

ROF 在无线宽带移动通信中的应用

余建国,徐 力,郭华志,何 良

(北京北方烽火科技有限公司,北京 100085)

摘要:文章从光载无线通信(ROF)的基本原理出发,提出了 ROF 在未来无线宽带移动通信中的多种应用方式,包括 ROF 技术在多体制无线接入重载中的应用以及 ROF 在无线移动网络中实现基站与光网络节点设备的互联等。总结了 ROF 的技术优势,提出了有待解决的关键技术问题。

关键词:光载无线通信;光网络;宽带移动通信

中图分类号:TN925

文献标志码:A

文章编号:1005-8788(2007)01-0015-03

Application of radio over fiber in wireless broadband mobile communications

Yu Jianguo, Xu li, Guo Huazhi, He Liang

(Beijing Northern FiberHome Technologies Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: This paper starts with an introduction to the basic principle of Radio over Fiber (ROF) and then presents the multiple applications of ROF technology in future wireless broadband mobile communications, including those in wireless access in multiple systems with heavy loads and in interconnections between the base station and the optical network node equipment in wireless mobile networks. Finally it summarizes the technical advantages of RoF and presents the key technical problems to be resolved.

Key words: Radio over Fiber (ROF); optical network; broadband mobile communication

对于未来通信的发展方向,许多专家几乎达成了一个基本的共识:移动宽带化,宽带移动化。B3G、E3G、LTE(长期演进)、WIMAX(全球微波接入互操作性)等组织都提出了在 2009 年前后要用 OFDM(正交频分复用)或 OFDMA(正交频分多址)技术,采用全 IP,IPv6 实现多媒体通信。要把这些美好的梦想变为现实,意味着未来的通信方式必须是具有足够多的带宽,足够的灵活性,足够的 IP 地址。而目前的情况是光纤通信能够提供足够的带宽,但是接入不灵活,现在的无线通信能够提供灵活的接入方式但是带宽有限,存在带宽与灵活性的矛盾。无线电频率资源越来越紧张,从覆盖方面电磁波频率越高,覆盖范围就越小,要完全覆盖就需要更多的基站;从成本上考虑基站设备昂贵,安装、维护、选址的费用高,迫切需要减少基站的数量,这是另一对成本与覆盖的矛盾。再加上目前使用的 IPv4 协议,可供使用的 IP 地址越来越少,而有大量地址资源的 IPv6 还没有大规模使用。以上这些技术各有优缺点,用某种方式将这几种技术的优点结合在一起,扬长避短,将这些相互对立的属性相结合,产生最佳组合的效果,这是我们追求的目标。人们通过长期研究发现 ROF(光载无线通信)恰好是能实现这些功能的技术。

1 ROF 的基本原理

ROF 的基本原理就是通过分布式光纤网络,延长无线信号的传播距离,减少衰减,提高用户速率。理论根据如下:无线信号在自由空间传播的损耗符合下列规律: $L_s = L_{bs} - G_t - G_r$,式中, L_s 为总体损耗值, L_{bs} 为自由空间损耗, G_t 和 G_r 分别为发射和接收天线增益。

$L_{bs} = 32.45 + 20\lg f + 20\lg d$,式中, f 为频率,单位为 MHz, d 为距离,单位为 km。

也即,如果 f 为固定值,则 $L_{bs} \propto d^n, n=2$ 。

在实际环境中, $L_{bs} \propto d^n, n$ 其实要远远的大于 2,通过大量的实验,有一条近似的规律: $d < 15 \text{ km}, n=3 \sim 4; d > 15 \text{ km}, n=5 \sim 6$ 。

通过以上分析可知,信号强度随传播距离按指数规律衰减。信号的传输速率与信噪比的关系如表 1、表 2 所示。表中的 E_b/N_0 代表信噪比。

表 1 3GPP2.5.141 对静态环境的性能指标要求

	数据速率/kbit/s	
	144	384
E_b/N_0 要求块误码率 $< 10^{-1}$	0.8 dB	0.9 dB
E_b/N_0 要求块误码率 $< 10^{-2}$	0.9 dB	1.0 dB

收稿日期:2006-09-22

基金项目:国家“八六三计划”资助项目(2003AA103920)

作者简介:余建国(1966-),男,湖南益阳人,教授级高级工程师,博士,主要研究方向为光纤通信、无线移动通信及其融合的理论与技术。

表 2 3GPP2.5.141 对移动环境的性能指标要求

	数据速率/kbit/s	
	144	384
E_b/N_0 要求块误码率 $< 10^{-1}$	1.2 dB	1.3 dB
E_b/N_0 要求块误码率 $< 10^{-2}$	1.3 dB	1.4 dB

从上表 1、2 可知,信噪比提高 0.1 dB,信号带宽增加近 3 倍。因为传播距离越小,衰减越小,信噪比越大,所以通过缩短无线信号的传播距离可以显著提高用户速率。我们可以增加拉远基站的数量,按图 1 所示的方式缩短无线信号的传播距离。

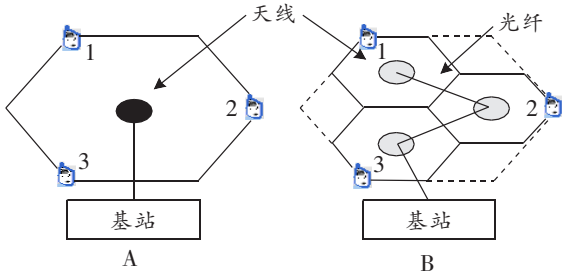


图 1 用缩短无线信号传输距离的方式提高带宽

使用光纤除了可以延长无线信号传播距离,提高信号带宽,使无线频率重复使用以外,还可以开发频率较高的无线频率资源。3.5 GHz 以上的无线信号传播损耗就明显增强,覆盖范围缩小,而高频无线信号使用光纤传输,使高频电磁波由不好用变成了可用,高频率的无线频谱资源就可以开发出来。

2 ROF 的应用

2.1 ROF 技术在多体制无线接入重载中的应用

ROF 技术支持多种无线通信方式的室内接入,将无线通信技术与光纤通信技术结合起来,可充分发挥无线通信的灵活性和光纤通信的宽带和抗干扰性的优势,完成宽带无线接入的多体制重载。实现的原理如图 2 所示。

在没有实现 TD-SCDMA(时分同步码分多址)、WCDMA(宽带码分多址)、CDMA2000(码分

多址 2000)、GSM(全球移动通信系统)和 PHS(个人移动通信系统)多系统重载前,由于 TDD(时分双工)与 FDD(频分双工)在信号传输过程中,上下行同步放大的方式不同,所以必须将 TDD 与 FDD 区别开来。根据 TDD 信号的特点与基站保持同步,实现选时隙同步放大。FDD 信号由于上下行信号频率不同,只需根据频率分别放大,实现相对简单。

实现多系统重载后,由于上下行信号在不同的光路进行放大,因而不存在无线信号的自激与干扰。可以有效地解决因上下行信号复用方式不同而必须采取的不同的同步放大的问题。

光纤通信有很多优点,当然也有缺点,缺点就是成本相对较高。如果用一对光纤仅支持一个用户,则系统成本和施工成本太高,普及应用困难。为了解决这个问题,本文采用多用户重载一对光纤通信线路的技术路线,即在重载多体制无线信号的同时实现多用户的重载,如图 3 所示。

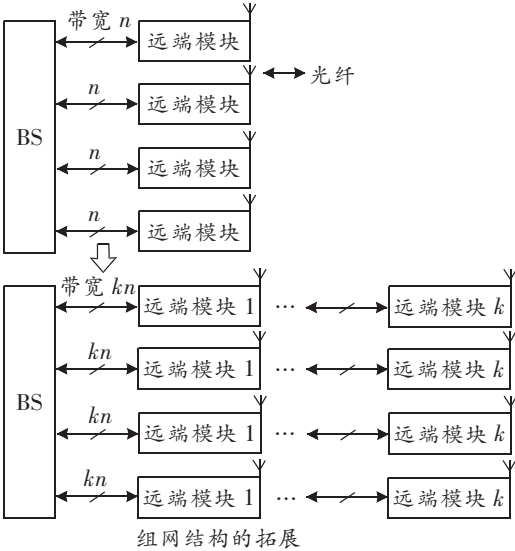


图 3 重载多体制无线信号的同时实现多用户的重载

ROF 技术在移动通信网络中的应用如图 4 所示。由 processing node(处理基站)、micro Cell(微蜂窝)和 RAP(无线接入点)构成 original cell(无线蜂窝网络)。

ROF 技术应用在移动通信网络中,可以减少费用很高的基站数量,增强功能,承担起中心基站的功能,包括编码、复用与解复用、射频发射与接收等。可根据实际需要代之以大量的拉远基站,用光纤将这些拉远基站联接起来,每一个拉远基站使用一对波长,不同的拉远基站通过不同的波

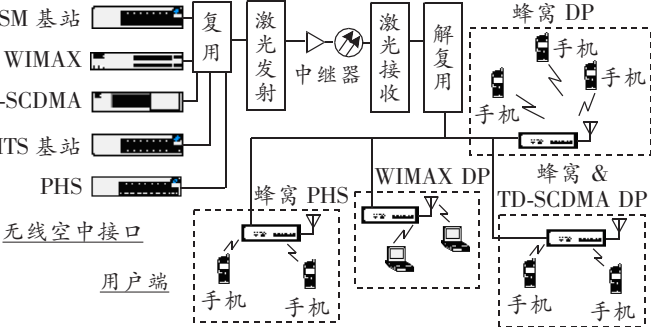


图 2 重载多种无线通信方式的室内接入技术原理

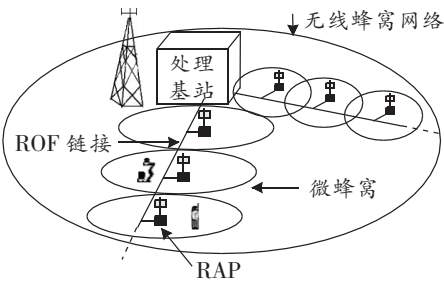


图 4 ROF 技术在移动通信网络中的应用

长用 WDM(波分复用)技术共用一对光纤。

当然也可以用时分复用的方式,用一个光波将各拉远基站联结起来,拉远基站实现起来电路将会复杂一些,但中心基站的收发信机的数量可以大大减少。

2.2 ROF 在无线移动网络与光网络节点设备互联中的应用

如果采用 WDM 的方式,这些拉远基站的功能及模块划分如图 5 所示。拉远基站在结构上分成两个部分,RRU 模块和 RFE 模块,RRU 模块实现系统电源、传输、时钟、控制和收发信机功能。RFE 模块实现功放、低噪放、双工和告警等功能。

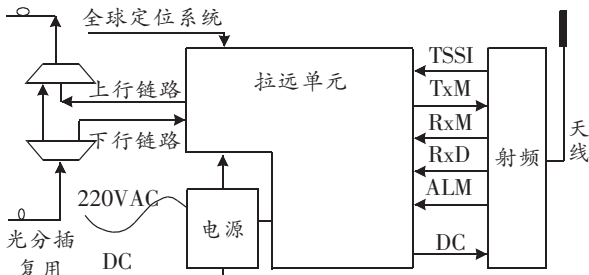
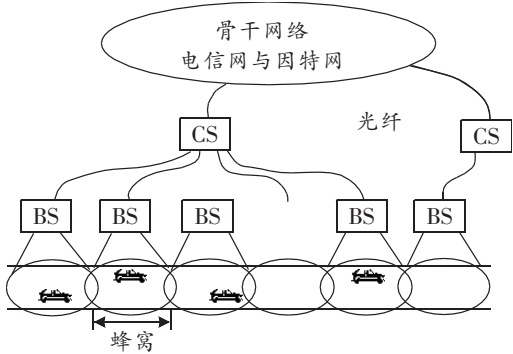


图 5 拉远基站与光分插复用设备的互联

WIMAX 的发展正如火如荼,可是频率问题是制约 WIMAX 发展的“瓶颈”,3.5 GHz 以下的频率已分配完毕,剩下 10 GHz 到 60 GHz 的频率覆盖非常有限,广大的农村、郊区、铁路和公路沿线要实现宽带移动就需要大量的拉远基站,如果都用中心基站,必然使费用迅速提高,运营商没法接受。因此将 ROF 应用在未来使用宽带移动的农村、郊区、铁路和公路沿线,有很大的市场需求。WIMAX 基站下行速率达到 1 Gbit/s,上行达到 100 Mbit/s,在这样高带宽的情况下,密集的基站要能用一种低

成本的简单方式实现与中心站的联接,唯有使用 ROF 技术。最简单的方式就是采用由 OADM(光分插复用)和 OXC(光交叉连接)构成的光网络,只要有光纤的地方通过带有 OADM 的基站联上就可以通过自动交换光网络联到中心基站。并且具有保护倒换功能,任何一段光路出现故障,可以通过迂回路由连接到指定的 CS(控制基站)。公路通信覆盖的逻辑图如图 6 所示。将自动交换光网络与无线通信结合在一起可以节省大量投资,增强网络的稳定性、可扩展性和可靠性。



注: CS:控制基站; BS:基站

图 6 ROF 技术在公路通信中的应用

配上中心控制基站(CBS)后的光网络结构如图 7 所示,在原来光网络结构的基础上,在 OXC 配上 CBS,在 OADM 上配上拉远基站,无线资源的管理、网络管理和计费认证等都由核心网完成。这样一来有光网络的地方就可与无线的宽带基站相联,正好利用所有闲置的光网络,解决了无线信号覆盖困难、带宽受限和光网络缺乏灵活性的问题。

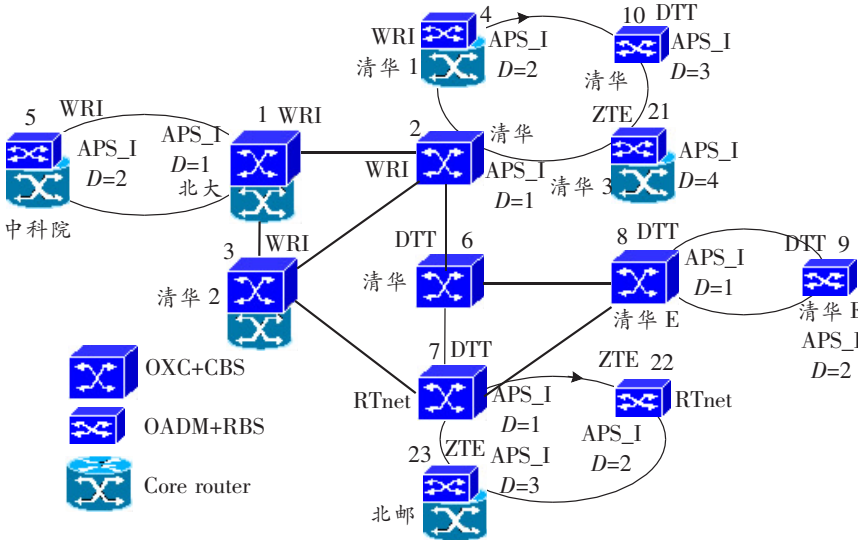


图 7 配上 CBS 后的光网络结构