

## Устройство, способы обработки и передачи несогласованной информации управления в системах беспроводной связи

Д.С.Кравченко, А.К. Черепанов

МГТУ МИРЭА, г. Москва

*В докладе рассмотрены различные способы передачи и обработки информации управления в системах мобильной беспроводной связи таких, как CDMA, TDMA, FDMA. Предлагаются возможные способы оптимизации передачи и обработки случайно подключаемой информации к системам беспроводной мобильной высокоскоростной передачи данных в режимах управления. Эти усовершенствования могут, повысить скорость и эффективность передачи данных, снизить издержки, расширить и улучшить уже оказываемые услуги, а также интегрироваться с уже существующими протоколами. Предлагаемая система передачи данных с использованием стандарта 3GPP LTE позволяет получить скорости, в теории, до 1 Гбит/с на существующем оборудовании коммерческого использования.*

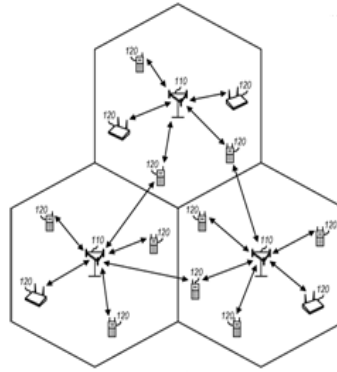
*In the report various ways of transfer and management information processing in various systems of a wireless mobile communication, such as, by CDMA, TDMA, FDMA and also. Offered possible ways of optimization transfer and processing of spontaneous information in systems of a wireless communication in control regime. These improvements can increase the speed and efficiency of data transfer, lower costs, expand and improve the services provided, as well as integration with already existing protocols. The proposed system of data transmission using standard 3GPP LTE delivers speed, in theory, up to 1 GB/s on existing equipment.*

### Введение

Системы беспроводной связи имеют широкое применение для обеспечения различного контента связи, такого как голос, видео, пакетные данные, передача сообщений, вещание и т.д. Эти беспроводные системы могут быть системами множественного доступа, способными поддерживать пользователей посредством совместного использования доступных ресурсов системы.

Примеры таких систем множественного доступа включают в себя системы доступа с кодовым разделением каналов (CDMA), системы доступа с временным разделением каналов (TDMA), системы доступа с частотным разделением каналов (FDMA), системы ортогонального FDMA (OFDMA) и системы FDMA с единственной несущей (SC-FDMA). В частности **Система LTE (Long Term Evolution)** — проект разработки консорциумом 3GPP стандарта усовершенствования технологий мобильной передачи данных CDMA, UMTS. Эти усовершенствования могут, например, повысить скорость, эффективность передачи данных, снизить издержки, расширить и улучшить уже оказываемые услуги, а также интегрироваться с уже существующими протоколами. Скорость передачи данных по стандарту 3GPP LTE в теории достигает 326,4 Мбит/с (демонстрационно 1 Гбит/с на оборудовании для коммерческого использования).

Система беспроводной связи может включать в себя ряд различных систем базовых станций, которые могут поддерживать связь для ряда пользовательских оборудований (UE). UE может связываться с различными типами базовых станций с помощью нисходящей и восходящей линий связи. Нисходящая линия связи (или прямая линия связи) относится к линии связи от базовой станции к UE, восходящая линия связи



**Рис.1. Схема беспроводной мобильной связи, которая является информационной системой типа LTE(или обратная линия связи) относится к линии связи от UE к базовой станции.**

Базовая станция может посылать информацию управления и данные на UE. Информация управления может передавать различные параметры, используемые для передачи данных. UE может принимать информацию управления и может обрабатывать передачу данных на основании полученной информации управления для восстановления данных, посланных базовой станцией. Также желательно для UE надлежащим образом интерпретировать информацию управления от базовой станции.

#### **Системы передачи информации по каналам связи**

Схема, описанная в статье, может быть использована для различных систем беспроводной связи, таких как CDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, SC-FDMA и других систем. (Термины "система" и "сеть" часто используются взаимозаменяемо). Приведем описание этих технологий.

**Система CDMA** (*Code Division Multiple Access*)—может реализовывать радиотехнологию, такую как универсальная система наземного радиодоступа (UTRA), CDMA 2000 и т.д., UTRA включает в себя широкополосный-CDMA (W-CDMA), синхронный CDMA с временным разделением каналов (TD-SCDMA) и другие варианты CDMA. CDMA 2000 охватывает стандарты IS-2000, IS-95 и IS-856.

**Система TDMA** (*Time Division Multiple Access*) – множественный доступ с разделением по времени—способ использования радиочастот, когда в одном частотном интервале находятся несколько абонентов, разные абоненты используют разные временные слоты (интервалы) для передачи, является приложением мультиплексирования канала с разделением по времени в радиосвязи. Эта система также может реализовывать радиотехнологию, такую, как глобальная система мобильной связи (GSM).

**Система FDMA** (*Frequency Division Multiple Access*) –множественный доступ с разделением каналов по частоте) – способ использования радиочастот, когда в одном частотном диапазоне находится только один абонент, разные абоненты используют разные частоты в пределах одной соты, является применением частотного мультиплексирования (FDM) в радиосвязи.

Канал закрыт к другим сеансам связи, пока начальный запрос не закончен. Полная дуплексная (Full - Duplex) FDMA передача использует 2 канала – один для передачи, другой для приема. FDMA использовался в первом поколении (1G) аналоговой связи и этот принцип реализован в стандартах GSM (совместно с TDMA), AMPS, N-AMPS, NMT, ETACS (американские стандарты).

**Система OFDMA** (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) – перспективная технология, используемая в системах мобильного и фиксированного широкополосного

беспроводного доступа; отличается высокой спектральной эффективностью - 4 бита/секунду/1 Гц полосы; используются методы адаптивной модуляции –QPSK, 16QAM, 64QAM; ширина канала – от 1.25 МГц до 20 МГц; устойчива к многолучевости и интерференции; поддерживает работу с "интеллектуальными" антеннами, AAS, MIMO и другими, а также HARQ. Система OFDMA адресована, прежде всего, для использования в системах связи WiMAX, позволяя достигать скоростей вплоть до 75 Мбит/с в обоих направлениях.

Технология OFDMA принята в качестве предпочтительного решения для стандарта IEEE 802.16a на сетевые средства беспроводного широкополосного доступа, позволяющего операторам предоставлять операторам разнообразные услуги передачи голоса и данных. Технология стала основой развивающегося стандарта IEEE 802.16e беспроводных муниципальных сетей (Wireless MAN или Wireless Metropolitan Area Networks).

Торговая марка OFDMA зарегистрирована компанией Runcom (Израиль), которая также является разработчиком соответствующего чипсета, используемого для создания абонентских устройств и базовых станций WiMAX.

**Система SC-FDMA** (Single-carrier *Frequency Division Multiple Access*)-представляет собой гибридную схему передачи, которая сочетает низкие значения PAR, присущие системам с одной несущей, таким как GSM и CDMA, с большой длительностью символа и гибким распределением частот OFDM.

На рис.1. показана 100 канальная система беспроводной связи, которая может быть системой LTE или некоторой другой системой. Она может включать в себя ряд усовершенствованных узлов «В» (узлов eNB) (110 узлов) и другие объекты сети. eNB может быть объектом, который связывается с оборудованием UE, и также может называться Узлом В, базовой станцией, точкой доступа и т.д. Каждый eNB из 110 узлов может обеспечивать охват связи для конкретной географической области и поддерживать связь для оборудования UE, расположенных в области охвата.

**Система HARQ** (Hybrid ARQ) ARQ или HARQ - устройство исправления ошибочных кодов с их сохранением оригинала и кодирования исправления ошибки с высокой точностью показателя и ошибочного контроля ARQ. В стандартном ARQ избыточные биты, добавлены к данным, которые будут переданы, используя код обнаружения ошибки (ED), такой как циклический контроль по избыточности (CRC). Приемники, обнаруживающие испорченное сообщение, будут просить новое сообщение от отправителя.

### **Структура беспроводной схемы передачи данных**

Оборудования UE (120) могут быть распределены по всей системе, и каждое UE может быть стационарным или мобильным. UE может также называться мобильной станцией, терминалом, терминалом доступа, абонентским блоком, станцией и т.д. UE может быть сотовым телефоном, персональным цифровым ассистентом (PDA), беспроводным модемом, устройством беспроводной связи, переносным устройством, ноутбуком, беспроводным телефоном, станцией местной радиосвязи (WLL), смартфоном, нетбуком, смартбуком и т.д.

Система может поддерживать HARQ, чтобы повысить надежность передачи данных и поддержать адаптацию скорости передачи данных к изменяющимся канальным условиям. Для HARQ передатчик может посылать передачу транспортного блока и может посылать одну или более дополнительных передач, если необходимо, до тех пор, пока транспортный блок не будет корректно декодирован приемником, или не будет послано максимальное количество передач, или пока не обнаружится некоторое другое условие завершения. Транспортный блок может также называться пакетом,

кодовым словом и т.д. Передача транспортного блока может также называться передачей HARQ, передачей данных и т.д.

На рисунке 2 показан пример посылки передач данных по нисходящей линии связи посредством HARQ. Время передачи может быть разделено на блоки подкадров. Каждый подкадр может охватывать заранее определенную продолжительность времени, например, 1 миллисекунду (мс) в LTE.

В примере, показанном на рис. 2., eNB может иметь данные для посылки на UE и может обрабатывать транспортный блок «А» на основании транспортного формата, чтобы получить символы данных.



**Рис. 2. Пример передачи данных по нисходящей линии связи посредством HARQ.**

Транспортный формат может быть ассоциирован со схемой модуляции и кодирования (MCS), размером транспортного блока (ТБ) и/или другими параметрами для транспортного блока. MCS может быть ассоциирована со схемой/порядком модуляции, кодовой скоростью и т.д. eNB может посылать информацию управления нисходящей линией связи (DCI) по физическому каналу управления нисходящей линией связи (PDCCH), и первую передачу транспортного блока «А» по физическому совместно используемому каналу нисходящей линии связи (PDSCH) на UE в подкадре  $i$ . DCI может передавать различные параметры для первой передачи, как описано ниже.

### **Порядок передачи данных**

UE может принимать DCI и первую передачу транспортного блока «А» от eNB и может обрабатывать первую передачу на основании DCI. UE может декодировать транспортный блок «А» ошибочно и может посылать отрицательное подтверждение (NACK) в подкадре  $i + L$ , где  $L$  является задержкой обратной связи HARQ и может быть равно 2, 3, 4 и т.д. eNB может принимать NACK и может посылать новую DCI по PDCCH, и вторую передачу транспортного блока «А» по PDSCH в подкадре  $i + M$ , где  $M$  может быть равно 4, 6, 8 и т.д. UE может принимать DCI и вторую передачу транспортного блока «А» от eNB и может обрабатывать первую и вторую передачи на основании DCI. UE может корректно декодировать транспортный блок «А» и может посылать подтверждение (ACK) в подкадре  $i + M + L$ . eNB может принимать ACK и затем может обрабатывать и посылать другой транспортный блок В аналогичным способом.

Система может поддерживать ряд обработок HARQ. Каждая обработка HARQ может быть или может не быть активным в любой данный момент, и один или более транспортных блоков могут быть посланы в каждой активной обработке HARQ. Один или более новых транспортных блоков могут быть посланы в обработке HARQ после завершения посылки одного или более транспортных блоков в обработке HARQ.

Система может поддерживать синхронный HARQ и/или асинхронный HARQ. Для синхронного HARQ передачи транспортного блока могут быть посланы в подкадрах, которые априори известны передатчику и приемнику. Для асинхронного HARQ передачи транспортного блока могут быть запланированы и посланы в любых подкадрах. Способы, описанные способы, могут быть использованы как для синхронного HARQ, так и для асинхронного HARQ.

Как показано на рис. 2., eNB может посылать DCI с каждой передачей транспортного блока на UE. DCI для заданной передачи транспортного блока может включать в себя предоставление PDCCH на UE. Термины "предоставление" и "назначение" часто используются взаимозаменяемо. Предоставление PDCCH может включать в себя индикатор новых данных (NDI), индекс MCS, информацию распределения ресурсов и т.д. NDI может быть переключен на первую передачу транспортного блока и может поддерживаться в одном и том же значении для каждой последующей передачи транспортного блока. (Для полупостоянного планирования NDI может быть установлен в '0' для нового транспортного блока или в '1' для другой передачи текущего транспортного блока). Информация распределения ресурсов может указывать количество блоков ресурсов, назначенных на UE для передачи транспортного блока. Для LTE индекс MCS может быть 5-битовым значением в пределах диапазона от 0 до 31. Каждое значение индекса MCS в пределах диапазона от 0 до 28 может быть ассоциировано с порядком конкретной модуляции и значением индекса конкретного TBS. Размер ТВ транспортного блока может быть определен на основании значения индекса TBS и количества назначенных блоков ресурсов. Каждое значение индекса MCS в пределах диапазона 29-31 может быть ассоциировано с порядком конкретной модуляции для нисходящей линии связи или конкретной версией избыточности для восходящей линии связи, но ни с каким значением индекса TBS. Размер ТВ для индекса MCS в пределах диапазона 29-31 может быть равен размеру ТВ или последнего предоставления PDCCH, или начального предоставления PDCCH для одного и того же транспортного блока, который должен включать в себя индекс MCS в пределах диапазона от 0 до 28. Таким образом, размер ТВ может быть: (i) явно переданным посредством индекса MCS в пределах диапазона от 0 до 28 или (ii) неявно переданным посредством индекса MCS в пределах диапазона 29-31. DCI может также включать в себя другие параметры для передачи транспортного блока. Например, DCI может включать в себя

ID обработки HARQ для передачи данных по нисходящей линии связи, аperiodический запрос индикатора качества канала (CQI) по восходящей линии связи и так далее.

### **Литература**

1. Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи/ Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. – М: Экотрендз, 2001.
2. Ратынский М.В. Основы сотовой связи/ Под ред. Д.Е.Зимины. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Радио и связь, 2000.
3. Гринфилд Дэвид. Оптические сети. The Essential Guide to Optical Networks. – М: БХВ – Петербург, 2002.
4. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. Том 2. – Радиосвязь, радиовещание, телевидение/ Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П.; под ред. Шувалова В.П. – Изд.2-е, испр. И доп. – М: Горячая линия – Телеком, 2005.

5. Кравченко Д.С. Устройство формирования цифрового радиосигнала. /Сборник научных трудов Первой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем», часть 1. С.249-252. Москва, МГТУ МИРЭА, 2013.