность работы на большие дальности без значительного увеличения мощности излучаемого сигнала, что, в свою очередь, также является очень сложным техническим вопросом построения соответствующих радиоблоков для передачи цифровой информации.

Решить поставленную задачу позволит оборудование, способное работать на больших расстояниях, обладающее высокой помехозащищенностью, малой спектральной плотностью энергии излучаемого сигнала (соответственно, скрытностью передачи), а также возможностью работы в режиме многолучевого распространения сигнала. Таким решением может послужить оборудование, построенное по технологии DS-CDMA [1]. Принцип технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA) [2] заключается в расширении спектра исходного информационного сигнала. При этом обеспечивается высокая степень защиты от активных и пассивных помех, что позволяет работать при низких значениях отношения «сигнал/шум» со значительно меньшей мощностью передаваемого сигнала.

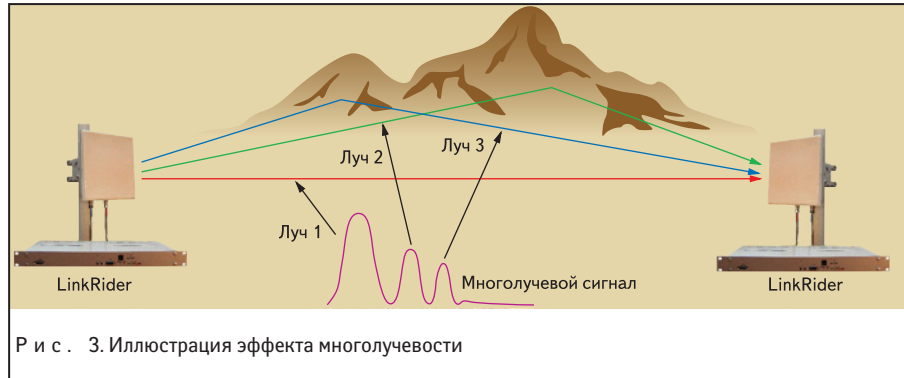
Формировать CDMA-сигналы можно двумя способами. Первый из них включает все методы, основанные на использовании сигналов с расширенным спектром (Spread Spectrum — SS), а второй базируется на сочетании CDMA с другими методами временного (TDMA), частотного (FDMA) или пространственного (SDMA) разделения каналов. Наиболее широкое распространение получили CDMA-системы с расширением спектра, которое заключается в распределении информационных сигналов по широкой полосе частот.

В настоящее время известны три ключевых метода расширения спектра: DS (Direct Sequence) — прямая последовательность, FH (Frequency Hopping) — скачкообразная перестройка частоты и TH (Time Hopping) — псевдослучайная перестройка во времени. Соответственно, существует три способа передачи сигнала с расширением спектра: DSSS, FHSS и THSS.

В большинстве CDMA-систем используется метод расширения спектра прямой последовательностью DS-CDMA, поэтому ограничимся рассмотрением именно этого метода.

Одно из фундаментальных понятий, определяющее помехоустойчивость и эффективность

системы CDMA — «база сигнала» (в англоязычной литературе используется термин *processing gain*). Это показатель, который характеризует выигрыш в отношении «сигнал/шум» при обработке сигналов с расширенным спектром. Для систем DS-CDMA, в которых передача информации осуществляется с использованием псевдослучайных кодовых последовательностей с чиповой скоростью  $R_c$ , база сигнала вычисляется в виде  $B = R_c/R$ , где  $R$  — скорость передачи информации. Однако чаще величина базы сигнала ( $B$ ) вычисляется как произведение ширины спектра ( $F$ ) на длительность элементарного символа, чипа ( $T$ ). Для широкополосных сигналов база значительно превышает 1 ( $B \gg 1$ ). Очевидно, что чем шире полоса частот в эфире и ниже скорость входного сигнала, тем больше база сигнала и, соответственно, выше помехоустойчивость. Схема работы метода DS-CDMA и качественные изменения сигнала и помех на передатчике и приемнике показаны соответственно на рис. 1 и 2. В системе CDMA для каждой станции выделяется своя уникальная псевдослучайная кодовая последовательность, отличающая ее от других и одновременно используемая для повышения помехоустойчивости и обеспечения безопасности. В передатчике узкополосный информационный сигнал умножается на эту псевдослучайную  $N$ -символьную последовательность. База результирующего сигнала равна числу символов псевдослучайной последовательности ( $B = N$ ). В эфире такой сигнал занимает полосу частот, значительно превышающую по ширине полосу частот исходного узкополосного сигнала. При этом использование шумоподобных сигналов с высокой тактовой частотой приводит к тому, что исходный узкополосный сигнал «размазы-

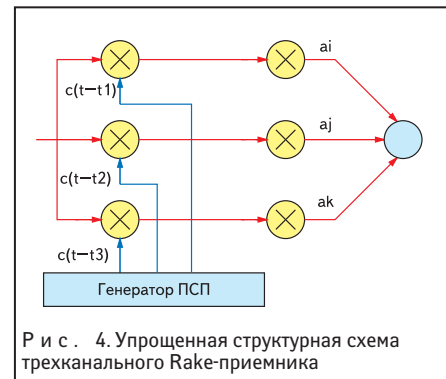
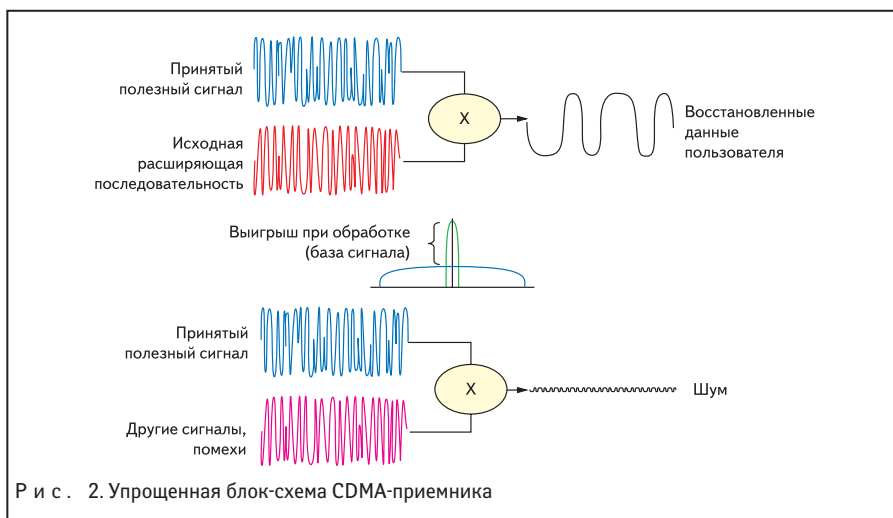
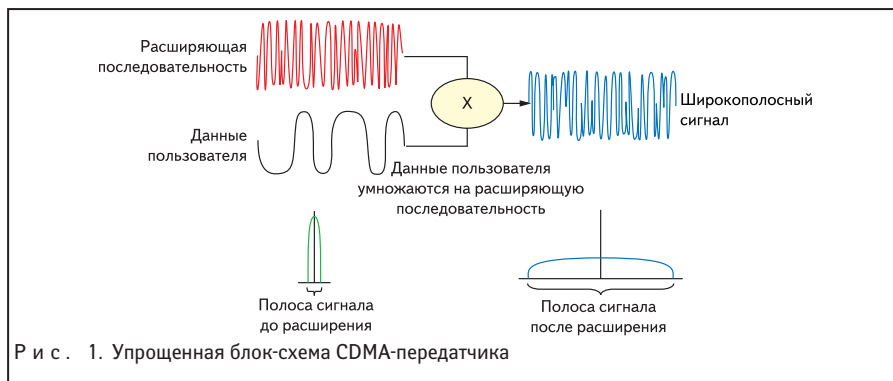


вается» в широкой полосе и становится меньше уровня шума. В приемнике исходный сигнал восстанавливается с помощью такой же псевдослучайной последовательности (обратная операция). Любые другие сигналы, отличные от исходного, поступающие на данный приемник, воспринимаются как шум. Отдельно следует отметить, что беспроводные системы связи, построенные по технологии CDMA, способны эффективно работать в условиях многолучевого распространения радиоволн [3]. Чаще всего многолучевость возникает как результат многократного отражения передаваемого сигнала от зданий и других препятствий на пути распространения радиоволн (рис. 3). Отраженные сигналы могут интерферировать с прямым лучом (луч 1), имеющим наибольшую интенсивность. Сигналы разных лучей сдвинуты по времени друг относительно друга, что обусловлено различной длиной трассы их прохождения. Поскольку всегда существует несколько путей распространения радиоволн от передатчика к приемнику, то в точке приема

разные копии одного и того же сигнала интерферируют друг с другом, создавая глубокие замирания радиоволны, которые в основном и влияют на качество передачи информации и пропускную способность системы.

Для борьбы с влиянием многолучевости в системах CDMA применяется устройство для приема разнесенных сигналов — так называемый Rake-приемник.

Принцип действия Rake-приемника основан на отдельной обработке всех многолучевых компонентов и вычислении их средневзвешенной суммы. В наземных радиоканалах характеристики этих компонентов могут незначительно различаться (на величину, сопоставимую с длительностью одного символа шумоподобного сигнала — чипа). Компоненты, отстающие друг от друга более чем на один чип, обрабатываются и суммируются. Что же касается мелкомасштабных изменений задержки (менее чем на один чип), они могут быть устранены при приеме с помощью схемы кодового слежения, которая позволяет измерить время задержки для каждого компонента многолучевого сигнала и нивелировать малое изменение.



Поскольку на практике число суммируемых соизмеримых по мощности лучей не превышает 3–4, в классическом Rake-приемнике обычно реализуется трехканальная схема (рис. 4), которая дает возможность выделять три компонента многолучевого сигнала с различными задержками ( $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ ) и коэффициентами передачи ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ). В каждом канале приема (*finger*) входной сигнал, задержка которого приведена ко времени распространения многолучевого сигнала, перемножается с кодовой последовательностью. После свертки вычисляется (с помощью схемы сложения) средневзвешенная по максимуму отношения «сигнал/шум» сумма сигналов разных каналов приема. В результате такой обработки все лучи, опережающие основной луч или запаздывающие относительно него на величину,



Р и с . 5. PPL серии LinkRider

большую 1/F, создают на выходе корреляторов лишь небольшие всплески (вместо больших помех), которые отбрасываются Rake-приемником в процессе принятия решения.

Ярким представителем беспроводного оборудования, выполненного по технологии DS-CDMA с использованием широкополосного шумоподобного сигнала (ШПС), являются PPL серии LinkRider (рис. 5) российского производства [4], обладающие всеми преимуществами данной технологии.

К ним относятся

- Скремблирование и перемежение каналов — возникающая дополнительная помехоустойчивость позволяет устанавливать станции на большем расстоянии друг от друга и использовать невысокие вышки. Закрытость передаваемой информации расширяет область применения продукта.
- Алгоритм адаптивного изменения мощности — экологичность, электромагнитная совместимость, пониженное энергопотребление.
- Работа в многолучевом режиме с Rake-обработкой лучей дает дополнительную возможность инсталляции станций в пересеченной местности (горы, берега рек и озер и т. п.), улучшает качество работы и повышает надежность системы.
- Помехоустойчивое кодирование — увеличение дальности связи, защита от импульсных помех. Возможность работать в сложной электромагнитной обстановке.
- Улучшенный сервис — возможность удаленной оценки качества передачи и управления каждым радиоблоком. Возможность подключения монитора к любому модему в линии.

Т а б л и ц а . Технические характеристики

Технические характеристики оборудования LinkRider 1E1/LinkRider 4E1	
Диапазон частот (ГГц)	3,4–3,6; 5,1–5,8
Технология	DS-CDMA
Модуляция	ШПС
Ширина спектра (МГц)	5 / 20
Дуплекс	Частотный дуплекс FDD
Макс. выходная мощность (дБм)	25
Максимальная дальность связи (км)	70 / 50
Выигрыш при обработке (дБ)	Не менее 21 / 12
Информационный поток (Мбит/с)	2,048 / 8,192
Цифровой интерфейс	E1(G.703) 75 Ом коаксиал; E1(G.703) 120 Ом балансный или Ethernet 10/100 Base T
Макс. уровень входного сигнала (дБм)	-24
Чувствительность приемника, BER=1e <sup>-6</sup> (дБм)	-96 / -87
Задержка при передаче (мс)	3 / 7
Управление и мониторинг	
По служебному радиоканалу	Да
По местному шлейфу	Да
Конфигурирование	
С помощью ПО	Да
Индикация на передней панели	
Состояние канала	Да
Условия эксплуатации внутреннего модуля	
Температура (°C)	+5... +40
Влажность (%)	70
Условия эксплуатации внешнего модуля	
Температура (°C)	-40... +60
Влажность (%)	100

- Software Radio System — возможно значительное изменение функций системы без изменения состава аппаратуры (программным путем).
- Прямое расширение спектра с базой 128 — защита от узкополосных помех, возможность работы в отсутствие прямой видимости.
- Работа под шумами — обеспечивает дополнительную конфиденциальность передаваемой информации.

Основные характеристики PPL серии LinkRider представлены в таблице.

PPL серии LinkRider — участник целевой программы «Электронная Россия» по направлению «Безопасность» [5].

#### Литература

1. ETSI EN 301 124 V1.2.1 (20010-2) Fixed Radio Systems; Point-to-multipoint equipment; Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-CDMA) point-to-multipoint digital radio systems in frequency bands in the range 3 GHz to 11 GHz.
2. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С.. Системы цифровой радиосвязи. М.: Экотрендз. 2005.
3. Невдяев Л. CDMA: борьба с замираниями // Сети. 2000. № 9.
4. <http://kedah.ru/catalog/linkrider/>
5. <http://kedah.ru/catalog/solutions/uvd.pdf>