

文章编号:1001-5132 (2010) 02-0033-04

# 一种新的 IEEE 802.16 系统调制编码模式切换方案

黄 珊<sup>1,2</sup>, 何加铭<sup>1,2</sup>, 曾兴斌<sup>1,2\*</sup>, 李佳树<sup>1,2</sup>

(1.宁波大学 通信技术研究所, 浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** IEEE 802.16 系统支持多种调制编码模式以实现通信质量和传输速率最优化. 为了降低无线信道衰减时变性和随机性的影响, 提高系统的最大吞吐量, 提出了一种新的调制编码模式切换方案. 该方案综合考虑了前向纠错码机制(FEC)和选择性自动重传机制(SR-ARQ)对系统吞吐量的影响. 通过 OPNET 对信道质量和系统吞吐量建模, 比较了传统的调制模式切换方案与新的调制编码模式切换方案的性能. 仿真结果表明: 在允许的网络丢包率范围内, 新方案可进一步提高系统的吞吐量.

**关键词:** IEEE 802.16; 调制编码模式; 前向纠错码; 自动重传

**中图分类号:** TP393.04

**文献标识码:** A

IEEE 802.16 系统支持 7 种调制编码模式进行数据传输, 以克服无线信道环境中因尺度衰落而造成的干扰性和时变性, 而合适的调制编码模式切换方案是实现数据稳定高速传输的关键. 在以往的调制编码模式切换方案研究中, Ramachandran 提出采用 TCP 延时最小化为标准的切换方案<sup>[1]</sup>, Yu 提出在高斯信道下以误包率最小化为标准的切换方案<sup>[2]</sup>, 但这 2 种算法仅考虑了单一高斯噪声或者 FEC 机制对系统的影响. Liu 提出在高斯信道下基于滑动窗口的链路自适应算法<sup>[3]</sup>, Haggman 分析了人为干扰下调制编码模式的切换时机<sup>[4]</sup>, 但它们都没有给出具体的调制编码模式切换门限值. IEEE 802.16 协议支持 FEC 机制和 ARQ 机制这两种基本的差错控制方法来降低系统的误码率, 以确保业务 QoS 的需求, 并在保证系统可靠性的基础上实现了较高的传输速率. 笔者通过搭建 IEEE

802.16 系统网络, 模拟实际地形的信道衰减, 结合 FEC 和 ARQ 机制, 提出了一种适用于慢衰落环境下调制编码模式切换的新方案, 其目的是在确保系统丢包率在允许范围内获得较大的吞吐量.

## 1 IEEE 802.16 调制编码模式

由于基站(Base Station, BS)下行发射功率相对恒定, 用户站(Subscriber Station, SS)可以根据下行链路信道状况向 BS 请求合适的下行链路调制编码模式, 表 1 给出了 IEEE 802.16 协议支持的 OFDM-PHY 调制编码模式. IEEE 802.16 协议采用载波干扰噪声比(Carrier-Interference Noise Ratio, CINR)来描述下行链路质量状况, 并根据 CINR 值选择合适调制编码模式. BS 周期下发各调制编码模式的最低进入限值, SS 接收到这些值后, 存储在 MAC

收稿日期: 2009-07-02.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目: 科技部国际科技合作与交流专项(2009DFA12120); 国家自然科学基金(60671037); 宁波市工业攻关项目(2007B10051).

第一作者: 黄珊(1985-), 女, 江西鹰潭人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: WiMAX 无线通信系统. E-mail: 2008.huangshan@gmail.com

\*通讯作者: 曾兴斌(1968-), 男, 江西赣州人, 副教授, 主要研究方向: 微波器件与无线接入技术. E-mail: zengxingbin@nbu.edu.cn

层中,并形成调制编码模式切换表.

表 1 IEEE 802.16 的调制编码模式

modulation	bytes per symbol	overall coding rate	RS code	CC rate
BPSK	12	1/2	(12,12,0)	1/2
QPSK	24	1/2	(32,24,4)	2/3
QPSK	36	3/4	(40,36,2)	5/6
16QAM	48	1/2	(64,48,8)	2/3
16QAM	72	3/4	(80,72,4)	5/6
64QAM	96	2/3	(108,96,6)	3/4
64QAM	108	3/4	(120,108,6)	5/6

SS 入网后,通过测量 BS 周期发送的下行导频载波信号的强度来估计下行信道的 CINR 值,通过 SS MAC 层中的调制编码模式切换表来选择适合当前下行信道质量状况的调制编码模式.在 SS 未被分配带宽的情况下,采用 RNG-REQ 消息向 BS 发送改变调制编码模式请求,否则使用 DBPC-REQ 消息.在接收 BS 响应消息之前,如果 SS 请求更低阶的调制编码模式,则仍采用原先模式解调数据;如果 SS 请求更高阶的调制编码模式,则采用请求的调制编码模式解调数据.在接收到 BS 响应消息后,如果响应消息中 DIUC 值与请求消息的 DIUC 值完全吻合,则 SS 采用新的调制编码模式解调数据,否则仍使用原先模式解调数据.因此可见,对调制编码模式的切换是由 SS 根据当前下行信道质量状况主动发起,如何合理地确定调制编码模式切换方案是保证下行链路稳定高速通信的关键.

## 2 切换方案建模

考虑到系统平均吞吐量、网络平均延迟、平均丢包率是衡量网络系统性能的重要指标,通常可采用系统平均吞吐量最大化作为选择 IEEE 802.16 系统下行链路调制编码模式的准则.由于 FEC 和 ARQ 机制会对系统平均吞吐量造成影响,因此新的调制编码模式切换方案建模过程中需要充分考虑这两种机制对系统的影响.当下行链路信道

质量处于某 CINR 值时,如果选择数据速率过高的调制编码模式会导致较高的重传率,进而影响整个系统的频谱效率;反之则会浪费系统资源,降低系统的频谱利用率.因此,为了确保系统的频谱利用效率,应合理地选择调制编码模式.

在 IEEE 802.16 协议规定的 OFDM 物理层中,下行链路支持的 FEC 由级联的 Reed-Solomon(RS)外码和速率兼容的卷积内码(CC encode)组成.每个下行链路的数据包需经过 RS 编码器、CC 编码器和交织器后才能发送到无线链路上,因此 BS 发送的数据包序列应同时具有检错和纠错能力.为充分利用下行链路的纠错能力,在 IEEE 802.16 系统建模过程中,提出了同时结合 FEC 和 ARQ 的新机制.SS 接收端收到数据包序列后,如果可通过 FEC 完全纠错,则接收端自行纠错并返回确认消息 ACK;如果超过 FEC 纠错能力,则发送否认消息(NACK)表示接收失败,要求 BS 重传错误的数据包直到被正确接收为止.由此可见,一方面,FEC 机制有助于提高数据传输正确率,减少重传次数以避免 ARQ 的堆栈溢出;另一方面,ARQ 可以弥补 FEC 纠错能力不足,从而获得更高的传输效率.

在 IEEE 802.16 系统中,设定新的调制编码模式切换方案的切换准则为:

$$MC(\eta) = \arg \max_{i \in M} (Throughput(\eta, i)), P < \beta,$$

其中,  $Throughput(\eta, i)$  表示在 FEC 和 ARQ 机制下,当前信道反馈的 CINR 为  $\eta$ ; 选择调制编码模式为  $i$ ; 可选的调制编码模式为  $M$ ; 丢包率  $P$  小于  $\beta$  时,单个用户在衰减信道下的平均吞吐量.由于协议中要求采用 BPSK 模式来发送帧控制管理信息,因此下行链路可选择的调制编码模式  $M$  为 6 种.在满足丢包率小于  $\beta$  的要求下,适合当前慢衰落信道的最佳调制编码模式是各种调制编码模式在相同信道质量 CINR 为  $\eta$  的条件下,吞吐量最大时所对应的模式.事实上,随着当前信道质量 CINR 值的改变,适合当前信道质量的最佳调制编码模式也是

在不断变化的. 为确定 6 种调制编码模式的切换时机, 需要将信道质量对应的 CINR 值进行分段, 其中每段 CINR 值都对应着 1 种最佳调制编码模式.

### 3 仿真结果及性能分析

通过 OPNET 网络仿真软件搭建 IEEE802.16 系统模型、模拟实际信道衰落环境, 对传统的调制模式切换方案和新的调制编码模式切换方案在不同信道质量 CINR 值下的系统吞吐量进行仿真比较, 仿真参数见表 2.

表 2 仿真参数

系统参数		BS 与 SS 参数	
中心频率	5.8 GHz	基站天线方向	全向
双工模式	TDD	基站天线高度	20 m
小区半径	<15 km	基站天线增益	10 dBi
阴影衰减	$\sigma = 10$	用户站天线高度	2 m
传输模型	TIREM3/4 模型	用户站天线增益	-1 dBi
业务流类型	IP Telephony 等	信道模型	SUI-1, SUI-2

传统的调制模式切换方案中可选 3 种调制模式——QPSK、16QAM、64QAM. 由于综合考虑了 FEC 和 ARQ 机制对调制模式的影响, 新的调制编码模式切换方案中可选的调制编码模式增加为 6 种, 即: QPSK 1/2、QPSK 3/4、16QAM 1/2、16QAM 3/4、64QAM 2/3、16QAM 3/4. 图 1(a)为慢衰落信道下, 传统的调制模式切换方案和新的调制编码模式切换方案在各种调制编码模式(或调制模式)下的系统吞吐量, 以及对应的下行链路信道质量 CINR 的仿真结果图; 图 1(b)表示在最大化系统吞吐量准则下, 得到 2 种切换方案中各调制编码模式(或调制模式)应该作用的信道质量 CINR 区间. 可以看出: 在相同的 CINR 值和相同的调制模式条件下, 新的切换方案可提供更高的系统吞吐量; 随着下行链路信道 CINR 的升高, 采用新的切换方案获得的系统吞吐量远远要高于采用传统的切换方案; 随着 CINR 值得逐渐增加, 新的切换方案获得的系统吞吐量增涨率也高于传统的切换方案.

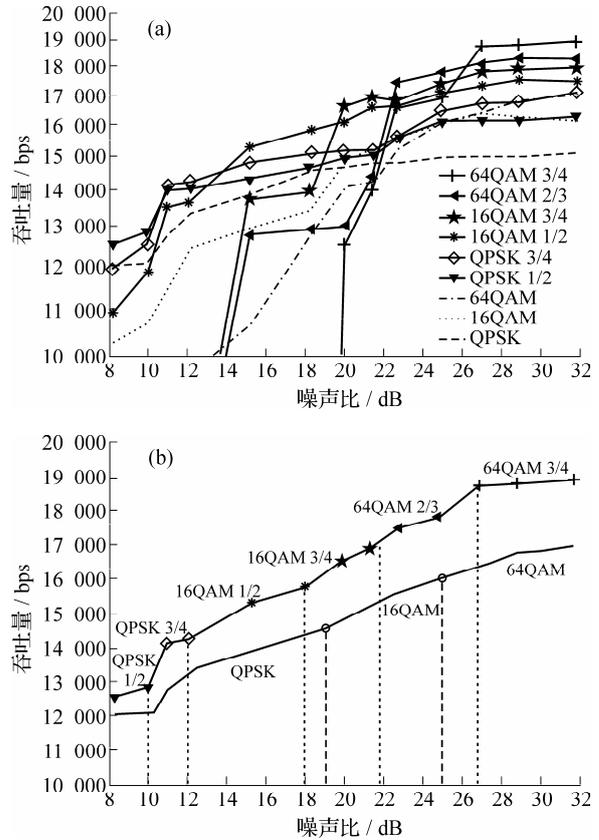


图 1 各种调制编码模式吞吐量仿真结果

如图 2 所示, 与传统的调制模式切换方案相比, 新的调制编码模式切换方案可以在更低的信道质量 CINR 切换门限值上采用更高阶的调制编码模式, 这就相应提高了数据的传输速度.

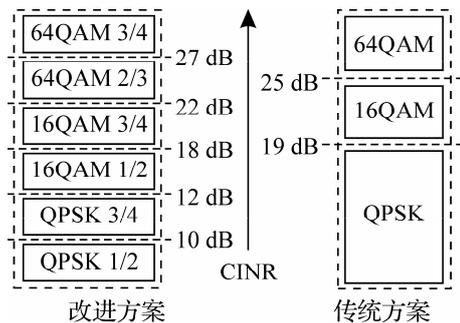


图 2 新方案和传统方案门限值比较

### 4 结论

通过结合 FEC 和 ARQ 机制, 以增大系统吞吐量为目标, 提出了一种新的调制编码模式切换方

案并得到具体的切换门限值. BS 根据新的调制编码模式切换方案得到的切换门限值周期广播发送, SS 接收后以数组表的格式存放在 MAC 层中, 然后根据当前下行信道的 CINR 值来查询该数组表并以此对调制编码模式进行合理切换, 通过上行帧中的 RNG-REQ 和 DBPC-REQ 消息向 BS 发送改变调制编码模式请求, 以实现系统吞吐量的最大化. 与传统的切换方案相比, 在保证通信可靠和传输稳定前提下, 新的调制编码模式切换方案可以在衰落信道环境中通过选择较高阶的调制编码模式来实现更大的系统吞吐量.

#### 参考文献:

- [1] Ramachandran S, Bostian C W, Midkiff S F. A link adaptation algorithm for IEEE 802.16[C]//Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC, 2005:1466-1471.
- [2] Yu Yuting, Chao H Lu. QoS-aware link rate adaptation in IEEE 802.16 broadband wireless access systems[C]//Proceedings of the IEEE 18th International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communication, 2007:1-5.
- [3] Liu Naian, Sun Dechun, Li Wuqiang, et al. A link adaptation solution to IEEE 802.16d WMAN[C]//Proceedings of the Seventh International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, 2006:1-4.
- [4] Haggman S G, Li Juan. Performance of IEEE802.16 2004 based system in jamming environment and its improvement with link adaptation[C]//Proceedings of the IEEE 17th International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communication, 2006:1-5.

## A New Modulation and Coding Modes' Switch Scheme for IEEE 802.16 System

HUANG Shan<sup>1,2</sup>, HE Jia-ming<sup>1,2</sup>, ZENG Xing-bin<sup>1,2\*</sup>, LI Jia-shu<sup>1,2</sup>

( 1.Communication Technology Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Faculty of Information Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China )

**Abstract:** IEEE802.16 system supports seven modulation and coding modes to ensure the quality of communication and maximize the speed of data transmission. In order to release the impact of wireless channel's instability and improve the system throughput, the paper presents a new modulation and coding mode switch scheme. The scheme takes into consideration the impact of FEC and SR-ARQ on system throughput. Through constructing the model between channel's state and system throughput by OPNET, the comparison is conducted between the traditional modulation modes switch scheme, the new modulation and coding modes switch scheme. Simulation shows that the new switch scheme can enlarge system throughput without additional packet losses.

**Key words:** IEEE 802.16; modulation and coding mode; forward error correction; automatic repeat-request

**CLC number:** TP393.04

**Document code:** A

(责任编辑 章践立)