



УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ В СИСТЕМЕ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА 3G-1X

А. Ф. Гоцуляк, Д. Г. Литвиновский
Э. Ю. Пархимович, С. Н. Орлов
ЗАО «ИТ-Центр»

Стандарт систем мобильной связи третьего поколения (3G) с кодовым разделением каналов (CDMA-2000) основывается на предшествующем ему стандарте IS-95 (2G), который является базовым и удовлетворяет рекомендациям Международного союза электросвязи. Оборудование стандарта версии 3G-1x производства фирмы Lucent Technologies поддерживает сервисы IS-95 по передаче голоса и данных с коммутацией каналов, а также аналогичные сервисы с коммутацией пакетов. Сеть 3G-1x и подсистема ввода-вывода пакетных данных обеспечивают абонентам возможность обмена данными со скоростями до 153.6 кбит/с по радиointерфейсу IS-2000. При этом абоненты, использующие портативную ЭВМ или другое устройство обработки данных, соответствующее стандартам IS-2000 и IS-707A1, получают доступ к различным приложениям обмена данными, таким как Internet или Intranet, базы данных, электронная почта и др.

Радиointерфейс рассматриваемой системы включает в себя восходящую и нисходящую радиолинии. По восходящей радиолинии осуществляется передача информации от мобильного телефона к базовой станции, а по нисходящей — в противоположном направлении. Для передачи в нисходящей радиолинии могут задействоваться основной и/или дополнительные каналы. При этом по основному каналу могут передаваться речь или данные с фиксированной скоростью 9.6 кбит/с, а по дополнительным каналам — только высокоскоростные данные (до 153.6 кбит/с).

Возможность управления излучаемой мощностью широко используется в современных системах мобильной связи. Основная функция механизма управления мощностью в 3G-1x заключается в том, чтобы добиться требуемого качества и надежности связи в каналах трафика при минимальной мощности излучения передатчиков базовой станции и мобильного телефона.

При этом обеспечиваются следующие важные преимущества:

- снижаются требования к величине максимальной выходной мощности передатчиков мобильного телефона и базовой станции;
- компенсируется влияние изменчивости расстояния между базовой станцией и мобильными телефонами, случайного характера изменения потерь энергии электромагнитных волн при распространении в широком диапазоне величин, многолучевости, эффекта Доплера и случайного распределения мобильных телефонов в пределах соты на энергетический потенциал обеих радиолиний;
- решается проблема «ближний — далекий».

В свою очередь, в результате снижения требований к величине максимальной выходной мощности передатчика мобильного телефона:

- создается минимальный уровень внутрисистемных радиопомех в пределах заданной зоны обслуживания;
- увеличивается время работы мобильного телефона от одного аккумулятора;
- уменьшается влияние радиоизлучения на биологические объекты;

сокращается количество сот, необходимое для обеспечения заданного размера зоны обслуживания;

- улучшаются условия электромагнитной совместимости рассматриваемой системы и других радиоэлектронных средств.

Кроме того, при оптимизации управления мощностью существенно улучшается такой важнейший тактико-технический параметр системы связи рассматриваемого стандарта, как емкость. Так, реализация оптимального управления мощностью в нисходящей радиолинии позволяет увеличить емкость соты в 3 раза по сравнению с ситуацией, когда управление мощностью не используется [1]. Особые требования предъявляются к точности управления мощностью. Например, отклонение уровня передаваемой мощности от оптимальной величины всего на 2 дБ приводит к существенному уменьшению емкости соты — на 61% (1).

Приведенные примеры иллюстрируют важность обеспечения оптимального управления излучаемой мощностью в системах с CDMA.

Рассмотрим особенности управления излучаемой мощностью в радиолиниях 3G-1x.

УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ В ВОСХОДЯЩЕЙ РАДИОЛИНИИ В РЕЖИМЕ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ

Известно, что в системах связи с кодовым разделением каналов качество связи зависит от отношения энергии, переданной в одном информационном бите, к спектральной плотности теплового шума и интерференции. Значение этого параметра, необходимое для обеспечения

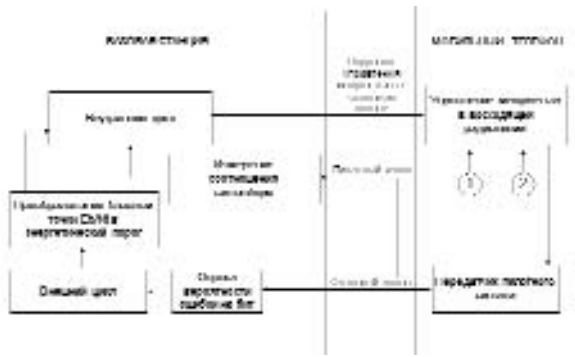


Рис. 1. Замкнутый цикл управления мощностью в восходящей радиолнии

связи с заданным качеством и надежностью, зависит от следующих изменяющихся факторов:

- скорости движения объекта-носителя, на котором находится абонент, использующий мобильный телефон;
- условий распространения радиоволн;
- местоположения данного мобильного телефона относительно других телефонов в пределах обслуживающей соты.

Изменения вышеупомянутого параметра влияют на вероятность ошибочного приема кадра, поэтому именно он лучше всего характеризует качество передачи. Корректировка уровня мощности, излучаемой мобильным телефоном, осуществляется с целью компенсации потерь энергии электромагнитных волн при распространении и медленных замираний, значения которых изменяются в широком диапазоне. Для этого в базовой станции анализируется вероятность ошибочного приема для каждого кадра, передаваемого по восходящей радиолнии, и результат этого анализа сообщается мобильному телефону. Значение указанного параметра используется в качестве эталонного для того, чтобы определить новую величину отношения энергии информационного бита к спектральной плотности теплового шума и интерференции, необходимую для обеспечения заданного качества и надежности связи. При передаче речи в системе мобильной связи 3G-1x используется сложный механизм управления мощностью в восходящей радиолнии, реализованный с помощью разомкнутого цикла, а также внутреннего и внешнего замкнутых циклов.

Разомкнутый цикл управления мощностью реализован в мобиль-

ном телефоне. В нем осуществляется оценка требуемой излучаемой мощности в рассматриваемой радиолнии на основе измерения мощности принимаемого мобильного телефона в нисходящей радиолнии. Функционирование данного цикла поддерживается с помощью рабочих параметров, передаваемых базовой станцией по служебным каналам и по нисходящему каналу трафика. Применение разомкнутого цикла обеспечивает прием базовой станцией сигналов с одинаковым уровнем мощности, передаваемых различными мобильными телефонами. Таким образом, решается проблема «ближкий — далекий».

Замкнутый цикл управления мощностью, передаваемой в восходящей радиолнии, реализован в базовой станции. Он состоит из внутреннего и внешнего циклов и служит для быстрой корректировки сигнала управления мощностью, полученного с помощью разомкнутого цикла, с целью компенсации разброса параметров радиотрактов мобильных телефонов и различных значений затухания электромагнитных волн при распространении в восходящей и нисходящей радиолниях. Организация замкнутого цикла управления мощностью в восходящей радиолнии иллюстрируется рис. 1.

С помощью внутреннего цикла осуществляется регулировка уровня выходной мощности, передаваемой по основному каналу восходящей радиолнии. Этот уровень определяется в зависимости от мощности сигнала, принятого в пилотном канале этой же радиолнии. С помо-

щью внешнего цикла осуществляется коррекция уровня опорной точки отношения энергии информационного бита к спектральной плотности теплового шума и интерференции, который определяется на основе результатов измерения вероятности ошибочного приема кадра в основном канале восходящей радиолнии.

Во внешнем цикле управления мощностью вычисляется величина требуемого отношения энергии, переданной в одном информационном бите, к спектральной плотности теплового шума и интерференции E_b/N_t (базовая точка). Вычисление основано на подсчете количества ошибочных кадров, принятых базовой станцией. При этом осуществляется преобразование величины требуемого отношения E_b/N_t в соотношение «сигнал/шум» в пилотном канале и модифицируются данные об отношении энергии информационного бита к спектральной плотности теплового шума и интерференции в этом канале, характеризующие энергетический порог.

Во внутреннем цикле сравниваются взвешенные значения соотношения «сигнал/шум», измеренные в пилотном канале восходящей радиолнии, с энергетическим порогом и определяется формат сигнала управления, который будет передан по подканалу управления мощностью мобильному телефону. На рис. 1 цифры 1 и 2 обозначают точки ввода данных, необходимых для функционирования рассматриваемого цикла управления мощностью, которые поступают от базовой станции и мобильного телефона соответственно.

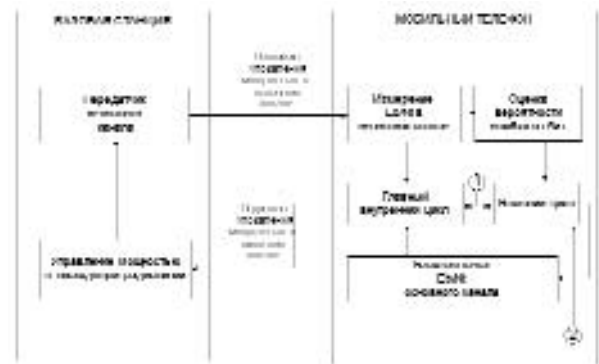


Рис. 2. Замкнутый цикл управления мощностью в основном канале нисходящей радиолнии

УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ В НИСХОДЯЩЕЙ РАДИОЛИНИИ В РЕЖИМЕ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ

Управление мощностью в нисходящей радиолинии системы 3G-1x предназначено для того, чтобы компенсировать быстрые изменения требуемого отношения энергии информационного бита к спектральной плотности теплового шума, а также уровня интерференции от других сот.

Особенности работы нисходящей радиолинии заключаются в следующем:

- обеспечивается совместимость рассматриваемого оборудования с оборудованием стандарта TTA/EIA/IS-2000;
- реализована поддержка передачи речи и низкоскоростного обмена данными (9.6 кбит/с) в основном канале и высокоскоростного обмена данными (до 153.6 кбит/с) в дополнительном канале;
- поддерживается сверхточное и турбокодирование в дополнительном канале рассматриваемой радиолинии для скоростей передачи 19.2, 38.4, 76.8 и 153.6 кбит/с.

В мобильном телефоне оценивается статистика изменения вероятности ошибочного приема кадра. О результатах оценки телефон сообщает базовой станции, в которой измеренная величина сравнивается с заданным значением. В зависимости от результатов сравнения базовая станция уменьшает уровень излучаемой мощности, передаваемой в нисходящей радиолинии, если измеренная вероятность ошибочного приема кадра выше заданной, и наоборот.

Замкнутый цикл управления мощностью в основном канале рассматриваемой радиолинии состоит из внешнего и главного внутренних циклов (рис. 2). Последний управляет работой основного канала в режиме передачи речи или низкоскоростного обмена пакетными данными со скоростью 9.6 кбит/с.

Как видно из рисунка, главный внутренний и внешний циклы реализованы в мобильном телефоне, который отслеживает сигналы управления мощностью, принимаемые в основном канале нисходящей радиолинии, и оценивает отношение E_b/N_t . Затем происходит сравнение этого параметра с заданным значением. Если качество связи хуже заданного, то команды внутреннего цикла, передаваемые по подканалу управления мощностью, обеспечивают увеличение мощности в основном канале трафика и наоборот.

Цифры 1 и 2 на рис. 2 обозначают точки ввода данных, необходимых для функционирования рассматриваемого цикла управления, которые поступают со стороны базовой станции и мобильного телефона соответственно.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ В РЕЖИМЕ ОБМЕНА ДАННЫМИ

Как уже было сказано, в системе 3G-1x передача пакетных данных может осуществляться как по основному, так и по дополнительным каналам.

Организация разомкнутого цикла управления мощностью в основном канале восходящей радиолинии в режиме обмена пакетными данными аналогична организации одноименного цикла при передаче речи.

Замкнутый цикл управления мощностью, передаваемой по дополнительному каналу нисходящей радиолинии, построен аналогично тому, как это показано на рис. 2, но с учетом следующих отличий:

- объектом управления является передатчик дополнительного канала базовой станции;
- в соответствии с логикой работы главный внутренний цикл переименован во вторичный внутренний цикл.

В течение периодов бездействия абонента функция управления мощностью в дополнительном канале не используется. В остальном принцип управления мощностью и схемы, реализующие его применительно к основному и дополнительному каналам, в режиме обмена данными такие же, как в режиме передачи речи.

Необходимая точность управления мощностью обеспечивается за счет одновременной работы нескольких циклов управления, а также за счет использования в вычислениях динамически изменяемых калибровочных коэффициентов.

Таким образом, механизмы управления мощностью, заложенные в основу построения оборудования 3G-1x, обеспечивают реализацию требований, предъявляемых к управлению мощностью в системах связи с CDMA.

ЛИТЕРАТУРА

CDMA: прошлое, настоящее, будущее/ Под ред. проф. Л. Е. Варакина и проф. Ю. С. Шинакова. — М.: МАС, 2003.

