

Д. В. Крутин, М. А. Кисляков, С. Г. Мосин
**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СВЯЗИ.
 ТЕХНОЛОГИЯ WCDMA**

При функционировании систем сотовой связи, использующих кодовое разделение каналов, необходимо контролировать мощность абонентского терминала путем оценки отношения сигнал—шум (ОСШ). Предложены методы определения ОСШ с использованием технологии WCDMA.

Ключевые слова: WCDMA, кодовое разделение каналов, ОСШ.

Поскольку современное общество все больше нуждается в передаче больших объемов информации, разработка и исследование алгоритмов приема и обработки сигналов в многоканальных системах мобильной цифровой связи весьма актуальны. В наши дни основная нагрузка по передаче информации приходится на системы связи третьего поколения, среди которых наибольшее распространение в Европе и России получила технология WCDMA.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) — одна из технологий многостанционного доступа, которая использует кодовое разделение каналов и обеспечивает высокую скорость передачи данных. В качестве основного типа модуляции используется QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). В таких системах для разделения сигналов применяют скремблирующие коды, уникальные для каждого абонентского терминала. В качестве таких кодов используют коды Голда благодаря хорошим авто- и взаимокорреляционным свойствам [1, 2].

В системах связи с кодовым разделением каналов полоса частот используется одновременно несколькими абонентами. Поэтому для каждого абонента сигналы других пользователей сети являются помехой, которая может ухудшить качество связи. В случае, когда базовая станция (БС) одновременно работает с несколькими абонентскими терминалами (АТ), мощность сигнала от АТ, расположенных вблизи, значительно выше, чем у находящихся на значительном удалении. Таким образом, качество канала связи между БС и удаленным АТ резко ухудшается при появлении АТ в ближней зоне. Поэтому возможность точного и быстрого управления мощностью является одним из наиболее важных аспектов функционирования систем связи стандарта WCDMA.

Для решения этой проблемы в технологии WCDMA применяется быстрое управление мощностью по замкнутому контуру. Критерием оценки в этом случае является отношение сигнал—шум (ОСШ).

В радиointерфейсе WCDMA используют фреймы длительностью 10 мс, состоящие из 15 слотов, в каждом из которых в специальных полях (TPC) передают команды управления мощностью. На рис. 1, а представлена структура слота восходящего канала управления; б — нисходящего [3].



Рис. 1

Если измеренное ОСШ выше необходимого, то базовая станция посылает команду АТ понизить мощность, в противном случае — повысить. Такие измерения производятся 1500

раз в секунду (1,5 кГц) для каждого АТ, т.е. чаще, чем могут возникать изменения в канале связи. Таким образом, управление мощностью по замкнутому контуру позволяет предотвратить какой-либо ее дисбаланс для всех восходящих каналов, принимаемых БС. Иными словами, целью контроля мощности является достижение минимального уровня ОСШ, достаточного для обеспечения качественного приема сигнала.

Для регулировки мощности используются две вложенные петли управления (рис. 2). Внутренняя (быстрая) петля управления мощностью оценивает ОСШ восходящего канала и сравнивает полученное значение с целевым параметром. На основе результатов сравнения по нисходящему каналу передаются команды управления мощностью для АТ. Целевое значение ОСШ устанавливается внешней (медленной) петлей управления мощностью на основе измерений уровня блоковой ошибки BLER (Block Error Rate), проводимых с частотой 10—100 Гц [2].

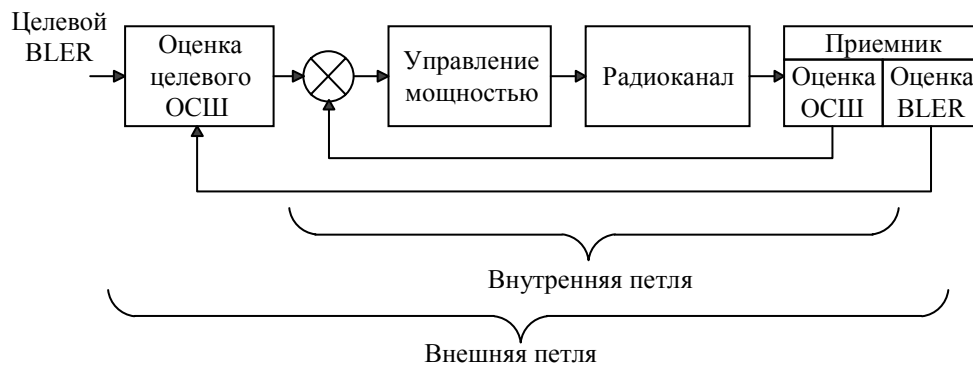


Рис. 2

Для повышения скорости передачи в восходящем канале также применяется модуляция более высокого порядка (4PAM), которая требует точной оценки мощности принимаемого сигнала. Неточная оценка ОСШ негативно влияет на работу петли контроля мощности между БС и АТ, что, в свою очередь, снижает возможности увеличения скорости передачи данных в восходящем канале. В настоящей работе представлено несколько методов оценки ОСШ, обеспечивающих достаточно высокую точность.

В большинстве случаев оценку отношения сигнал—шум удобно проводить на основе специальных последовательностей символов пилот-канала, применяемых для фазовой и частотной подстройки. В зависимости от формата в слоте может передаваться от трех до восьми символов [3]. Поскольку сигнал управления передается в квадратурной составляющей, то последовательность извлеченных символов определяется следующим выражением:

$$s_i = \frac{1}{SF} \sum_{n=1}^{SF} [\text{Im}(S_n) c_{256,k,n}], \quad (1)$$

где S_n — демодулированные символы, SF (Spreading Factor) — коэффициент расширения спектра, а $c_{256,k,n}$ — последовательность, используемая для расширения спектра [4]. Далее вычисляются значения параметров RSCP и ISCP:

$$\text{RSCP}_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (s_n p_n)^2, \quad (2)$$

$$\text{ISCP}_i = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N s_n p_n \right)^2, \quad (3)$$

где N — число символов пилот-канала в одном фрейме; p_n — детерминированная последовательность пилотных символов, определенная в работе [3].

Тогда ОСШ определяется по формуле:

$$\text{ОСШ}_i = \frac{\text{RSCP}_i}{\text{RSCP}_i - \text{ISCP}_i}. \quad (4)$$

Для обеспечения большей точности оценки также можно проводить усреднение ОСШ на нескольких фреймах, тогда итоговое значение вычисляется по формуле

$$\overline{\text{ОСШ}} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A \text{ОСШ}_i, \quad (5)$$

где A — окно усреднения.

Проведенные исследования показали, что при частоте расчета 100 Гц погрешность оценки ОСШ не превышает 1 дБ, в то же время при использовании усреднения на нескольких фреймах точность значительно увеличивается. Однако в отдельных случаях данный подход не может применяться. Например, в канале случайного доступа (Random Access Channel, RACH) при установлении сеанса связи между АТ и БС необходима достаточно быстрая оценка параметров сигнала. Ниже приведен алгоритм расчета ОСШ, используемый при детектировании преамбулы в канале RACH.

На первом шаге вычисляется общая мощность принятого сигнала:

$$\text{RTWP} = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N I_n^2 + Q_n^2 \right), \quad (6)$$

где I_n , Q_n — синфазная и квадратурная составляющие сигнала, N — окно корреляции.

Сигнал на выходе корреляционного детектора, используемого для детектирования преамбулы, определяется как

$$z_i = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N S_i p_{i+n}^* \right), \quad (7)$$

где p_i — эталонный сигнал нормированной амплитуды.

При наличии преамбулы в слоте доступа на выходе детектора фиксируется ярко выраженный корреляционный отклик. Энергию полезного сигнала и мощность шума можно определить по выражениям:

$$e_i = \max(|z_i|), \quad (8)$$

$$n_i = \text{RTWP} - e_i. \quad (9)$$

В этом случае ОСШ определяется по формуле:

$$\text{ОСШ} = \frac{e_i}{n_i}. \quad (10)$$

Данный метод также позволяет с высокой точностью определять ОСШ в широком диапазоне значений. При интервале оценки в 500 мкс погрешность не превышает 1,5 дБ.

Основным достоинством представленных методов оценки ОСШ по сравнению с аналогичными решениями является высокая точность оценки и экономия ресурсов при практической реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tanner R., Woodard J. WCDMA – Requirements and Practical Design. NY: JohnWiley&Sons Ltd, 2004. 447 p.
2. Holma H., Toskala A. WCDMA for UMTS. Radio Access for Third Generation Mobile Communications. NY: JohnWiley&Sons Ltd, 2004. 481 p.
3. 3GPP TS 25.211. Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD). 2010.
4. 3GPP TS 25.213. Spreading and modulation (FDD). 2010.

Сведения об авторах

- Денис Викторович Крутин** — Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра вычислительной техники; инженер;
E-mail: krutin.denis@gmail.com
- Максим Андреевич Кисляков** — Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра вычислительной техники; младший научный сотрудник;
E-mail: kislyakov.maxim@gmail.com
- Сергей Геннадьевич Мосин** — канд. техн. наук, доцент; Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра вычислительной техники;
E-mail: smosin@vlsu.ru

Рекомендована ВлГУ

Поступила в редакцию
17.04.12 г.