



## 协同融合泛在网传输试验平台的设计与实现<sup>\*</sup>

张冬梅, 马文峰, 孙保明, 徐友云, 益晓新

(解放军理工大学通信工程学院 南京 210007)

**摘 要:** 基于异构网协同融合传输的思想, 提出了一种协同融合泛在网传输试验平台的设计架构, 并给出了综合接入网关和业务控制服务器两类主要功能实体的功能描述。在现有的异构无线网络环境下, 搭建了用于传输高速视频流的多路径并行传输试验平台, 介绍了所采用的关键技术, 并给出了试验结果。

**关键词:** 协同融合泛在网; 高速视频业务; 多路径并行传输; 传输试验平台

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.02.013

## Design and Realization of Transmission Testbench for Cooperated and Converged Ubiquitous Network

Zhang Dongmei, Ma Wenfeng, Sun Baoming, Xu Youyun, Yi Xiaoxin

(Institute of Communications Engineering, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** Based on the idea of cooperated and converged transmission for the heterogeneous network, a designing architecture of transmission testbench for cooperated and converged ubiquitous network was proposed. Two main kinds of function entities of integrated access gateway and service control server were elaborated. Under the existing heterogeneous wireless network environment, the multi-path parallel transmission testbench used to transmit the high speed video media service was constructed. The key technologies were explained, and the result of test was described.

**Key words:** cooperated and converged ubiquitous network, high speed video service, multi-path parallel transmission, transmission testbench

### 1 引言

下一代网络将是“泛在网络(ubiquitous network)”,即广泛存在的网络。ubiquitous(无所不在)源自拉丁语,意为存在于任何地方(existing everywhere)。1991年美国施乐公司 Palo Alto 研究中心的首席技术官 Mark Weiser 首次提出“泛在计算”(ubiquitous computing)的概念<sup>[1]</sup>。描述了一个任何人无论何时、何地都可通过合适的终端设备与网络进行连接、获取个性化信息服务的全新信息社会。

近年来,通信技术发展迅猛,网络通信的多样性提供了丰富多彩的沟通手段和服务,网络基础设施的扩展、新型网络的传输与业务能力的提升,使实现泛在通信的步伐不断加快。但是,不断增加的多种类型的业务需求、无线网络带宽资源的匮乏、进行高频段通信的种种困难以及用户对服务质量的要求,使得人们更倾向于采用异构无线网络技术,以进一步提高无线网络资源利用率和网络吞吐量<sup>[2-5]</sup>。

面对高速流媒体业务在无线通信中的瓶颈,如何利用多条链路并行传输技术来保证高速流媒体业务的 QoS 是

<sup>\*</sup> 国家“973”计划基金资助项目(No.2009CB3020402),江苏“973”计划“下一代网络”专项基金资助项目(No.BK2011002)



目前无线网络中的研究热点。参考文献[6,7]研究了无线 Ad Hoc 网络中的视频传输问题,参考文献[6]给出了一种多路径传输时避免接收乱序的分组调度算法,参考文献[7]给出了视频传输系统的仿真方案。参考文献[8,9]研究了异构网络中的端到端多径传输问题,参考文献[8]给出了一种能提供安全可靠的多路径管理的传输层架构,参考文献[9]利用喷泉码技术提出了一种视频流业务的传输方案,并搭建了试验系统。

本文基于异构网络协同融合的思想,在不改变现有各种体制网络结构的前提下,通过增加综合接入网络和业务控制服务器两种功能实体,提出了一种异构网协同融合传输试验平台的设计方案。依托中国电信和中国联通两种不同体制的移动通信 3G 网络搭建协同融合传输试验平台,并在此平台上实现了高速视频、大数据量文件的快速传输等业务的多路径并行传输。

## 2 协同融合泛在网概述

多种网络共存与融合是实现以泛在通信为目标的下一代网络发展的必然趋势。网络融合的主要策略可以理解为:在基础性网络构建的公共通信平台上,各种异构网络实现共性的融合与个性的协同。所谓融合,是在技术创新和概念创新的基础上对不同系统间共性的整合,而协同则

是在技术创新和概念创新的基础上对不同系统间个性的整合,不同网络间的融合是为了更好地服务于异构网络间的协同<sup>[2]</sup>。

如何依托现存的异构网络,面向业务需求,为泛在信息的传输构建统一的网络层架构是一个亟待解决的问题。其关键是能否对现有网络进行有效融合,以达到挖掘系统潜力、提升系统整体性能的目的。异构网络协同融合不是简单地将多个网络整合成一个“全新网络”,而是在每个网络正常独立运转的情况下,通过适当途径发挥“网络分集”和“网络协同”效果,形成一个虚拟化的协同融合网络。本文给出一种面向异构无线网络协同融合的泛在网的体系结构分层模型,如图 1 所示。

在感知延伸层与网络接入层间设置接入适配层,实现异构网络资源调度与接入控制,主要过程一般在综合接入网关或智能终端中体现。感知延伸层中不具有广域接入能力的各种感知网络和设备,通过综合接入网关向上连接网络接入层,为泛在信息提供传输通路。智能终端是指已在各种接入网中注册、具有广域接入能力的多无线接入终端设备,且不需借助综合接入网关来提供传输通路。业务控制服务器位于 IP 核心网中,是在具体业务驱动下,构建虚拟网络的控制设备。业务控制服务器,利用综合接入网关和智能终端的异构网接入能力,在业务相关的感知网络

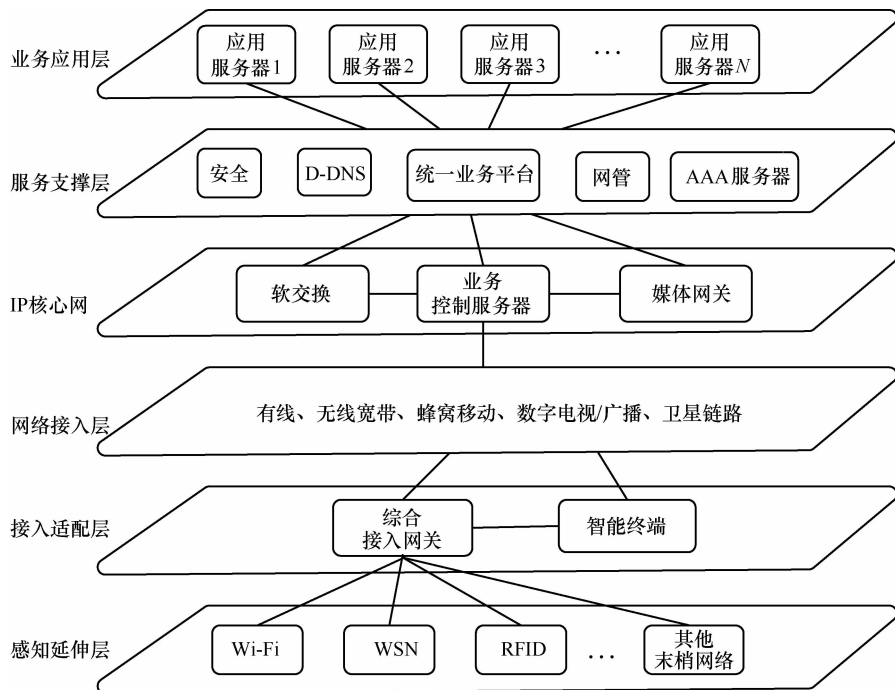


图 1 协同融合泛在网的体系结构分层示意

和设备与业务应用平台间建立虚拟网络,提供信息传输通路。基于图 1 所示的协同融合泛在网体系结构,提出了一种异构网络协同融合传输的试验平台。

### 3 传输试验平台的设计

在现有异构网络环境下,通过增加综合接入网关和业务控制服务器两类主要的功能实体,综合利用现有的异构网络资源,构建了一种传输试验平台。

#### 3.1 平台总体架构

协同融合泛在网传输试验平台的总体架构如图 2 所示。综合接入网关通过末梢网接口与末梢网络相连,实现 RFID 网、传感器网(如 ZigBee)、本地局域网(Wi-Fi 或 Ethernet)以及条码阅读器、二维码阅读器、计算机等末梢网络与终端的接入。通过接入网接口,综合接入网关以有线宽带、无线宽带、蜂窝移动、卫星链路等多种现有的广域接入手段,多路由地连接到由不同运营商、不同传输媒介异构而成的统一 IP 核心网。业务控制服务器位于 IP 核心网中,是协同融合泛在网的分布式控制中心。在协同融合泛在网中,各种末梢网络均可通过综合接入网关,在业务控制服务器和综合接入网关的控制协作下,利用基于业务构建的虚拟网络,路由选择接入位于 IP 核心网的应用服务平台,也可将应用服务器命令和数据发送到末梢节点。

#### 3.2 综合接入网关

综合接入网关能够提供丰富的本地数据接口,并能根据业务需求进行动态配置,感知广域无线、有线接入环境并接入网络。综合接入网关总体硬件架构以嵌入式工控机为核心,由 TD-LTE/TD-SCDMA/WCDMA/GSM/cdma2000 1x Ev-Do 模块构成无线广域网接入单元,由 LAN 接口构成有线广域网接入单元,以配置多种制式的末梢网络接口单元,如图 3 所示。

网关提供的外部接口有 Wi-Fi 接口、WCDMA/cdma2000/TD-SCDMA 宽带广域无线接口、网口(RJ45)、USB 等。面向末梢网络可连接 RFID 读写器、无线传感网(WSN)汇聚节点(sink node)、条码阅读器、二维码阅读器等构成延伸网络,并构建本地局域网,接入计算机、VoIP 电话、IP 摄像机、智能终端等网络终端设备。该综合接入网关具有综合接入能力,可借助多种制式异构广域网构建多条同网/多网并行传输通道,利用数据分发、并行传输、数据聚合等手段,在核心专网和末梢网/本地网之间构建一个高速、可靠、灵活的数据通道。

MARVELL PXA320 处理器可实现主控以及各层协议处理功能,其主要功能包括注册更新、环境认知、协同资源管理、语义(协议)转换等,具体介绍如下。

- 注册更新——综合接入网关向业务控制服务器注册并更新网关信息,包括网关 URN/URL、末梢网络类型—标识—状态(在线/离线)列表。

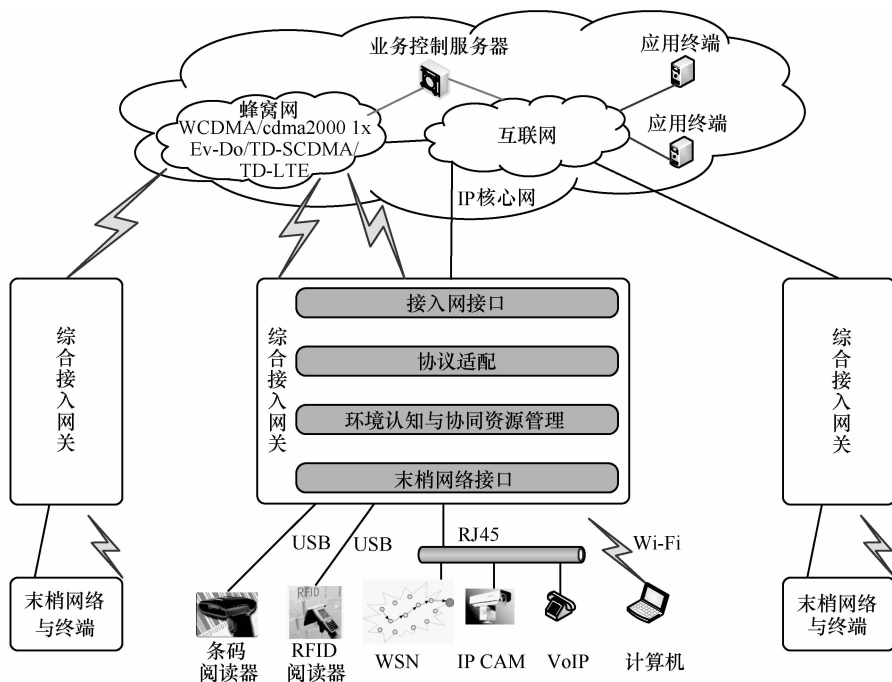


图 2 协同融合泛在网络传输试验平台架构

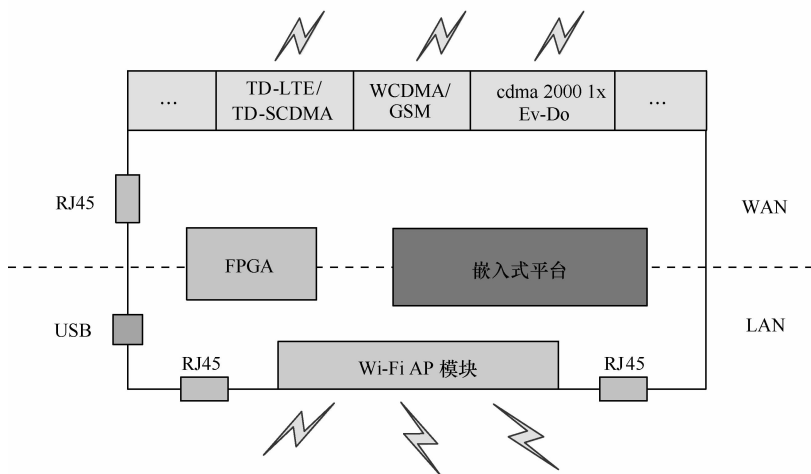


图3 综合接入网关硬件设计架构

- 环境认知——综合接入网关对异构接入网与异构末梢网络的网络环境认知以及对用户应用需求的业务环境认知。
- 协同资源管理——综合接入网关对异构广域接入网络的接入控制及负载管理。
- 语义(协议)转换——泛在网应用协议到末梢网操作控制处理命令的转换,用于支持数据监测类、远程控制类 and 数据处理类业务应用的协议转换。

### 3.3 业务控制服务器

业务控制服务器是构建虚拟传输网络的控制设备。在具体业务驱动下,利用综合接入网络的多种接入能力,在业务相关的感知网络和设备与业务应用平台间建立虚拟网络、提供信息传输通路,该服务器的功能包括资源注册数据库、连接性管理、协同资源管理、网络合成管理、QoS 协商及 SLA 管理等。其中:

- 资源注册数据库——存储接入网关标识、状态、能力集参数等信息的数据库;
- 连接性管理——与接入网关共同管理网关与控制服务器的应用层数据持续性以及控制服务器与外部应用服务器的数据持续性;
- 协同资源管理——对接入网关无线资源及其他资源进行协同融合、统一调度管理;
- 网络合成管理——通过在不同控制功能模块以及不同泛在网络之间进行协商,能够对网络合成的过程进行管理并建立相关的合成协议;
- QoS 协商及 SLA 管理——在连接资源上建立并维护业务级协议。

## 4 传输试验平台的实现

根据所设计的试验平台可以验证协同融合泛在网中,业务驱动下虚拟传输网络的构建机理,包括传输通路构建、设备的统一标识与寻址、移动性管理、认证与安全等。本文主要讨论了传输通路构建问题,重点研究了业务控制服务器与一个综合接入网联合控制、构建虚拟传输网络的实现技术,在此基础上,下一步将研究业务控制服务器与多个综合接入网络构建的更复杂的虚拟传输网络的实现方案。

下面以高速视频传输试验场景为例,介绍传输试验平台的实现情况。高速视频业务所需的传输速率是 2 Mbit/s,现有的 3G 网络单链路都不具备这样的传输能力,而基于异构网协同融合传输的设计思想,在综合接入网关和业务控制服务器的协作控制下,利用多条异构路径并行传输,则可在现有的无线网络条件下实现高速视频业务的传输;同时也减少了因单一传输网络故障造成的业务中断问题,增强业务传输的可靠性。

### 4.1 高清视频传输试验场景

搭建的验证高速视频传输的试验场景如图 4 所示,由网络摄像机、无线局域网 LAN-A 侧的笔记本电脑 A、综合接入网关、网关监控、多制式无线上网卡、业务控制服务器、LAN-B 侧的笔记本电脑 B 构成。

网络摄像机和笔记本电脑 A 代表感知末梢层设备,通过无线局域网 LAN-A 与综合接入网关相连。综合接入网关利用中国电信和中国联通的 3G 上网卡构建异构广域接入传输通路,业务控制服务器通过 IP 网络与中国电信和

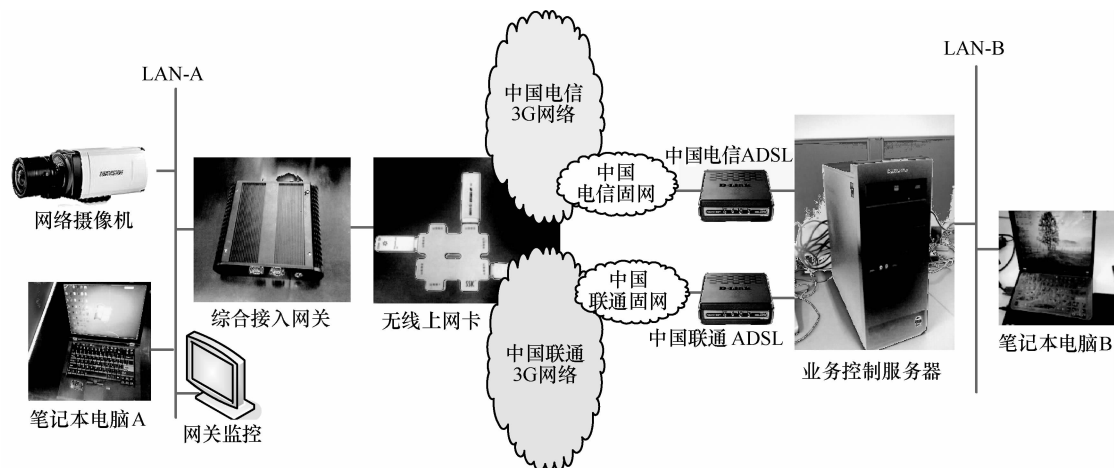


图4 协同融合泛在网高清视频传输试验平台

中国联通的ADSL设备相连,综合接入网关和业务控制服务器两个设备之间通过中国电信和中国联通的3G网络建立多条无线传输通路,但没有直接的有线通路。笔记本电脑B代表应用层的业务处理设备,通过无线局域网LAN-B与业务控制服务器相连。试验中,网络摄像机拍摄的视频流在笔记本电脑A上显示,同时通过综合接入网络,利用中国电信和中国联通的3G无线传输通路,将视频流传输到笔记本电脑B上显示。

## 4.2 平台关键技术

由业务控制服务器和一个综合接入网关联合控制实现虚拟传输网络的试验中,关键技术包括网络及业务环境认知、协同资源管理和异构多路径并传。

### (1) 网络及业务环境认知

平台需要感知所用的有线、无线网络环境状态,收集用户QoE及业务QoS参数,统计通信链路信道质量、流量以及速率等信息,并对这些信息进行综合分析,为业务分配和调整传输通路提供依据。由于需要感知的网络用户一般存在多个,并且对每个对象进行感知的指标也有多个,因此,如果没有一种适合的机制对这些指标进行综合分析,将会消耗大量的时间和能量。传输平台采用模糊理论,通过对这些异构信息进行模糊处理,使这些信息可以在一个统一的标准下进行衡量,提高对网络及业务环境的认知效率。

### (2) 协同资源管理

协同资源管理是在对网络及业务环境认知的基础上,以满足业务的不同QoS需求和异构网络的负载平衡为目标,自适应地为业务分配相应的网络资源。协同资源管理问题从本质上分析是一个优化问题,求解优化问题是一项

研究较广泛的课题,最优解可以通过穷举算法获得,但在平台实现中要考虑算法的复杂度与目标性能的折中,因此采用了一种复杂度适中的次优分配方法。

协同资源管理问题建模可化为背包问题,将网络、业务流分别映射为背包和物品,将为业务流分配网络资源的过程映射为将物品放入背包的过程。将各网络路径视为一个个背包,将路径传输质量以及当前的流量信息视为背包中已有的物品,业务流即要放入背包中的物品,为业务流分配和接入路径的过程即将物品放入背包的过程,放置的原则为:根据业务的不同优先级以及QoS需求,综合考虑每个背包的剩余空间,并使所有背包的物品基本达到均衡。经过这样的映射,就可以通过设计背包问题的目标函数以及约束条件,给出低复杂度的协同资源动态分配方案。

### (3) 异构多路径并传

根据用户业务流的不同特性以及对安全性的不同需求,同一业务流需要利用多条异构路径共同构建并行传输通路,以满足业务的QoS指标,业务流的处理流程如图5所示。在业务流的发送端,业务流分发模块要根据异构网络环境参数,对业务流进行拆分,使每条链路的负载相对其网络质量来说是均衡的,便于接收端进行合并。每组业务流发送和接收模块利用现有3G网络的一条实际传输路径,采用IP加速、无状态地址转换等技术,搭建了VPN高效传输路径,保证了业务流的传输。在业务流接收端的业务流合并模块,对各路径传输来的数据分组进行排序,在补偿各链路时延、均衡链路损耗的基础上实现业务流重组,并在接收端恢复出原始业务流。利用这种业务流拆分、并行传输、合并的处理流程,在末梢局域网设备与应用服务平台之间构建一个透明的高速数据传输通道。这种异构

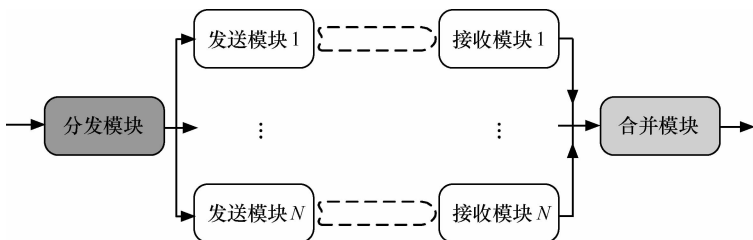


图5 高清视频业务流处理流程

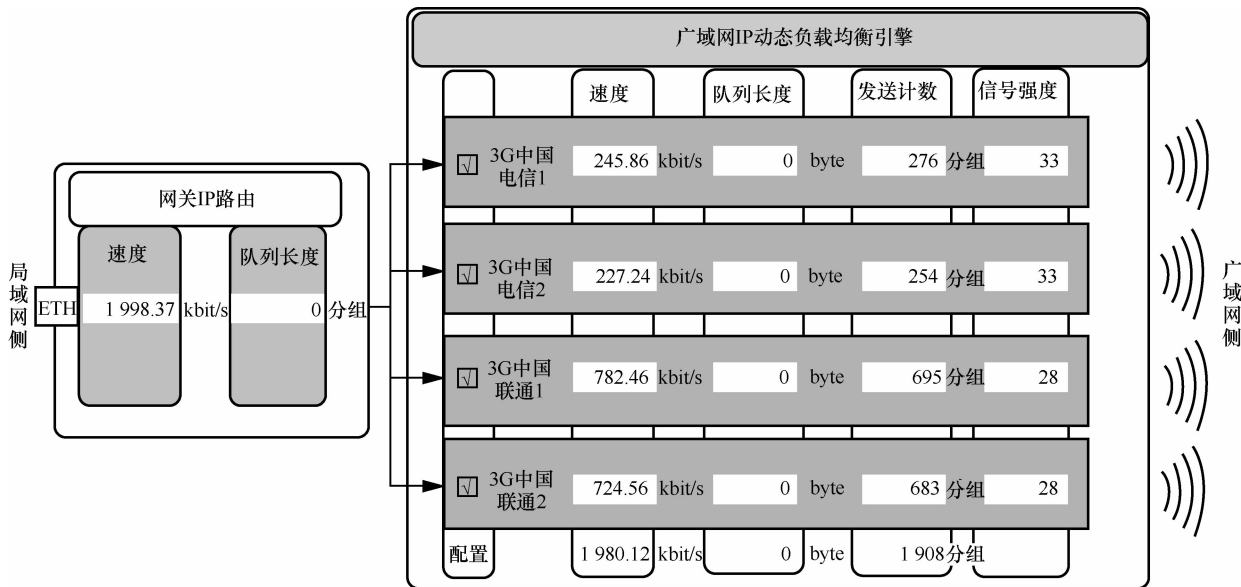


图6 综合接入网关监控界面

多链路并传可以是末梢网数据通过网关上传到服务器,经过处理后发给对应的应用服务器,如高清摄像信息的实时传输;也可以是末梢用户对应用服务器中高速视频资料的下载,此时的发送端为服务器。

### 4.3 实验结果

将网络摄像机的网线接入 LAN-A 中,将其数据流向设置为流向笔记本电脑 B、端口设置为 5550,方式设置为 UDP,数据格式为 VBR,数据速率变化范围为 1.6~2.1 Mbit/s。综合接入网关利用 2 张中国联通 3G 上网卡(MF631、ZTE AC582)和 2 张中国电信 3G 上网卡(Huawei E1750),为高速视频业务提供 4 条无线路径。其中,中国联通 3G 上网卡的数据速率最大可达 7.2 Mbit/s,中国电信 3G 上网卡的数据速率最大可达 3.8 Mbit/s。综合接入网关开设 2 000 个 IP 分组的缓存区,网络摄像机采集的数据经过缓存后传输,保证对端视频流的流畅播放。综合接入网关的参数监测模块可监测当前业务所利用路径的参数,如网络速度、队列长度、已发送数据报速率、信号强度等。

高速视频传输试验中的监控界面如图 6 所示,网络摄

像机采集的数据速率为 1 998.37 kbit/s,4 条无线路径的当前传输速率分别为 245.86 kbit/s、227.24 kbit/s、782.46 kbit/s、724.56 kbit/s,合并的传输速率为 1 980.12 kbit/s。6 min 视频传输过程中 4 条无线路径传输速率的变化情况如图 7 所示,每条路径的主要参数值见表 1,各路径传输速率的差异主要是由不同运营商 3G 网络制式和所用上网卡的速率限制造成的。4 条无线路径合并后的传输速率如图 8 所示,

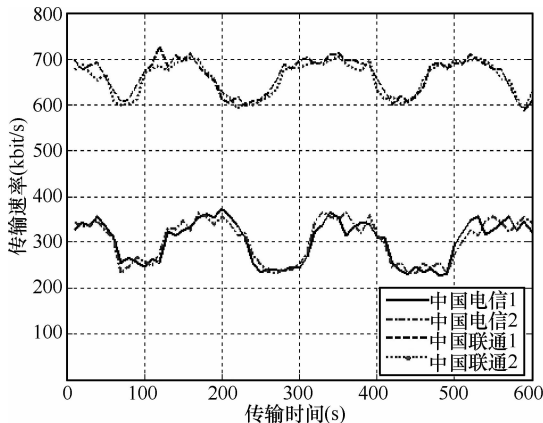


图7 视频传输过程各路径传输速率

表 1 视频传输过程各路径传输速率参数

| 路径号    | 最高速率(kbit/s) | 最低速率(kbit/s) | 平均速率(kbit/s) |
|--------|--------------|--------------|--------------|
| 中国电信 1 | 372.24       | 227.84       | 302.65       |
| 中国电信 2 | 366.24       | 231.62       | 304.28       |
| 中国联通 1 | 729.12       | 587.24       | 663.53       |
| 中国联通 2 | 704.14       | 590.74       | 658.24       |
| 合计     | 2 130.48     | 1 677.14     | 1 928.70     |

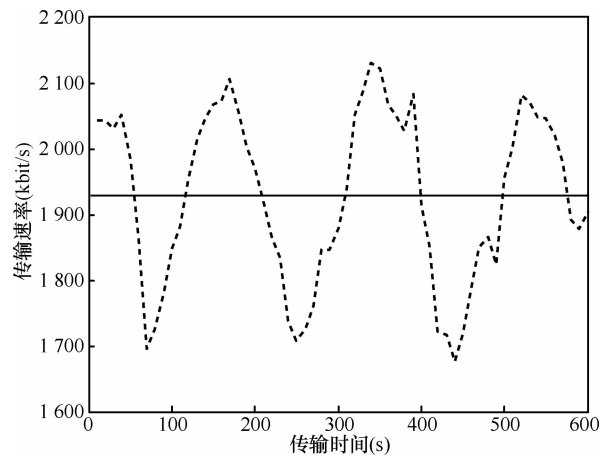


图 8 视频传输过程 4 条路径合并后的传输速率

其变化范围为 1 677.14~2 130.48 kbit/s, 平均传输速率为 1 928.70 kbit/s, 完全满足高速视频的传输要求。

5 结束语

本文基于异构网协同融合传输的设计思想,在现有异构网络环境下,通过增加综合接入网关和业务控制服务器两类主要的功能实体,设计并搭建了一种异构网协同融合传输试验平台。利用中国联通和中国电信的 3G 网络,在综合接入网关和业务控制服务器的协作控制下,实现了高速视频业务的高速传输,验证了协同融合泛在网基于业务驱动的虚拟传输通路的构建机理。

参考文献

1 Weiser M. The computer for the twenty-first century. Scientific American, 1991, 265(3):94~104

2 朱洪波, 杨龙祥, 于全. 物联网的技术思想与应用策略研究. 通信学报, 2010, 31(11):2~9

3 童晓渝, 张云勇, 徐雷. 智能普适网络. 通信学报, 2011, 32(7): 182~188

4 张平, 苗杰, 胡铮等. 泛在网络研究综述. 北京邮电大学学报, 2010, 33(5):1~6

5 Akhtman J, Hanzo L. Heterogeneous networking: an enabling paradigm for ubiquitous wireless communications. Proceedings of the IEEE, 2010, 98(2):135~138

6 王辉, 俞能海, 刘政凯. 一种新的用于无线 Ad Hoc 网络中视频传输的多路径分组调度算法. 电子与信息学报, 2008, 30(2): 468~471

7 李密, 沈连丰, 夏玮玮. Ad Hoc 网络中多点对点视频传输系统设计与仿真. 东南大学学报:自然科学版, 2008, 38(4): 553~557

8 薛森, 高德云, 张思东等. 面向下一代网络的端到端多路径传输层架构. 通信学报, 2010, 31(10): 27~34

9 Han S, Joo H, Lee D, et al. An end-to-end virtual path construction system for stable live video streaming over heterogeneous wireless networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2011, 29(5): 1032~1041

[作者简介]

张冬梅,女,解放军理工大学副教授,主要研究方向为宽带无线通信系统资源管理。

马文峰,男,解放军理工大学副教授,主要研究方向为无线通信、卫星通信。

孙保明,男,解放军理工大学硕士研究生,主要研究方向为无线通信网络技术。

徐友云,男,解放军理工大学教授、博士生导师,主要研究方向为无线通信理论与应用、下一代网络技术。

益晓新,男,解放军理工大学教授、博士生导师,主要研究方向为宽带无线通信、抗干扰技术。

(收稿日期:2013-01-08)