

一种基于 CPRI 的分布式基站拓扑链路建立方法

葛建清, 张 卫

(华东师范大学 计算机科学技术系, 上海 200241)

摘 要: 分布式基站将基带模块和射频模块分离, CPRI 协议为二者通信提供了一个接口规范。基带模块和拉远射频模块之间链路的建立和维护直接影响无线数字移动通信的质量和容量。基于 CPRI 协议提出了一个链环拓扑链路的建立方法。该方法利用光口的周期扫描以及主-主端口冲突特性获得链路的跳数来建立拓扑链路, 并在基带模块的主控单元里保存到每一个拉远射频单元的路由表。该方法在链路中断时能及时地切换链路保证正常的通信, 提高了链路的可靠性。

关键词: CPRI; 分布式基站; 光口扫描; 拓扑链路

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)02-0056-04

An Approach to Setting up Links for Distributed Base Station Based on CPRI Specification

GE Jian-qing, ZHANG Wei

(Department of Computer Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: The CPRI specification provides a standard transmission interface between RF module and base-band module separated in the application of distributed base station. The quality and capacity of the wireless communication depends on the links between RF module and base-band module. Put forward an approach to setting up links based on CPRI specification. By means of periodic port scan and the character of master-master port collision, the number of the hop can be obtained to set up links. In the main processing part of the base-band module there preserves the routing table reaching to every RF module. It is able to switch to other links while the connection breaks up, which improves the reliability of the links.

Key words: CPRI; distributed base station; port scan; link

0 引言

传统的基站设备大部分是室内宏蜂窝基站, 主要由传输子系统、基带子系统、射频子系统、馈线子系统、电源子系统和湿度控制子系统等几部分构成, 因此体积和重量都比较大。随着对基站的通信容量以及通信质量的要求与日俱增, 经常需要在通信盲区添加基站来提高基站信号的覆盖度。宏基站巨大的体积和重量成为安装的一个重要的问题。分布式基站提供了新的解决方案, 它将基站的几个模块按照需要灵活的组合, 使基站在性能不断提升的同时体积与重量也进一步减小。分布式基站实现的关键技术是射频拉远技术。所谓的射频拉远技术是将传统基站中的基带子系统与射频子系统分离, 将射频拉远单元(Radio Remote Unit, RRU) 安装在天线端, 通过光纤连接到宏基站或独立

的基带单元。射频与基带分离, 基带模块可以做成机顶盒大小安置在电梯间、楼道等狭小的空间, 从而使得基站的利用率大大提高, 基站在容量分配和扩容上更加灵活。在不同基站或管理模块之间可以采用光纤进一步组网, 对整个网络的性能又是一个极大地提升^[1]。此外, 随着适合安装在室内的微基站、微微基站技术的发展, 基带处理单元和射频处理单元集成在一块处理单板上, 分布式的趋势进一步体现出来。

1 CPRI 协议

分布式基站将射频模块和基带模块分离, 不同厂家的射频和基带处理设备接口常常不一致, 以至于通信无法正常进行。为了兼容不同厂家的射频模块与基带模块, 具有光接口的开放式接口规范协议 CPRI 为二者的通信提供了一个标准。

1.1 协议简介

通用公众无线电接口协议(The Common Public Radio Interface, CPRI)是在 2003 年 6 月由华为、爱立

收稿日期: 2009-05-16; 修回日期: 2009-08-13

作者简介: 葛建清(1985-), 女, 江西新余人, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络与通信; 张 卫, 教授, 研究方向为网络组播协议、无线传感网、网络安全。

信、NEC、西门子和北电发起制定的标准。该协议定义了无线基站内部无线设备控制中心(Radio equipment control, REC)和无线设备(Radio equipment, RE)之间物理层和数据链路层的主要接口规范,能实现数字基带 I/Q 信号的传输复用,通过以太网可以对其进行方便的管理^[2,3]。

CPRI 的物理层可以使用电缆传输,也可以用光纤进行传输,因其支持 10 Gbit 以太网,因而以光纤传输为主。主要传输的数据包括用户平台数据、控制管理数据和同步数据。目前 CPRI 支持 3 种传输速率: 614.4 Mbit/s, 1228.8 Mbit/s 和 2457.6 Mbit/s。CPRI 标准建议采用 8B/10B 线路编码,并通过对数据字节和控制字节的区分编码,使解码时的同步更为简单。CPRI 物理层没有提供前向纠错设计,故比特传输错误检测能力较弱,它的错误检测、线路失败检测主要通过物理层控制位以及控制字节的检测来实现。

CPRI 的链路层定义了一个同步的帧结构。帧结构中最重要概念是基本帧和超帧。基本帧的频率是 3.84 MHz,每个基本帧包含 16 个时隙,根据线路速率的不同,时隙的大小分别是 1B, 2B, 4B。该规范提供了通用的映射机制来实现所需采样宽度,上行链路数据宽度在 4b~10b 间可选,下行链路数据宽度在 8b~20b 间可选^[4,5]。

1.2 拓扑结构现状分析

在分布式基站的应用中,REC 主要是基站的基带处理单元(BBU),RE 一般情况是射频拉远单元(RRU)。RRU 实现基带信号与无线 Uu 口的射频信号的转换。射频信号在 RRU 处经过滤波、调制、频率转换和功率放大、数字中频处理,被转换成中频信号传输给 BBU^[6]。BBU 再将中频信号进行基带处理传输给宏基站。BBU 里有多块基带处理板,每块基带处理板上有三到四个光口与 RRU 相连。RRU 有二个光口,一个光口连接到 BBU,另一个光口级联其它的 RRU^[7,8]。因此,在分布式基站的应用中 REC 与 RE 可以构成链状、星状以及环状结构^[2]。REC 的主控单元对整个 REC 与 RE 的拓扑架构和链路路由进行管理。

现有的论文主要是对 CPRI 协议的介绍,如参考文献^[2,3],或是针对协议具体实现技术的一些讨论,如参考文献^[4,5],或是针对基站的硬件单元,如何把 CPRI 协议集成到 FPGA 里,如参考文献^[7,8],而对于 REC 与 RE 之间拓扑结构可靠性的研究很少。拓扑结构的可靠性很重要的一点体现在当二个通信对端之间的链路断路或通信设备出现故障时,网络提供的服务不间断。CPRI 协议也没有对 RE 组网拓扑结构的可

靠性加以研究。对于链状和星状的拓扑结构,如果当中有一条光纤链路断路了,将中断后面所有与该 RE 相连的天馈单元的通信,引起相应用户通信的中断。而对于链环结构,当其中一条链路断了,反而会变成二条通路。如果提供一种有效的建链方法切换到另一条可用的链路连接到 RE,则不会影响到正常的通信,链路的可靠性得以提高。这也是论文要讨论的重点。链路的可靠性的另一点体现在误码、信号不佳导致的信号质量劣化,由于论文主要考虑的是拓扑结构建链,所以对于误码率等因素造成链路不可靠暂不加以讨论。

2 链环拓扑结构建链方法

在 CPRI 链环拓扑结构中,RE 与 REC 组成环状,每一个 RE 都有二条通路能够到达。基于此结构建立有效的链路,正常通信情况下选择一条链路进行通信。当链路中断时选择另一条旁路,通信就不会中断。在这种“自愈”能力的保障下,可以大大提高链路的可靠性。

2.1 拓扑链路建立方法

REC 的光口都是主端口。RE 的二个光口在下电的情况下都是从端口。上电时,RE 与 REC 直接或间接相连的光口为从端口,另一个光口为主端口。RE 通过从端口接收 REC 发出的光信息,并从主端口发出光信息。当二个 RE 的主端口相连时,二者发出的光信息将发生冲突,导致 RE 在该端口上收不到有效的信号。虽然实际上有链路将二者相连,RE 会把这个端口的链路当成是断开状态,这就是“主端口-主端口”冲突问题。

REC 的主控单元周期性地地下发光口扫描信息来获取与相应光口相连的 RE 的个数。REC 光口下发的扫描信息跳数初始化为 0。RE 从从端口中接收 REC 下发的光口扫描信息,并将扫描信息中的跳数加 1,然后从主端口发出。当 RE 的主端口在规定的时间内收不到有效的光信息,便认为没有与其相连的 RE,于是将最终的跳数结果从其从端口透传反馈给 REC,即从最末端 RE 发回的扫描结果经过中间的 RE 时不会再把跳数加 1,而是把报文直接传给 REC。

要把报文正确地传送到目的地址,需要建立好到每一个 RE 正确的路由,也就需要给每个 RE 的链路编号。RE 的链路号由其直接或间接相连的 REC 的光口的起始编号和从该 RE 到 REC 的跳数共同决定。经过 REC 周期的光口扫描过程,RE 可以得知其处在到 REC 的第几跳。一个 RE 的链路号等于 REC 的光口起始编号加上其到 REC 光口的跳数。例如假设光口 2 的起始编号为 10,则与该光口相连的第一个 RE 为从

该光口出发的第一跳,其链路号为 11;与该光口相连的第二个 RE 为第二跳链路号为 12,表示从光口 2 出发的第二跳,以此类推。这里就存在一个问题,假设从光口 1 建立的链路号的起始编号为 0,对于链路号 12,可以有二种解析:从光口 1 出发的第 12 跳和从光口 2 出发的第 2 跳。为了避免不同光口上建立的链路号重叠,不同光口的编号之间的差值至少是每个光口所能连接的最多的 RE 个数,这样 REC 才能保证正确地解析这个链路号。假设一个光口最多级联 10 个 RE,则 REC 能正确地解析链路号 12 为第 2 个光口的第二跳,而不是第 1 个光口里出来的第 12 跳。

2.2 拓扑链路的建立实例

以图 1 为例讨论具体的路由的建立方法。如图 1 所示的拓扑结构,一共配置了四个 RE, RE1, RE2, RE3, RE4。假设每个光口最多级联 10 个 RE,则从光口 1 建立的链路起始编号为 0,从光口 2 建立的链路起始编号为 10。REC 对光口 1 和光口 2 同时进行光口扫描。当光信息到达 RE1, RE1 从左端口收到了光信息,左端口被置为从端口而 RE1 的右端口即为主端口。RE1 将 HOP 数加 1,从主端口里发出。同理,从光口 2 发出的 HOP 为 0 跳的扫描信息到达 RE4, RE4 将左端口置为从端口并将 HOP 加 1 从 RE4 的主端口发出。RE2 左端口收到 HOP 为 1 的扫描信息后将 HOP 加上 1 从右边的主端口发送出去。同时, RE3 也将在左端口里收到的从 RE4 的主端口里发出的 HOP 为 1 的扫描信息加上 1 从主端口发出。由于主端口-主端口(M-M)问题, RE2 主端口的光信息与 RE3 主端口发出的光信息冲突。由于冲突导致 RE2 和 RE3 在一定的时间内在该端口收不到有效的光信息,于是 RE2 与 RE3 都认为再没有相连的 RE,便向从端口发送最终的扫描结果,即它自身的 HOP 数。RE2 把 HOP 为 2 的信息从从端口发出, RE1 收到后再向它的从端口发送 HOP 为 2 的扫描结果。REC 从光口 1 上收到 HOP 为 2 的信息得知从光口 1 上连出去的 RE 有二个。同理, RE4 发出的 HOP 为 2 的扫描结果也到达光口 2, REC 也知道从光口 2 连出去的 RE 也是 2 个。现在可以给每个 RE 建立链路:到 RE1 的链路号为光口 1 的链路基数 0 加上 RE1 的 HOP 数 1,即是 $0 + 1 = 1$;到 RE2 的链路号为 $0 + 2 = 2$;到 RE3 的链路号为光口 2 的链路基数 10 加上 HOP 数 2 即为 $10 + 2 = 12$;到 RE4 的链路号为光口 2 的链路基数 10 加上 HOP 数 1,即为 $10 + 1 = 11$ 。现在 REC 的主控单元里共有四条链路记录, RE1:链路 1; RE2:链路 2; RE3:链路 12; RE4:链路 11(见表 1)。

REC 将从核心网传送过来的下行数据通过基带

处理后转换成光电信号, REC 查找其主控单元里的路由表,把数据发到相应的光口,报文经过相应的跳数路由到目的 RE, RE 再把数据进行数字中频处理转换成射频信号发向天线系统,通过天线发射射频信号到用户的终端。上行的数据从 RE 的从端口发向 REC, REC 对信号再进行光电转换后,对数据进行基带处理并发往核心网。

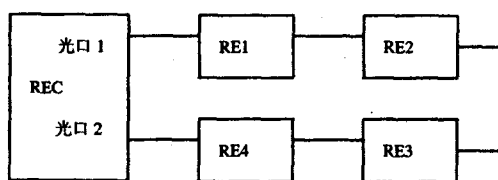


图 1 拓扑结构图

表 1 REC 的路由表

RE ID	光口号	HOP 数
RE1	1	1
RE2	1	2
RE3	2	2
RE4	2	1

考虑以下这种情况: RE3 与 RE4 之间的距离非常远。当从 RE2 右边的主端口下发的 HOP 来 2 的扫描信息到达 RE3 右边的端口时,从 RE4 右边的主端口下发的 HOP 为 1 的扫描信息还没有到 RE3,则 RE3 会将右边的端口置为从端口并将 HOP 为 3 的扫描信息从左边的主端口发出。这时该光信息会与 RE4 发出的扫描信息冲突,“M-M”冲突不再发生在 RE2 与 RE3 之间而是在 RE3 与 RE4 之间。这种情况下建立的链路号为 RE1:链路 1; RE2:链路 2; RE3:链路 3; RE4:链路 11。

3 建链方法的拓扑可靠性

上文提到过拓扑链路的可靠性之一体现在网络链路中断或通信设备故障时通信能正常进行,也就是需要能够及时发现一条“旁路”来保证。下面看看采用这种建链方式在链路断开的情况下如何自动进行倒换。以图 1 的拓扑架构,以第一种情况讨论。二条通信链路仿佛在图中的“M-M”处断开,一条链路从光口 1 到达 RE1 和 RE2,另一条链路从光口 2 到达 RE3 和 RE4,链路正常并就能达到稳定。REC 在光口 1 和光口 2 进行周期性 HOP 扫描,得到的结果始终和前面扫描的信息一样,二边的 HOP 数都是 2。

如图 2 所示,当 RE1 与 RE2 之间的链路断开, RE2 不能再从左边的从端口得到数据。同时,由于“M-M”冲突, RE2 也不能从右边的主端口得到数据, RE2 成了通信盲点。由于在一定时间内收不到有效的

光信息, RE2 二个光口都下电转换成从端口。在下一个周期的 REC 光口扫描中, RE1 将光口 1 下发的 HOP 数加 1 再从它的主端口发出。由于 RE1 到 RE2 的链路断开了, RE1 收不到有效信息, 就将 HOP 为 1 的扫描结果回送到光口 1。光口 1 知道了现在连在这个光口上可达的 RE 只有 RE1 了。光口 2 下发的扫描信息到达 RE4 后, RE4 将再将 HOP 为 1 的扫描信息发送出去。RE3 收到扫描信息后再将 HOP 数加 1 发送出去。由于 RE2 的二个端口均为从端口, 可以接收到 RE3 发送的光信息。RE2 获取到了 HOP 为 2 的信息将左端口置为主端口并把 HOP 为 3 的信息从主端口发送出去。同样由于断路 RE2 在主端口收不到有效信息, 便向 REC 发送 HOP 为 3 扫描结果报告。REC 在光口 2 上获得 HOP 为 3 的信息后建立链路。到达 RE2 的链路从光口 1 的第二跳变成了光口 2 的第三跳。经过链环倒换后 REC 的主控单元的链路信息是 RE1: 链路 1; RE2: 链路 13; RE3: 链路 12; RE4: 链路 11。RE2 同样连上了一个 REC 从而能够正常的通信(见表 2)。

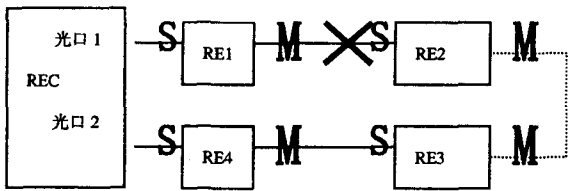


图 2 拓扑链路状态图(注:M:主端口,S:从端口)

表 2 倒换后的路由表

RE ID	光口号	HOP 数
RE1	1	1
RE2	2	3
RE3	2	2
RE4	2	1

(上接第 55 页)

理, 满足日益变化的业务处理需求。

参考文献:

[1] 国家信息化领导小组. 国家电子政务总体框架(国信[2006]2号)[S]. 北京, 2006.
 [2] 谢力民. 顶层设计——电子政务向纵深发展的标志[EB/OL]. 2004 - 12. <http://it.sohu.com/20041217/n223538010.shtml>.
 [3] Sandhu R, Coyne E, Feinstein H, et al. Role - Based Access Control Models[J]. IEEE Computer, 1996, 29(2): 38 - 47.
 [4] Ferraiolo D F, Sandhu R, Gavrila S, et al. Proposed NIST Standard for Role - Based Access Control[J]. ACM Transac-

4 结束语

文中针对 CPRI 的拓扑结构, 基于光口上的“主端口 - 主端口”冲突特性, 提出了一个链环拓扑结构有效的建链方法。此方法可以在断链的情况下自动的进行链路倒换, 这种“自愈”能力对于 CPRI 拓扑结构的链路的可靠性有一定的研究价值。由于链环中总会存在一个“M-M”点, 整个环相当于在这个点上分成两条链路。“M-M”点的位置是在竞争过程中形成的, 上电后不确定。CPRI 状态的控制由 FPGA 执行, 完全不受软件的控制。如果物理上实际的组网与预期的配置不一致, 由于环的“M-M”点的不确定性, 当发生链环倒换时, 会导致一个 RE 的 ID 在不同情况下对应的物理设备不同。对于此问题, 具体有效的方法还有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 乐黎黎, 孟利民. TD2SCDMA 分布式基站射频拉远模块的研究和设计[J]. 浙江工业大学学报, 2008, 36: 166 - 168.
 [2] Ericsson A B, Huawei Technologies Co., Ltd, Nec Corporation, et al. CPRI Specification V4. 0[EB/OL]. 2008 - 06 - 30. http://www.cpri.info/downloads/CPRI_v_4_0_2008-06-30.pdf.
 [3] 胡鹏程, 戎蒙恬. 模块化的 3G/4G 基站传输接口 - CPRI 及其特征与使用[J]. 黑龙江科技信息, 2007, 23: 64 - 65.
 [4] 钟显成, 王宏伟. CPRI 协议分析仪的硬件开发与实现[J]. 世界电子元器件, 2007(6): 54 - 56.
 [5] 王彦, 倪琰. 3G 数字基站射频拉远 CPRI 规范的实现[J]. 移动通信, 2007(21): 107 - 109.
 [6] 梁延峰. RRU 基本原理及应用分析[J]. 电信工程技术与标准化, 2007(3): 51 - 55.
 [7] 陈岳林, 石江宏. 数字直放站中 CPRI 协议的 FPGA 实现[J]. 现代电子技术, 2009(4): 31 - 34.
 [8] 罗健强. 基于 CPRI 标准的 WCDMA NodeB 射频光纤拉远接口 FPGA 设计[D]. 成都: 西南交通大学, 2006.

tions on Information and System Security, 2001, 4(3): 224 - 274.

[5] Ahn G J, Sandhu R S. Role - Based Authorization Constraints Specification[J]. ACM Trans on Information and System Security, 2000, 3(4): 207 - 226.
 [6] 蒋海琴, 闫国年, 蒋文明, 等. 房产管理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
 [7] 吉同路. 政府资源计划(GRP)初探[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(sup): 132 - 136.
 [8] 周龙骧. 数据库管理系统实现技术[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.