

信息科学技术学术著作丛书

# 移动通信系统中广播 多播技术与应用

田霖 周一青 石晶林 著



科学出版社

信息科学技术学术著作丛书

# 移动通信系统中广播多播 技术与应用

田霖 周一青 石晶林 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是一本专门介绍移动通信系统中广播多播技术及应用的图书,内容涵盖关键技术、基本原理、协议标准和工程实践等,主要包括:第三代、第四代移动通信系统概述及其中的多播协议,多播无线传输技术、无线资源管理技术及网络部署优化技术,基于终端协作的多播传输技术,通信与广播系统融合技术与实践。本书不仅全面介绍了移动通信系统中的广播多播技术,还对未来可能出现的新型广播多播机制及前沿技术进行了阐述,包含了该领域国内外最新的研究成果。

本书可作为从事无线通信与多媒体无线传输专业研究的高等院校教师、研究生和高年级本科生的教学用书和参考技术著作,也可作为相关工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

移动通信系统中广播多播技术与应用/田霖,周一青,石晶林著. —北京:科学出版社,2016

(信息科学技术学术著作丛书)

ISBN 978-7-03-046632-7

I. 移… II. ①田… ②周… ③石… III. 移动通信-通信网-研究  
IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 300388 号

责任编辑:魏英杰/ 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 332 000

定价: 110.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《信息科学技术学术著作丛书》序

21 世纪是信息科学技术发生深刻变革的时代,一场以网络科学、高性能计算和仿真、智能科学、计算思维为特征的信息科学革命正在兴起。信息科学技术正在逐步融入各个应用领域并与生物、纳米、认知等交织在一起,悄然改变着我们的生活方式。信息科学技术已经成为人类社会进步过程中发展最快、交叉渗透性最强、应用面最广的关键技术。

如何进一步推动我国信息科学技术的研究与发展;如何将信息技术发展的新理论、新方法与研究成果转化为社会发展的新动力;如何抓住信息技术深刻发展变革的机遇,提升我国自主创新和可持续发展的能力?这些问题的解答都离不开我国科技工作者和工程技术人员的求索和艰辛付出。为这些科技工作者和工程技术人员提供一个良好的出版环境和平台,将这些科技成就迅速转化为智力成果,将对我国信息科学技术的发展起到重要的推动作用。

《信息科学技术学术著作丛书》是科学出版社在广泛征求专家意见的基础上,经过长期考察、反复论证之后组织出版的。这套丛书旨在传播网络科学和未来网络技术,微电子、光电子和量子信息技术、超级计算机、软件和信息存储技术,数据知识化和基于知识处理的未来信息服务业,低成本信息化和用信息技术提升传统产业,智能与认知科学、生物信息学、社会信息学等前沿交叉科学,信息科学基础理论,信息安全等几个未来信息科学技术重点发展领域的优秀科研成果。丛书力争起点高、内容新、导向性强,具有一定的原创性;体现出科学出版社“高层次、高质量、高水平”的特色和“严肃、严密、严格”的优良作风。

希望这套丛书的出版,能为我国信息科学技术的发展、创新和突破带来一些启迪和帮助。同时,欢迎广大读者提出好的建议,以促进和完善丛书的出版工作。

中国工程院院士

原中国科学院计算技术研究所所长



## 前 言

随着大屏幕智能手机的日益普及,移动数据业务的使用越来越广泛,人们已不满足于手机只能提供电话和消息等业务类型,希望能够通过手机随时随地获取丰富的多媒体业务,例如电视广播、视频点播、视频会议、互动游戏等。多媒体业务往往具有用户量大和流量高的特点,若采用点到点的单播方式进行传输,将不能让多个用户共享无线资源,使有限的频谱资源更加紧张,限制系统提供多媒体业务的能力,甚至使系统不能支持电视广播等高带宽的业务。同时,造成了业务传输成本高,从而限制了多媒体业务的推广。

为了高效传输可以同时被多个用户接收的多媒体业务,目前主流的移动通信标准均制定了广播多播传输机制,如 3GPP 的多媒体广播多播业务(MBMS), 3GPP2 的广播组播业务(BCMCS)等。这类机制采用点到多点的传输方式,即基站只需要发送一份数据,相关用户均可以接收,从而实现了用户间的无线资源共享,提高了资源利用率,降低了业务成本。

在多媒体广播多播技术标准化工作广泛开展的同时,针对标准制定和实际部署中面临的技术问题,学术界和产业界也开展了大量的研究和实验工作,从物理层、链路层、网络层等各个层次对多媒体广播多播机制进行优化和增强,推进其在实际网络中的部署进程。

当前已经出版的多媒体广播多播方面的书籍中,有的详细介绍了第三代移动通信系统(3G)中的广播多播技术,而阐述第四代移动通信系统(4G)中广播多播技术的较少。此外,目前的书籍主要侧重于标准的介绍,对关键技术以及前沿研究的涉及较少。本书从广播多播标准、无线传输、资源管理、网络部署等方面全面介绍了 4G 系统中的广播多播传输机制,并对未来可能出现的新型多播机制及前沿技术进行了阐述,其中还包括了作者自主创新的研究成果,以便让读者对广播多播标准、研究以及实践形成一个较为全面的了解。

本书共 8 章。第 1 章为绪论,介绍了移动通信系统中广播多播的基本概念、标准化情况以及技术组成,为后面章节的学习提供必要的基础;第 2 章和第 3 章分别介绍了 3G 和 4G 系统中的广播多播协议,包括网络架构、空中接口、高层信令等方面的详细定义;第 4 章阐述了广播多播无线传输技术的研究,包括分层调制与多编码、多天线增强、单频网传输等;第 5 章介绍了广播多播无线资源管理技术,包括面向多播的多维资源调度、单播与广播融合的资源管理、多播业务移动性管理等;第 6 章从广播多播网络部署的角度介绍了一种新型的广播多播网络架构及相关优化

技术;第7章介绍了一种新型的多播传输技术——基于终端协作的多播传输;第8章从通信与广播系统融合的角度,给出了移动多媒体广播多播实现的一种新的思路。

本书主要由田霖、周一青和石晶林撰写,总结了中国科学院计算技术研究所无线通信技术研究 centers 在该领域多年的研究成果,包括袁尧、黄伊、关娜、杨育波、庞迪等多位博士的成果。此外,孙茜、焦慧芳等参与了第2章、第3章和第5章的撰写,王晓湘、龚文熔等参与了第6章的撰写,刘航等对第7章进行了撰写,张玥、刘畅和万溢完成了书中部分插图和文献的整理工作,在此一并表示感谢。

本书的部分研究内容受到“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项“面向 IMT-Advanced 增强多媒体多播技术”(课题编号 2010ZX03003-004)和国家自然科学基金青年基金项目“基于终端协作的多播能量效率分析与低功耗资源分配方法研究”(项目编号 61201231)的资助,在此特别表示感谢。本书第8章中介绍的宽带无线多媒体系统标准,是中国电子技术标准化研究院组织中国科学院上海微系统与信息技术研究所、中国科学院计算技术研究所、清华大学、联想集团等单位共同完成的,本文作者有幸成为起草人,非常感谢相关单位的支持。在本书的编写过程中,还得到北京邮电大学、工业和信息化部电信传输研究所、富士通公司中国研究院等单位的大力支持,他们提供了许多宝贵的建议和有益的帮助,在此表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

《信息科学技术学术著作丛书》序

前言

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                | 1  |
| 1.1 移动多媒体业务的传输类型        | 2  |
| 1.2 移动通信网络中的广播多播技术标准化   | 4  |
| 1.3 移动通信网络中广播多播相关研究计划   | 6  |
| 1.4 移动多媒体广播多播技术组成       | 6  |
| 1.5 本书结构                | 9  |
| 第 2 章 第三代移动通信系统中的广播多播协议 | 10 |
| 2.1 第三代移动通信系统简介         | 10 |
| 2.1.1 多址方式              | 11 |
| 2.1.2 网络架构              | 12 |
| 2.1.3 3G 应用             | 12 |
| 2.2 MBMS 概述             | 13 |
| 2.2.1 MBMS 业务需求         | 13 |
| 2.2.2 MBMS 服务模式         | 14 |
| 2.3 MBMS 网络架构           | 15 |
| 2.3.1 功能实体              | 16 |
| 2.3.2 MBMS 参考点          | 18 |
| 2.3.3 MBMS 承载服务与用户服务    | 18 |
| 2.4 MBMS 服务提供流程         | 20 |
| 2.5 MBMS 空中接口协议         | 23 |
| 2.5.1 MBMS 信道结构         | 23 |
| 2.5.2 MAC 结构            | 23 |
| 2.5.3 MBMS 传输           | 25 |
| 2.5.4 MBMS 计数           | 26 |
| 2.5.5 主要信令              | 28 |
| 2.6 MBMS 高层协议           | 29 |
| 2.6.1 服务激活与去激活          | 30 |
| 2.6.2 会话管理              | 33 |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 2.6.3 注册与注销 .....                  | 37        |
| 2.7 MBMS 系统实践 .....                | 41        |
| 2.8 小结 .....                       | 42        |
| 参考文献 .....                         | 43        |
| <b>第3章 第四代移动通信系统中的广播多播协议 .....</b> | <b>44</b> |
| 3.1 第四代移动通信标准简介 .....              | 44        |
| 3.1.1 LTE 系统概述 .....               | 45        |
| 3.1.2 多址方式 .....                   | 45        |
| 3.1.3 MIMO 技术 .....                | 47        |
| 3.1.4 系统架构 .....                   | 52        |
| 3.1.5 LTE-Advanced 标准 .....        | 52        |
| 3.2 E-MBMS 技术演进 .....              | 54        |
| 3.3 E-MBMS 架构 .....                | 57        |
| 3.3.1 网络架构 .....                   | 57        |
| 3.3.2 协议架构 .....                   | 61        |
| 3.4 E-MBMS 物理层协议 .....             | 62        |
| 3.4.1 子帧结构 .....                   | 62        |
| 3.4.2 信道映射 .....                   | 62        |
| 3.4.3 物理信道与调制 .....                | 66        |
| 3.4.4 参考信号 .....                   | 67        |
| 3.5 E-MBMS 高层协议 .....              | 69        |
| 3.5.1 多播控制信道结构 .....               | 69        |
| 3.5.2 MBMS 相关控制信息 .....            | 71        |
| 3.5.3 信令流程 .....                   | 73        |
| 3.5.4 业务调度 .....                   | 75        |
| 3.5.5 计数过程 .....                   | 77        |
| 3.5.6 E-MBMS 服务连续性 .....           | 77        |
| 3.5.7 MBSFN 区域配置 .....             | 78        |
| 3.6 E-MBMS 系统仿真 .....              | 79        |
| 3.6.1 平台概述 .....                   | 79        |
| 3.6.2 性能比较与分析 .....                | 82        |
| 3.7 小结 .....                       | 84        |
| 参考文献 .....                         | 84        |
| <b>第4章 广播多播无线传输技术 .....</b>        | <b>86</b> |
| 4.1 引言 .....                       | 86        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 4.2 传输容量分析                   | 86         |
| 4.2.1 单天线系统多播传输容量            | 86         |
| 4.2.2 多天线系统多播传输容量            | 88         |
| 4.2.3 系统测试与仿真                | 93         |
| 4.3 分层调制与多编码                 | 96         |
| 4.3.1 移动多媒体业务编码              | 97         |
| 4.3.2 分层调制技术                 | 98         |
| 4.3.3 多编码方案                  | 102        |
| 4.4 多播 MIMO 技术增强             | 102        |
| 4.4.1 自适应 MIMO 传输机制          | 102        |
| 4.4.2 分级 MIMO 传输技术           | 104        |
| 4.5 单频网传输技术增强                | 108        |
| 4.5.1 基于 STBC 的单频网传输         | 109        |
| 4.5.2 基于 SFBC 的单频网传输         | 111        |
| 4.6 小结                       | 113        |
| 参考文献                         | 114        |
| <b>第 5 章 广播多播无线资源管理技术</b>    | <b>118</b> |
| 5.1 引言                       | 118        |
| 5.2 面向多播的无线资源调度              | 118        |
| 5.2.1 单播无线资源调度及与多播的区别        | 119        |
| 5.2.2 多播业务的时域资源调度            | 122        |
| 5.2.3 多播业务的子载波分配方法           | 130        |
| 5.2.4 多播业务的空域资源分配方法          | 138        |
| 5.2.5 多播业务资源调度方法在 LTE 系统中的应用 | 140        |
| 5.3 单播与广播多播融合的接入控制机制         | 143        |
| 5.3.1 资源共享模型                 | 144        |
| 5.3.2 带宽抢占策略                 | 146        |
| 5.3.3 接入控制方案                 | 147        |
| 5.4 多播业务移动性管理                | 150        |
| 5.4.1 拥塞控制                   | 152        |
| 5.4.2 多播寻呼机制                 | 155        |
| 5.5 小结                       | 157        |
| 参考文献                         | 157        |
| <b>第 6 章 广播多播网络部署优化技术</b>    | <b>161</b> |
| 6.1 引言                       | 161        |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 6.2   | 新型广播多播网络架构 .....     | 161 |
| 6.3   | 单频网网络架构及主要机制 .....   | 163 |
| 6.3.1 | 重叠覆盖 .....           | 164 |
| 6.3.2 | MCE 部署 .....         | 165 |
| 6.3.3 | 同步机制 .....           | 169 |
| 6.3.4 | 计数机制 .....           | 170 |
| 6.4   | 单频网部署优化 .....        | 172 |
| 6.4.1 | 系统模型 .....           | 173 |
| 6.4.2 | 单频网半动态组网方法 .....     | 173 |
| 6.4.3 | 性能分析与验证 .....        | 177 |
| 6.5   | 单频网中的无线资源管理 .....    | 180 |
| 6.5.1 | 单频网间资源分配 .....       | 181 |
| 6.5.2 | 单小区与单频网传输方式选择 .....  | 187 |
| 6.6   | 小结 .....             | 193 |
|       | 参考文献 .....           | 193 |
| 第 7 章 | 基于终端协作的多播传输技术 .....  | 195 |
| 7.1   | 引言 .....             | 195 |
| 7.2   | 协作通信技术 .....         | 195 |
| 7.3   | 终端协作多播技术 .....       | 201 |
| 7.3.1 | 基于网络编码技术的协作多播 .....  | 201 |
| 7.3.2 | 基于空时编码技术的协作多播 .....  | 203 |
| 7.3.3 | 基于解码转发模式的协作多播 .....  | 206 |
| 7.3.4 | 多播协作集合选择 .....       | 206 |
| 7.4   | 能量有效的终端协作多播技术 .....  | 213 |
| 7.4.1 | 终端协作多播能耗效率分析 .....   | 213 |
| 7.4.2 | 终端协作多播功率分配方法 .....   | 218 |
| 7.5   | 自适应多播传输技术 .....      | 225 |
| 7.5.1 | 用户密度的影响分析 .....      | 226 |
| 7.5.2 | 性能分析与仿真 .....        | 227 |
| 7.6   | 小结 .....             | 230 |
|       | 参考文献 .....           | 230 |
| 第 8 章 | 通信与广播系统融合技术与实践 ..... | 233 |
| 8.1   | 引言 .....             | 233 |
| 8.2   | 广播与通信融合方案综述 .....    | 233 |
| 8.2.1 | 基于地面数字广播的手机电视 .....  | 234 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 8.2.2 基于卫星数字广播的手机电视 .....  | 238 |
| 8.2.3 基于移动通信网络的广播服务 .....  | 239 |
| 8.2.4 广播与通信融合方案对比与分析 ..... | 239 |
| 8.3 宽带无线多媒体系统概述 .....      | 241 |
| 8.3.1 网络架构 .....           | 241 |
| 8.3.2 广播业务融合方案 .....       | 243 |
| 8.4 宽带无线多媒体系统空中接口协议 .....  | 245 |
| 8.4.1 PHY层 .....           | 246 |
| 8.4.2 MAC层 .....           | 249 |
| 8.5 宽带无线多媒体系统关键技术 .....    | 254 |
| 8.5.1 按需广播 .....           | 254 |
| 8.5.2 区分广播 .....           | 257 |
| 8.6 示范网络 .....             | 262 |
| 8.7 小结 .....               | 263 |
| 参考文献 .....                 | 263 |

# 第 1 章 绪 论

移动通信已经成为人们生活中不可或缺的组成部分,显著地改变着人们的生活方式,极大地推动着社会经济的发展。自 19 世纪 80 年代以来,移动通信技术迅猛发展,已经从第一代模拟通信系统、第二代数字通信系统发展到了第三代(3rd generation, 3G)多媒体通信系统。近年来,传统的移动语音业务通信量稳步增加,移动互联网业务、实时视频和视频点播等多媒体业务的需求更是日益增强。因此,人们已经不满足于速率可达 2Mb/s 的 3G,为此发展了 LTE(long term evolution)系统,可在 20MHz 频谱带宽下提供下行 100Mb/s、上行 50Mb/s 的峰值速率。进一步,未来第四代移动通信系统(4G)的目标是提供与有线通信系统可以比拟的,高达 1Gb/s 的高速通信。目前,LTE 标准已经完成,LTE 网络的部署正在全球快速推进,并逐渐进入商用阶段。

从目前全球 3G 网络运营情况来看,流媒体、手机网络游戏、在线音乐、大容量下载等高速数据业务已成为发展最为迅速的增值业务。在 3G 市场发展较早的日本和韩国,基于视频的应用已占到手机增值服务的 50%以上。同时,随着三网融合的发展,广播电视网络中的节目也将通过移动通信网络发送给用户。然而,若对这类业务采用移动通信系统中单播业务的点到点传输方式,将无法让多个用户共享无线资源,使有限的频谱资源更加紧张,限制了系统提供多媒体业务的能力,甚至不能支持电视广播等高带宽的业务。

针对该问题,第 3 代合作伙伴关系(the 3rd generation partnership project, 3GPP)、IEEE 802.16 等主流移动通信标准化组织从 2004 年起,开始制定广播多播传输机制。这类机制采用点到多点的传输方式,即基站只需要发送一份数据,多播组中的所有用户均可以接收,从而实现用户间的无线资源共享,提高了资源利用率,降低了业务成本。

然而,随着移动多媒体用户数量的和业务量的激增,现有的移动通信系统中的广播多播机制在传输技术、业务分发等方面越来越难以满足人们对多媒体应用多样化和高宽带的需求。如图 1-1 所示,未来的多媒体多播系统需要支持各种具有不同服务质量(QoS)需求的高流量的多媒体业务类型;需要充分利用频谱资源,与单播服务高效共存;需要支持更大范围的覆盖、更多的用户及种类繁多的终端,提高最终用户的体验。因此,近年来多媒体广播多播技术受到学术界和产业界的高度关注,在该领域开展了持续、大量的研究,并在 4G 标准化中形成了一系列增强多媒体多播方案,业界领先的企业也在持续进行网络和业务实验。2014 年 5 月,美国运营商 Verizon 公司在其 4G 商用网络中推出了移动多媒体多播服务,

AT&T 公司也宣布在 2015 年开始部署 LTE 广播多播服务。相信在未来几年,各国移动运营商都会陆续开始部署该服务。

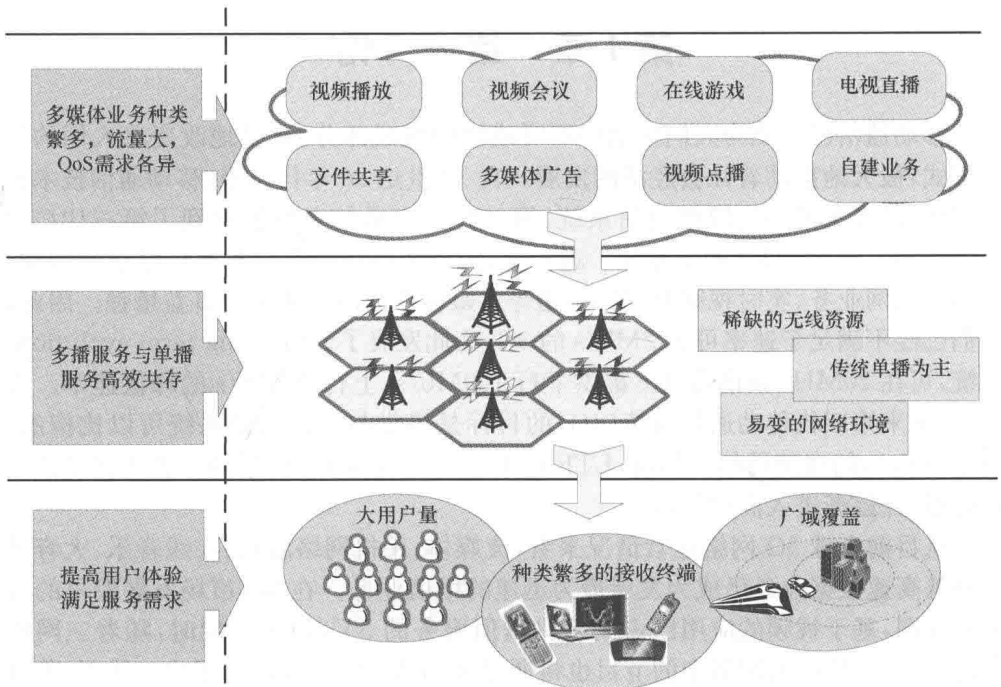


图 1-1 增强多媒体多播服务需求

在移动多媒体广播多播服务迅猛发展的今天,本书从原理、标准、关键技术、实验验证等方面,对移动通信系统中的广播多播技术进行全面阐述,可以为从事广播多播产品研发、网络部署、服务实施的工程师提供参考,并作为希望学习移动多媒体广播多播系统的大专院校学生的参考教材。同时,本书对未来移动多媒体多播系统标准制定和实际部署中面临的技术问题进行了深入分析,适当补充了有关的数学公式及推导,供相关专业的研究生进行工程开发及研究工作时使用。

1.1 移动多媒体业务的传输类型

在移动通信系统中,多媒体业务到达用户终端有 3 种可能的传输类型,即单播、广播与多播。这三种传输类型具有不同的特点,下面分别介绍。

(1) 单播

在网络和每个用户间进行点到点传输,网络提供专用连接给每个终端,相同的内容需要多次传输给每个请求该内容用户,如图 1-2 所示。若每个用户请求的

多媒体业务不同,则单播传输方式有效;若相同的业务数据需要同时被多个用户所接收,如电视广播、视频会议、互动游戏等,单播传输的效率就很低,如系统中有6个用户想接收相同的数据,单播方式需要将同样的数据发送6次,会浪费大量的无线频谱资源。

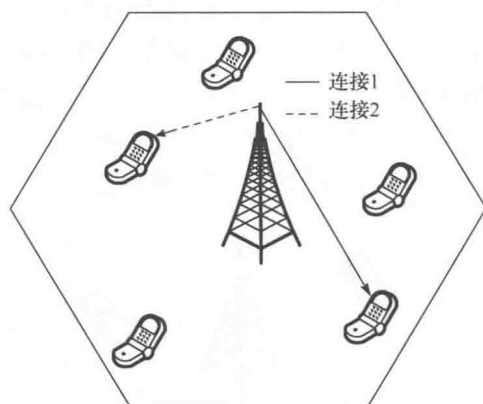


图 1-2 单播传输方式

## (2) 广播

从网络到多个终端的下行链路进行点对多点连接,每次内容传输给一个地理区域内的所有终端,用户可以自由选择接收还是拒绝,如图 1-3 所示,像调频广播、电视广播等都是采用广播传输方式。广播的显著特点就是可以采用一份资源同时为多个用户传送数据,与单播传输方式相比,能够极大地节省无线资源和网络资源,是为用户提供多媒体业务的一个高效解决方案。

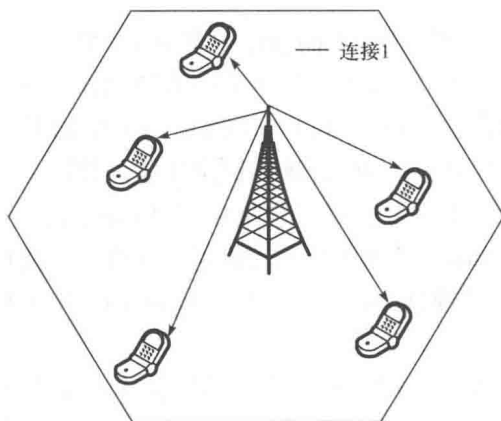


图 1-3 广播传输方式

### (3) 多播

从网络到一组终端的下行链路进行点对多点连接,每次内容只传输给特定的终端组,只有属于该终端组的用户才可接收,如图 1-4 所示。在无线传输层面上,广播和多播的数据发送方式没有区别,两种模式的区别在于用户群不同。广播业务对所有用户都可以使用,没有对特定业务订阅的需要;对于多播业务来说,为了能够接收到选择的业务,各个用户需要订阅该业务。因此,多播可以看做是通过订阅的广播,有订阅收费的可能性。

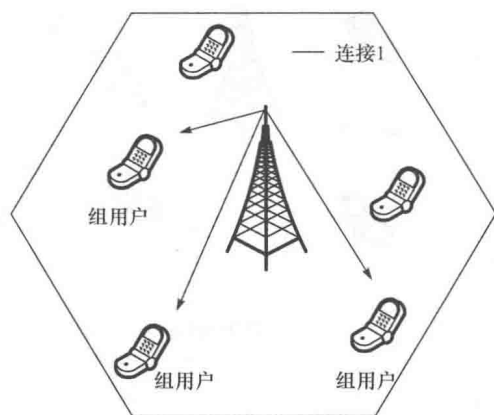


图 1-4 多播传输方式

## 1.2 移动通信网络中的广播多播技术标准化

从 3G 时代开始,移动通信标准的制定主要由 3GPP 和 3GPP2 两个组织负责。3GPP 于 1998 年 12 月成立,负责 3G 中 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准的制定;3GPP2 于 1999 年 1 月成立,负责 3G 中 CDMA 2000 的制定。在 3G 标准完成后,3GPP 和 3GPP2 也分别开始了 4G 标准的制定工作。IEEE 802.16 工作组是由英特尔、德州仪器等为代表的 IT 公司联合三星、北电等电信厂商发起成立的,目标是开发宽带无线接入标准。该组织率先完成了以正文频分复用和多输入多输出技术为核心的宽带无线城域网标准 802.16d,促使 3GPP 和 3GPP2 中 4G 标准制定项目的快速启动。

3GPP、3GPP2 和 IEEE 802.16 三大移动通信标准化组织都很重视对广播多播机制的支持,从小区广播服务到多媒体广播多播服务,再到演进的广播多播服务,一直在持续提高多媒体业务的传输质量与效率。

### (1) 小区广播服务

通过小区广播服务(cell broadcast services, CBS),可以将简短的消息广播到小区或整个网络的终端上。由于小区广播服务为广播传输方式,不会由于接收用户数的增加而影响网络负载,因此特别适用于在地震、海啸等紧急情况下的消息发送。然而,小区广播服务承载的是短消息等业务,不支持多媒体业务的传输。

### (2) 多媒体广播多播

为在移动通信系统中高效支持多媒体业务的传输,3GPP 在 Release 6 版本中引入了多媒体广播多播业务(multimedia broadcast multicast service, MBMS), 3GPP2 随后也提出广播组播业务(broadcast multicast services, BCMCS), IEEE 802. 16 在 802. 16e 标准中提出了多播广播服务(multicast and broadcast service, MBS)。这些技术都是在无线蜂窝通信系统中增加支持广播多播的能力,均为基于单小区的广播多播,核心思想都是点到多点的传输方式。不同于支持短信广播的 CBS,它们可以支持多媒体广播多播业务,而且减少了同一份数据发送及拷贝的次数,提高了广播多播的传输效率。无论是 MBMS、BCMCS 还是 MBS,分别是在 WCDMA/TD-SCDMA、CDMA2000 和 802. 16e 等 3G 系统中提供广播多播服务的标准,因此可以统称为第三代移动通信系统中的广播多播协议。本书将在第 2 章以 MBMS 为代表,对第三代移动通信系统中的广播多播协议进行详细介绍。

### (3) 增强的广播多播

由于第三代移动通信系统中的广播多播协议采用单小区点到多点的传输方式,为了保证所有用户的正确接收,多播传输速率默认由小区中信道条件最差的用户确定。因此,在很多情况下需要采用最鲁棒的编码方式及很大的发射功率,从而降低了频谱效率,加重了小区边缘的干扰问题。同时,由于各小区独立地对广播多播业务进行调度,造成各小区间传输的节目不同步,终端切换到新小区将出现原接收节目中中断的问题。为解决以上问题,3GPP 和 802. 16 组织在制定第四代移动通信标准时,为广播多播服务引入单频网技术(single frequency network, SFN)。该技术允许多个互相同步的小区在同一频率上发送相同的 MBMS 信号,利用多小区单频网操作可以从根本上提高广播多播业务的传输效率和覆盖性能,称为增强的广播多播技术(3GPP 中的 E-MBMS 和 802. 16 中的 e-MBS)。采用增强的广播多播技术,终端在同一个 SFN 区域内的不同小区间移动时,接收到的节目将保持连续,整个 SFN 区域在接收多媒体广播多播服务的终端看来,就像是一个巨大的小区。关于增强的广播多播技术的更多描述可以阅读本书第 3 章。

## 1.3 移动通信网络中广播多播相关研究计划

### 1. C-MOBILE

C-MOBILE 项目于 2006 年 3 月启动,目标是基于 3GPP MBMS 进行新技术研究,推进标准演进,从而加速移动多媒体广播多播业务的发展。项目组成员包括法国电信、葡萄牙电信、英国和记黄埔等运营商,高通等公司,以及西英格兰大学、瑞士圣加伦大学等研究机构。该项目主要围绕广播多播的空中接口、核心网等技术进行创新,并对移动多媒体广播多播应用和内容管理、商业模式等进行研究,项目输出包括面向 3GPP 的标准提案、技术验证和系统级仿真。具体的技术文档可以从 C-MOBILE 项目的网站(<http://c-mobile.ptinovacao.pt/>)上获取。

### 2. DAIDALOS

Daidalos 项目是欧盟第六框架计划(FP6)中的一个综合项目,项目规模高达 5000 万欧元。Daidalos 项目的目标是完成异构网络的无缝融合,让网络运营商和业务提供者可以快速构建新的应用,让用户可以自由享用个性化的语音、数据、多媒体等业务。其中,该项目的一个重要工作就是完成移动通信网与广播网在网络层及应用层的无缝融合。该项目组由 40 余家来自工业界和学术界的成员组成,包括法国电信、阿尔卡特-朗讯、摩托罗拉、NEC、西门子、意大利电信、葡萄牙电信等。更多技术资料可以从 DAIDALOS 网站(<http://www.ist-daidalos.org/default.htm>)获取。

### 3. 新一代宽带无线移动通信网重大专项

为提高我国无线移动通信领域的综合竞争力和创新能力,推动我国移动通信技术和产业向世界先进水平跨越,我国于 2008 年正式启动了“新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项。其中,“面向 IMT-Advanced 增强多媒体多播技术”是该专项重点支持的项目之一,目标是针对 IMT-Advanced 系统的新型网络架构和无线传输技术,突破蜂窝网络多媒体多播业务的关键技术,实现高频谱效率的无线传输和广域覆盖,对网络负载起到均衡作用,提高系统的总容量和接入速率。该项目的承担单位包括中兴通信股份有限公司、华为技术有限公司、大唐移动通信设备有限公司、中国普天信息产业股份有限公司、中国科学院计算技术研究所、北京邮电大学、清华大学等,于 2013 年完成第一期的新技术研究和验证。

## 1.4 移动多媒体广播多播技术组成

在移动通信网络中,多媒体广播多播技术的研究主要包括无线传输、无线资源