

文章编号: 2095-4980(2014)01-0041-06

## 支持多媒体业务的接入控制技术研究进展

杨柳<sup>1</sup>, 郝莉<sup>1</sup>, 邓妍<sup>2</sup>

(1.西南交通大学 信息科学与技术学院, 四川 成都 610031; 2.上海市质量监督检验技术研究院, 上海 200233)

**摘要:** 如何保障不同类型的多媒体业务在通信过程中的通信服务质量(QoS), 是目前接入控制技术中一项热点研究问题。通过对近十几年间相关文献的整理和分析, 对支持多媒体业务的接入控制技术的研究进展进行综述, 具体内容包括多媒体业务类型的设计、支持多媒体业务的接入控制协议、多信道分配策略等方面, 并提出了支持多媒体业务的接入控制技术未来的研究方向。

**关键词:** 多媒体业务; 多址接入; 接入控制; 综述

**中图分类号:** TN914.5

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA201401.0041

## Survey of access control technology for multimedia services

YANG Liu<sup>1</sup>, HAO Li<sup>1</sup>, DENG Yan<sup>2</sup>

(1.School of Information Science & Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China;  
2.Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 200233, China)

**Abstract:** One of the hot research spots in access control technology is how to guarantee Quality of Service(QoS) of multimedia services in the communication process. Research progresses made in access control technology for multimedia services during the past decades are reviewed based on extensive investigations, including design of multimedia services, access control technologies, and multi-channel allocation policies, et al. Interesting and promising research issues in access control technology for multimedia services are also predicted.

**Key words:** multimedia services; multiple access; access control; survey

现代移动通信从只为少数人服务的昂贵蜂窝系统到当前被世界70%的人口所使用的全球移动通信系统, 经历了从模拟到数字、窄带到宽带、支持单一语音业务到支持多媒体业务的变化。近20多年来, 移动通信在人们的生活中越来越普及, 语音通信业务取得了巨大成功。伴随着移动通信技术的不断发展以及个人通信设备的微型化、多样化、综合化, 人们对个人通信和娱乐的需求也越来越旺盛。用户对服务质量、业务种类以及传输速率提出了更高的要求, 希望运营商能够提供诸如多媒体消息、在线游戏、视频会议、视频点播、音乐下载、移动电视等高质量、高速率、灵活多样的多媒体应用业务。因此, 移动通信未来竞争的焦点是提供高质量的多媒体数据业务。从长远规划来看, 现有的3G和3.5G技术不能成为最终的解决方案, 因此, 面向数据、提供无缝集成高质量多媒体业务的宽带网络技术越来越成为下一代移动通信系统的研究中心。随着未来移动通信系统中承载的多媒体业务种类日益丰富, 用户数量不断增加, 如何保障不同多媒体业务在移动过程中的通信服务质量(QoS)已经成为研究热点。积极的应对方案是对各种用户的多媒体业务进行优先级划分, 提高无线资源利用率, 采用合理的接入控制机制, 为不同类型的业务和终端, 提供不同QoS保障的多址接入方式。

### 1 接入控制协议介绍

多址接入协议可以从通信资源的分配机制、实施分配算法的控制方式以及算法协议对变化需求的适应程度等方面描述, 可以分为固定分配技术、随机接入技术、接入控制技术、分布式动态分配技术以及自适应策略与混合模式<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2012-10-15; 修回日期: 2012-11-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No.61171096); 教育部重大项目资助项目(No.311031); 中央高校基本科研业务费专项资金青年教师百人计划资助项目(No.SWJTU11BR008); 中央高校基本科研业务费专题研究项目(No.SWJTU11ZT09)

在各种接入协议的研究中,以基于争用的随机接入技术和无争用的接入控制技术的讨论最为热烈。在接入控制方式中,引入了通过预约方式来申请信道资源的按需分配机制,通常需要一个网络中心控制节点或是全网所有的用户终端共同同步参与来统一执行信道接入占用分配,因此接入控制协议实现的复杂度较高。这种接入协议也被称为基于资源预留的接入协议<sup>[2]</sup>。无争用的接入控制技术的出发点是,最大程度地减少或者消除随机因素对控制过程的影响,避免竞争对信道资源带来的无秩序争夺,使系统能够按照各个用户终端的实际业务需求合理地分配信道资源,但是预约本身也需要占用信道资源<sup>[3]</sup>。根据预约控制信息是否使用专门的信道资源,接入控制方式可分为隐式接入控制和显式接入控制。常见的接入控制技术主要有基于资源预留的 Slotted ALOHA<sup>[2]</sup>、基于资源预留的时分多址(Time Division Multiple Access, TDMA)<sup>[2]</sup>和分组预约多址(Packet Reservation Multiple Access, PRMA)<sup>[4]</sup>。

## 2 多媒体业务类型的设计

针对不同业务提供不同 QoS,首先要对业务进行分类,没有对应的业务分类,网络就不能确定对哪些业务的数据包进行对应的优先保障处理。结合不同业务对时延、带宽的要求,多媒体业务的分类在各种文献中有多种描述,其中有4种主要的分类方法:

### 1) 实时业务和非实时业务

实时(real-time)业务只能容忍很小的时延和时延抖动,大部分交互式音/视频应用,如语音业务、在线音/视频、视频会议、可视电话等都对时延敏感,属于实时业务。实时业务一般能容忍一定程度的数据丢失和错误,但信息质量等级会有所降低。

非实时(non-real-time)业务能够容忍相对较大的时延和时延抖动,大部分传统的数据业务,如网页浏览、FTP、email 等都属于非实时业务,容忍的时延变动范围较大,从很小的时延,如网页浏览,到中等时延,如 FTP,到很大的时延,如 email<sup>[5]</sup>。非实时业务通常不能容忍任何的数据丢失和错误。

### 2) 3GPP 提出的业务类型

3GPP 将业务分为4种类别,其业务类型的划分相比实时业务和非实时业务更为细致,在仿真和实践中可以选择和调整更精细的参数,主要在通用移动通信系统(Universal Mobile Telecommunications System, UMTS)和长期演进(Long Term Evolution, LTE)系统中应用。

通话类(conversational)是指双向实时业务,如语音业务。流类(streaming)指实时业务,如在线音频、在线视频,流类比通话类能忍受高一些的时延,它对丢包敏感。交互式应用类(interactive),像网络应用、网页浏览、数据库接入等,它的最重要的参数是应答响应模式的往返时延。后台类(background)主要处理延迟忍受性好的应用,像 email 文件传输等<sup>[6]</sup>。

### 3) 物联网中的业务类型

美国麻省理工学院提出了物联网的概念,物联网一改传统通信中必须有人参与的理念,将参与通信的对象从人扩展到机器,从而涵盖了人对机器(Human to Machine, H2M)、机器对人(Machine to Human, M2H)、机器对机器(Machine to Machine, M2M)的一切通信形式<sup>[7]</sup>。

### 4) WiMAX 提出的业务类型

在 IEEE802.16 中,定义了4种类型的业务<sup>[8]</sup>: 主动授权业务(Unsolicited Grant Service, UGS); 实时轮询业务(real-time Polling Service, rtPS); 非实时轮询业务(non-real-time Polling Service, nrtPS); 尽力而为业务(Best Effort, BE)。此外,在 IEEE802.16e 中增加了一种称为扩展实时可变速率(extended real-time Polling Service, ertPS)的新业务。

## 3 支持多媒体业务的接入控制协议研究

在基于多优先级/多媒体业务的接入控制协议研究中,首先要对各种用户业务进行多媒体业务类型的划分,针对不同类型业务的不同参数要求,如不同的传输时延要求以及数据包丢失率要求等,在接入控制协议中引入相应的设计。

支持多媒体业务的接入控制协议中常见的接入策略包括:

- 1) 给予紧急业务或高优先级业务以较低的呼叫接入门限。
- 2) 给需要更多资源的多媒体业务或高优先级业务分配更多的信道资源。

通过采纳这些接入策略,使得在某一时刻优先级更高的业务更容易获得系统分配的通信资源,对优先级更低的业务有抑制作用,有效地达到针对不同多媒体业务进行区分服务的目的。

### 3.1 通过呼叫接入门限进行接入控制

在接入控制过程中,一个新的业务申请到达时,将会根据接入策略决定是否接纳该业务,通常判断依据是:

- 1) 是否能保证该业务所需的 QoS?
- 2) 接纳了该业务之后,正在会话中的其他业务的 QoS 能否得到保障?

因此,针对不同的多媒体业务所需的 QoS,应设计不同的接入门限,接入门限通常通过时延控制、资源控制以及队列控制等方式来实现。

1997 年, A Sutivong 等人在文献[9]中提出了一种动态门限呼叫接入控制方案,该方案首先为每类业务设置了相应的服务门限,根据系统负荷变化自适应调整各类业务的服务门限。

2006 年, XU Xing 等人在文献[10]中提出了多优先级时延预留接入控制机制,该机制主要采用非强占式优先级排队策略和门限时延预留策略来控制新到达的呼叫,具体按照如下方式工作:在业务类型为  $i$  的新呼叫到达时,如果剩余网络资源足够接入,那么就将该业务直接接入;如果此时网络资源不够,那么系统判断当前等待队列里是否有该业务或者比该业务优先级高的业务在排队,如果有,该呼叫就被直接丢弃;如果没有,就让该呼叫进入等待队列进行等待,该时延预留的呼叫要求在该业务类型的时间门限  $t_i$  内被接入,否则被丢弃。

2009 年, Sueng Jae Bae 等人在文献[11]中提出一种基于 LTE 系统的时延敏感呼叫接入算法,该算法根据当前多媒体业务的种类和时延来决定接受还是拒绝该业务。在决定是否接受该业务时,通过一个变长的时延窗口来预计当前业务的时延,若时延在该业务级别可允许范围内,则接受该业务,否则拒绝该业务。

2010 年, 汪翔等人在文献[12]中给出一种应用在无线 Mesh 网络中基于排队模型的接入控制机制。其优先级按照地理位置的不同而进行划分,数据流源节点越远,优先级越高。节点上存在优先级别不同的缓冲区,数据按照优先级放入缓存后进行排队发送。

2011 年, El Bouchti 等人在文献[13]中给出了一种接入控制机制,将多媒体数据划分为实时和非实时类型,在系统的接入信道前添加了一个固定大小为  $N$  的缓冲区,并在其中设定了 2 个上限  $R$  和  $H$ ,  $R+H=N$ ,实时数据在队列中始终放在非实时数据的前方,实时数据的大小不能超过  $R$ ,非实时数据的大小不能超过  $H$ 。通过这样的方式来进行优先级的接入控制。

2012 年, S Kokilal 等人在文献[14]中提出了一种双上限的接入控制机制,该机制关注如何控制数据业务和新的语音业务的接入。机制假设有  $C$  个信道,并且以  $K_1, K_2$  作为 2 个上限 ( $K_2 < K_1 < C$ ),当系统中已使用的信道数小于  $K_2$  时,所有数据业务和语音业务都被允许接入,当系统中已使用的信道数大于  $K_2$  而小于  $K_1$  时,不再允许数据业务接入,当系统中已使用的信道数大于  $K_1$  时,只允许切换的数据业务接入。

### 3.2 通过信道资源分配进行接入控制

随着支持多媒体业务的接入控制协议的设计,存在着对通信资源的按需分配,这也是无线资源管理(Radio Resource Management, RRM)中的一个重要组成部分。对于用户而言,肯定希望能分配到业务所需要的尽可能多的通信资源,自己的所有业务都拥有更优质的通信质量;而对于运营商而言,则希望同时有尽可能多的用户接入到网络中,并针对不同的业务提供不同的 QoS。在某种程度而言,这是一对不可调和的矛盾。因此,在支持多媒体业务的接入控制协议中,需要平衡两方面的利益,在通信资源有限的情况下,既保证各级业务的 QoS,又要让尽可能多的用户接入到网络中。

在移动通信系统中,信道资源的成本约占系统总成本的 65%以上<sup>[15]</sup>,因此,在接入协议的设计中,多信道分配是通信资源分配的重要组成部分。

目前信道的分配方式主要有 3 种<sup>[15]</sup>:专用信道方式、单信道共用方式和多信道共用方式。其中多信道共用方式也被称为动态分配信道方式,将通信系统内的全部  $n$  个信道为系统内  $m$  个用户所共用( $m > n$ ),当其中  $k$  个信道已经被预约时,其他要求通信的用户可以随机争用或预约剩余的  $n-k$  个信道。该方式中,信道与用户之间没有固定的隶属关系,需要接入的用户可以争用空闲信道中的任何一条信道来进行通信,系统最多可以保障  $n$  个用户同时进行通信。因为系统内用户的呼叫是随机的,  $n$  条信道同时被占用的概率远小于专用信道或单信道共用方式信道被占用的概率,因此多信道共用方式能明显提高信道利用率。

1995 年, B Epstein 等人在文献[16]中首次提出了支持多业务 CAC 的全共享(Complete Sharing, CS)和全隔离(Complete Partitioning, CP)两种方案。其中 CS 指接入控制时对所有多媒体业务一视同仁,采用相同接入策略,

这样可以最大化带宽利用率,但无法保证不同多媒体业务对带宽占用的优先级,而CP则正好相反,通过带宽占用情况严格区分不同多媒体业务的接入请求,从而可保证不同多媒体业务对带宽占用的差异,但是整体的带宽利用率较低。

2002年,梁平原等人在文献[17]中提出了两种多通道多业务优先级组合输入型随机多址系统模型。在这两种模型中,每个终端发送多路信息,并静态或动态地选取多组通道去传送信息。在这固定组合多通道多业务优先级控制随机多址系统中,通道的使用是静态的,用户可以根据通道本身来确定所要发送的接收对象,而动态随机的并行组合多通道多业务优先级控制随机多址系统中,用户采用随机方式选取其中的通道来通信,它必须以提供信令地址的形式来使接收者及时接收对方发来的信号,其中高优先级的业务可以一次性发送出更多的数据包。

2004年,孙云山等人在文献[18]中提出了一种优先级控制的多通道多业务随机接入协议。协议将信息分组按照优先级高低顺序从空闲信道中随机选择信道发送。理论分析和仿真实验表明,该协议能提高系统资源利用率,并优先为高优先级业务提供服务,是一种有效的多通道多业务MAC协议。

2006年,王绪国在文献[19]中提出一种适用于宽带无线通信系统的上行无线带宽资源分配方案。在该方案中,业务被分为实时业务和非实时业务两种类型,其中实时业务又被分为实时恒定速率业务和实时变速率业务两种类型,对于这两种类型分别采取不同的方法获取上行带宽。对实时恒定速率业务,基站端根据其数据包产生频率预留其数据传输带宽;对实时变速率业务,基站端预留其申请带宽,从而提高带宽利用率。

2010年,M.Z.Chowdhury等人在文献[20]中提出一种带宽灵活分配的呼叫接入控制机制,本质即为带宽借用,文献中将多媒体数据划分为实时和非实时类型,可以释放部分已分配的非实时数据类型的带宽用来接纳新的实时数据。文中使用非实时数据能够被分配给实时数据的带宽比例,表示非实时数据能够向实时数据妥协的程度。

2011年,Al Khanjari等人在文献[21]中提出一种基于带宽“借用”的呼叫接入控制机制,机制中把接入的用户分为三级,使用对应的参数来区分不同的级别。当用户接入的时候,要提供如下参数:用户级别、所需的最大和最小带宽。然后根据系统实际带宽、已开销带宽、可分配带宽以及用户输入的相应参数来进行准入和系统资源分配。级别高的用户可以抢占更多带宽资源。

2012年,Hui Zhao等人在文献[22]中提出一种动态的带宽分配机制,该机制考虑的是网络处于重载的情况,一次性不能将所有业务的数据发送完毕,在进行信道分配时,优先级越高的用户分配的带宽越多,但要保证各个级别的业务都能够被分配到一定比例的带宽,并且该比例会根据网络的负载状况进行动态调整。这种方式既可以提高优先级业务的性能,也能兼顾各级业务的性能不至于太差。

#### 4 支持多媒体业务的多址接入技术的未来研究方向

结合支持多媒体业务的多址接入技术的研究进展和深入分析,支持多媒体业务的多址接入技术的进一步工作应包括以下几个方面:

1) 在多媒体业务的建模工作中,着力于结合真实场景进行分类和建模。

目前有各种多媒体业务的分类方式,但大多数多媒体业务的建模都非常简单,例如简单地将多媒体业务分为实时和非实时业务、语音业务和数据业务等等,简单的业务模型难以描述真实场景下各种多媒体业务的实际特性。多媒体业务的模型构建是这个方向的研究基础,因此,应该结合实际场景和已有的业务分类方法进行建模,并根据协议的设计需要,设计各种业务的特性,从而确定接入的优先级。

2) 在支持多媒体业务的接入控制协议研究中,着力于进行合理门限的选择。

接入控制协议通过控制的方式保证信道中不会发生竞争冲突,提高了通信系统的性能,但使用门限控制方式会使协议设计变得复杂,会消耗一部分信道资源。在引入对多优先级业务的支持后,接入门限的设计中要兼顾各类业务量的QoS参数,并要考虑整个通信网络状态不断变化的情况,采用合理的通信网络参数作为门限。

3) 在支持多媒体业务的接入控制协议研究中,着力于合理进行信道资源的分配。

信道是移动通信系统的重要资源,信道分配常常与接入控制结合使用,实现无线资源管理。移动通信网络支持的业务类型越来越多,各种多媒体业务所需要的信道资源是不同的,当通信资源不足以满足所有业务需求的时候,就会造成业务对资源的竞争和争夺,如何公平地进行信道资源的分配显得十分重要。近年来,多信道共用方式成了移动通信系统中主要的信道使用方式,也是接入控制协议中研究的热点。

4) 支持多媒体业务的接入协议设计中,要着力构建接入协议的评价体系。

传统的接入协议的设计中,评价指标通常包括吞吐量、时延、业务阻塞率、接入概率等,它们在支持多媒体的接入协议设计中同样适用。目前的大多数研究成果中都仍然使用传统的评价指标,只是针对各种多媒体业务所

处优先级进行性能指标的分级显示。

实际上,在区别服务的情况下,接入协议的评价体系有其特殊性存在。在面向实时业务的服务时,要着重考虑传输的时延要求以及用户的实时性要求<sup>[23]</sup>。各优先级用户的满意程度是一个重要指标,文献[24]就提出了满意度这个评价指标。基于优先级的分组集可调度性是多媒体网络中实时 QoS 研究的重要性能指标<sup>[25]</sup>。公平度对支持多媒体业务的多址接入协议而言,也是非常重要的评价指标。只有构建起完善的评价体系,才能公平地评估设计出的接入协议,在这方面,还有很多工作可做。

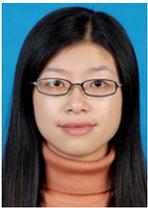
综上所述,支持多媒体业务的接入控制技术未来的研究进展,在多媒体业务建模、接入控制协议设计以及接入控制协议评估等方面都有很多值得深入研究的问题,等待进一步地探索。

#### 参考文献:

- [1] Tobagi F A. Multi-access protocols in packet communication systems[J]. IEEE Transactions on Communications, 1980, 28(4):468-488.
- [2] European Telecommunications Standards Institute. TS 101 761-1 HIPERLAN Type2:Data Link Control(DLC) Layer: Basic Transport Function Broadband Radio Access Network(BRAN)[S]. 2000.
- [3] 聂景楠. 多址通信及其接入控制技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006. (NIE Jingnan. Multiple access communication and access control technology[M]. Beijing:Posts & Telecom Press, 2006.)
- [4] Goodman D J,Wei S X. Efficiency of packet reservation multiple access[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1991,40(1):170-176.
- [5] Al Khanjari S,Arafah B,Day K,et al. An adaptive bandwidth borrowing-based Call Admission Control scheme for multi-class service wireless cellular networks[C]// 2011 International Conference on Innovations in Information Technology(IIT). Abu Dhabi:[s.n.], 2011:375-380.
- [6] Sarma N,Nandi S. QoS support in mobile Ad hoc networks[C]// 2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks. Bangalore:[s.n.], 2006:5.
- [7] International Telecommunication Union. Internet Reports 2005:The Internet of things[R]. Geneva:ITU, 2005.
- [8] The Institute of Electrical and Electronics Engineers:802.16a-2003 Standard for Local and metropolitan area networks-Part1:Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems[S]. 2003.
- [9] Sutivong A,Peha J M. Novel heuristics for call admission control in cellular systems[C]// IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications Record. San Diego,CA:[s.n.], 1997:129-133.
- [10] XU Xing,YE Wu,FENG Suili. Multi-priority Delay Reservation Admission Control Scheme[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2007,29(5):1194-1197.
- [11] Bae S J,Choi B G,Min Young Chung,et al. Delay-aware call admission control algorithm in 3GPP LTE system[C]// 2009 IEEE Region 10 Conference TENCON. Singapore:[s.n.], 2009:1-6.
- [12] 汪翔,徐娜,倪卫明. 基于排队模型的无线 Mesh 网延时分析与优化[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2010,8(6):733-737. (WANG Xiang,XU Na,NI Weiming. Delay analysis and optimization in wireless mesh networks based on queuing model[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2010,8(6):733-737.)
- [13] El Bouchti A,Haqiq A. Access control of multimedia traffic in a 3.5G wireless network[C]// 2011 International Conference on Multimedia Computing and Systems(ICMCS). Ouarzazate:[s.n.], 2011:1-6.
- [14] Kokila S,Shankar R,Dananjayan P. Performance analysis of dual threshold call admission control in 3G WLAN coupled network[C]// 2012 International Conference on Advances in Engineering, Science and Management(ICAESM). Nagapattinam, Tamil Nadu:[s.n.], 2012:404-409.
- [15] 苗长云. 有限用户多信道共用系统理论分析及应用研究[D]. 天津:天津大学, 2005. (MIAO Changyun. Research on the Theory Analysis and Application of the Shared Multichannel System for Limited Users[D]. Tianjin:Tianjin University, 2005.)
- [16] Epstein B,Schwartz M. Reservation strategies for multi-media traffic in a wireless environment[C]// IEEE 45th Vehicular Technology Conference. Chicago,IL:[s.n.], 1995:165-169.
- [17] 梁平原,赵东风,丁洪伟. 多通道多业务优先级控制随机多址系统研究[J]. 云南民族大学学报:自然科学版, 2002, 11(3):144-149. (LIANG Pingyuan,ZHAO Dongfeng,DING Hongwei. Research on Two Multiple Channels and Multiple Services ALOHA Systems with Priority Control[J]. Journal of Yunnan Institute of The Nationalities:Natural Sciences Edition, 2002,11(3):144-149.)
- [18] 孙云山,赵东风,余江. 多通道多业务媒体接入控制协议研究[J]. 云南民族大学学报:自然科学版, 2004,13(2):102-104. (SUN Yunshan,ZHAO Dongfeng,YU Jiang. Research on multiple channels and multiple services media access control

- protocol[J]. Journal of Yunnan Institute of The Nationalities: Natral Sciences Edition, 2004,13(2):102-104.)
- [19] 王绪国. 无线宽带通信系统的上行带宽资源分配方案[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2006,4(3):170-174. (WANG Xuguo. Uplink Bandwidth Allocation for Wireless Broadband Communication Systems[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2006,4(3):170-174.)
- [20] Chowdhury M Z, Yeong Min Jang, Haas Z J. Call Admission Control based on adaptive bandwidth allocation for multi-class services in wireless networks[C]// 2010 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). Jeju:[s.n.], 2010:358-361.
- [21] Al Khanjari S, Arafah B, Day K, et al. An adaptive bandwidth borrowing-based Call Admission Control scheme for multi-class service wireless cellular networks[C]// 2011 International Conference on Innovations in Information Technology(IIT). Abu Dhabi:[s.n.], 2011:375-380.
- [22] Zhao Hui, Niu Wenjia, Qin Yifang, et al. Traffic Load-based Dynamic Bandwidth Allocation for Balancing the Packet Loss in DiffServ Network[C]// 2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on Computer and Information Science. Shanghai:[s.n.], 2012:99-104.
- [23] 马卫东, 李幼平, 周明天. 数据分发特性与服务质量综述[J]. 计算机工程与应用, 2004,40(23):9-11. (MA Weidong, LI Youping, ZHOU Mingtian. A Survey of Data Dissemination Characteristic and QoS[J]. Computer Engineering and Applications, 2004,40(23):9-11.)
- [24] 伍仁勇. 支持 QoS 的无线移动网络呼叫接入控制和智能资源分配研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2006. (WU Renyong. Study on Call Admission Control and Intelligent Resource Allocation for QoS Support in Wireless Mobile Networks[D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology, 2006.)
- [25] 黄福, 王高才, 赖明星. 多媒体网络中基于优先级调度的实时 QoS 研究[J]. 计算机工程与应用, 2011,47(34):107-110. (HUANG Fu, WANG Gaocai, LAI Mingxing. Study on real-time QoS based on priority schedulability in multimedia networks[J]. Computer Engineering and Applications, 2011,47(34):107-110.)

#### 作者简介:



杨 柳(1978-), 女, 四川省达州市人, 高级实验师, 博士, 主要研究方向为多址接入技术、数字媒体技术. email: yangliu@swjtu.edu.cn.

郝 莉(1971-), 女, 北京市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为多址接入技术、MIMO 检测与域编码、无线资源管理.

邓 妍(1980-), 女, 湖南省武冈市人, 工程师, 主要研究方向为多址接入技术、智能电网.