

## КАНАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ В СИСТЕМАХ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА IEEE 802.16-2009

Гузовская М.В., Кайденко Н.Н.

*Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина  
e-mail: m.guzovskaya@gmail.com*

### Link adaptation in a broadband radio access IEEE 802.16-2009

The IEEE 802.16 technology defines a number of modulation and coding schemes that the base station can use to achieve the best tradeoff between the spectrum efficiency and the resulting application level throughput. Article presents basics of the ARQ and HARQ mechanisms and the adaptive modulation and coding in IEEE 802.16.

Канальная адаптация играет центральную роль в выборе подходящей схемы модуляции и кодирования (MCS), основанной на изменении условий в канале связи, поскольку она значительно улучшает эффективность использования спектра [1], [2], [3]. Система на базе стандарта IEEE 802.16 [4] определяет различные MCS и форматы сообщений для доставки широкополосных услуг.

В этой статье представлены основы механизмов автоматического запроса на повторную передачу (АЗП), гибридного автоматического запроса на повторную передачу (ГАЗП) и адаптивной модуляции и кодирования в системах стандарте IEEE 802.16.

Автоматический запрос на повторную передачу (АЗП) (automatic retransmission request (ARQ)) представляет собой механизм, с помощью которого приемник может запросить повторную передачу пакета данных MAC уровня - MAC PDU (Media access control protocol data unit). Если АЗП включен, для подключения используется расширенная фрагментация подзаголовка (FSH) или расширенная упаковка подзаголовка (PSH) (обозначается расширенный бит в поле типа GMH). Независимо от типа подзаголовка, существует последовательность номера блока (BSN) в подзаголовке, которая указывает на первый номер блока АЗП в PDU. PDU содержит ряд блоков АЗП, каждый из которых имеет постоянный размер, за исключением последнего блока, который может быть меньше. Размер блока АЗП является параметром соединения для отправителя и приемника АЗП после установления соединения. Стоит отметить, что блок АЗП является логическим объектом - границы блоков АЗП не обозначены в явном виде. Остальные номера блоков в PDU можно легко получить, зная размер блока АЗП, общий размер PDU и первый номер блока. По этим причинам именно размер блока АЗП является постоянным параметром. На рис. 1 представлены блоки АЗП с механизмами фрагментации и упаковки. Номера блоков хранятся либо в FSH (см. 1 (а)) или PSH (рис. 1 (б)).

Для того, чтобы запросить повторную передачу блоков (NACK) или для указания успешного приема блоков (ACK), соединение АЗП использует блочную последовательность чисел. В свою очередь, порядковые номера обмениваются сообщениями обратной связи АЗП, зависящих от приёмника.

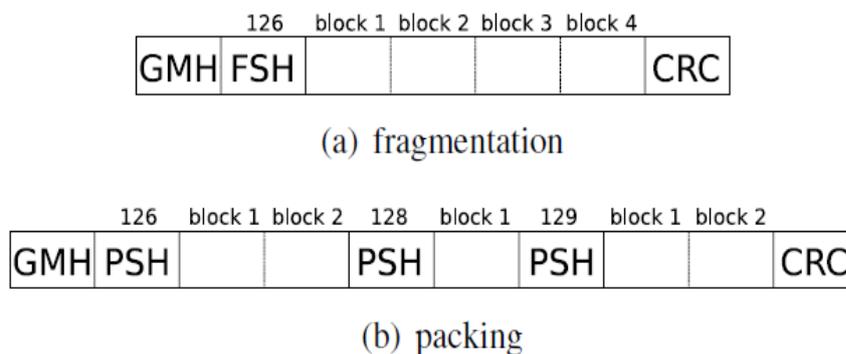


Рис. 1. Структура блоков автоматического запроса на повторную передачу с упаковкой и фрагментацией подзаголовков.

Гибридный АЗП (ГАЗП) (Hybrid ARQ (HARQ)) представляет собой механизм АЗП, который реализуется на физическом уровне вместе с прямой коррекцией ошибок (FEC), обеспечивая улучшенную производительность линии связи по сравнению с традиционными АЗП, за счет повышенной сложности реализации. Простейший вариант ГАЗП представляет собой простое сочетание FEC и АЗП, где блоки данных, наряду с CRC кодом, кодируются с использованием FEC кодера перед передачей; повторная передача запрашивается, если декодер не может правильно декодировать принятый блок. После повторной передачи кодированный блок совмещается с ранее обнаруженным кодированным блоком и подается на вход декодера FEC. Объединение двух полученных версий блока кода повышает вероятность правильного декодирования. Этот тип ГАЗП часто называют тип I или отслеживаемое комбинирование (CC). Наряду со схемой CC, спецификация IEEE 802.16 также определяет режим инкрементальной избыточности (IR), где только дополнительные биты достоверности передаются во время повторной передачи. Вне зависимости от конкретного используемого режима, субпакет ГАЗП имеет обязательное поле CRC-16, как показано на рис. 2. Кроме того, на рисунке показано поле PDU SN, которое служит для аналогичного BSN механизма ARQ.

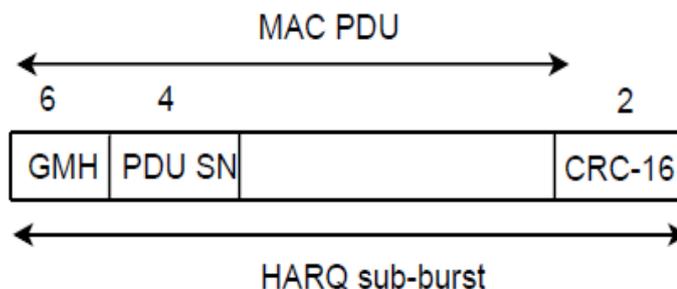


Рис. 2. Структура блока для гибридного автоматического запроса на повторную передачу PDU.

В стандарте IEEE 802.16 поддерживается 16 каналов HARQ наряду с различными поддерживаемыми FEC кодами. Выполнение множества параллельных каналов на ГАЗП может улучшить пропускную способность,

поскольку, когда один процесс ГАЗП ждет подтверждения, другой процесс может использовать канал для передачи данных.

Стандарт IEEE 802.16 поддерживает множество схем модуляции и кодирования и позволяет изменять их от пакета к пакету в каждом канале, в зависимости от текущих условий в канале. Используя индикатор обратной связи канала качества, абонентская станция SS может информировать базовую станцию BS о качестве канала нисходящей линии связи. В направлении восходящей линии связи базовая станция может оценивать качество канала на основании принятого качества сигнала. Планировщик BS может принимать во внимание качество каждой восходящей линии связи и канала нисходящей линии связи SS и назначить MCS, который максимизирует пропускную способность исходя из текущего отношения сигнал-шум (SNR). Адаптивная модуляция и кодирование значительно увеличивает общую емкость системы, так как она допускает в режиме реального времени компромисс между пропускной способностью и надежностью.

В направлении нисходящей линии связи QPSK, 16-QAM и 64-QAM, являются обязательными модуляциями, в то время как 64-QAM, не является обязательной в восходящем направлении. FEC кодирование с использованием сверточных кодов является обязательным. Стандарт также опционально поддерживает сверточные (CTC), блочные турбо-коды (BTC), а также коды с низкой плотностью проверки на четность (LDPC). В общей сложности в [4] определяются 52 комбинации схем модуляции и кодирования в качестве профилей пакетов при использовании CTC, в таблице представлены профили для кодирования с использованием этих кодов. В данной работе мы используем CTC MCS, потому что это единственный блок FEC кодирования, который используется для обоих АЗП и ГАЗП. В таблице представлены блоки FEC и размеры слота этой схемы кодирования.

<i>MCS</i>	<i>Максимальный размер блока FEC (слот)</i>	<i>Размер слота(байт)</i>
QPSK 1/2	10	6
QPSK 3/4	6	9
16-QAM 1/2	5	12
16-QAM 3/4	3	18
64-QAM 1/2	3	18
64-QAM 2/3	2	24
64-QAM 3/4	2	27
64-QAM 5/6	2	30

### Литература

1. J. Hayes. Adaptive feedback communication. IEEE Transactions on Communications, 16(1):29–34, Feb 1968.
2. W.T. Webb and R. Steele. Variable rate MQAM for mobile radio. IEEE Transactions on Communications, 43(7):2223–2230, Jul 1995.
3. A. Goldsmith and S.-G. Chua. Adaptive coded modulation for fading channels. IEEE Transactions on Communication, 46(5):595–602, May 1998.
4. Air interface for fixed broadband wireless access systems – amendment for physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands. IEEE Standard 802.16e, Dec 2005.
5. Air interface for fixed broadband wireless access systems. IEEE Standard 802.16, Jun 2004.