

IPRAN网络下5G时间同步优化方案研究

Research on 5G Time Synchronization Optimization Scheme in IPRAN

柳军¹,刘述岩¹,何南²(1. 中国电信大连分公司,辽宁大连116011;2. 大连海洋大学,辽宁大连116023)
Liu Jun¹,Liu Shuyan¹,He Nan²(1. China Telecom Dalian Branch,Dalian 116011,China;2. Dalian Ocean University,Dalian 116023,China)

摘要:

针对5G基站采用GPS同步方式时成本高、安全性低等问题,提出一系列的解决方案。首先,用双模模块解决卫星授时的安全性问题。其次,采用有源功率分配和无源功率分配方案解决卫星天线安装受限问题,并降低建设成本。在无法安装卫星天线的情况下,采用1588v2技术在IPRAN接入环内部署主从时钟源。该方案可以满足100 ns的同步精度需求,并且可以大幅度降低5G时间同步的部署成本,对5G时间同步技术的优化和部署有一定的借鉴作用。

关键词:

IPRAN;5G;时间同步;优化;光纤授时方式
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.01.013
文章编号:1007-3043(2024)01-0061-05
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It proposes a series of solutions to the high cost and low security issues of using GPS synchronization for 5G base stations. Firstly, it uses dual-mode modules to solve the security issues of satellite timing. Then, it adopts active power distribution and passive power distribution solutions to solve the problem of limited installation of satellite antennas and reduces construction costs. When satellite antennas cannot be installed, 1588v2 technology is used to deploy master slave clock sources within the IPRAN ring. The scheme can achieve synchronization accuracy of 100 ns and significantly reduce the deployment cost of 5G time synchronization. It has a certain reference value for the optimization and deployment of 5G time synchronization technology.

Keywords:

IPRAN;5G;Time synchronization;Optimization;Optical fiber time service mode

引用格式:柳军,刘述岩,何南. IPRAN网络下5G时间同步优化方案研究[J]. 邮电设计技术,2024(1):61-65.

0 引言

5G的三大技术特点可以概括为“高低多”：“高”速率、“低”时延、“多”连接,即在速率、时延、同时连接设备数方面全面超越4G。根据ITU对IMT2020愿景的描述,对比4G技术,5G技术速率提升了100倍,最大连接数提升了10倍,而时延降低到4G的十分之一。

相应地,相比4G技术,5G技术对于同步的需求是不是也更高了呢?针对这个问题,通信行业内也存在着一些分歧,有的观点认为5G同步要求应该同4G是一个量级的,但是也有观点认为5G的传输同步技术应该高于4G^[1]。对此,本文在5G同步需求分析的基础上,结合中国电信现有的承载网络情况,分析了几种时间同步方式的技术特点,然后在考虑成本和精度要求的前提下,给出了中国电信的5G时间同步的优化解决方案,并对后续时间同步网络的演进方向做出了展

收稿日期:2023-12-11

望。

1 5G对同步的要求

1.1 同步技术的重要性

时间同步要调控时钟的频率和相位,同时将时钟的相位值以数值表示^[2]。在许多情况下,电信网络的正常稳定运行和重要的网络服务,都需要准确、可靠的同步支撑。同步不准可能导致诸多问题,如切换失败、呼叫中断或者掉话;数据丢包和用户数据速率下降;频谱效率低下;小区边缘性能劣化和网络容量下降等。

1.2 4G网络的同步要求

在中国各个运营商的4G网络中,频分复用(Frequency Division Duplex, FDD)占主流,中国电信和中国联通主要采用此网络制式,它只需要频率同步;而时分复用(Time Division Duplex, TDD)需要时间同步,是中国移动主要采用的网络制式。这2种制式对于同步的具体要求如表1所示。

表1 4G的同步要求

4G网络业务类型	同步要求
FDD基础业务	± 0.05 ppm(频率同步)
TDD基础业务	$< \pm 1.5$ μ s(时间同步)
CoMP/CA业务	$< \pm 1.5$ μ s(时间同步)

注:① ppm为每分钟脉冲数。

② CoMP/CA为协作多点传输技术/载波聚合。

1.3 5G网络的同步要求

5G同步在时间同步方面的要求更加严格^[3]。3GPP将5G时间同步需求界定为基本业务需求、协同业务需求和增强业务需求。5G基本业务同步需求与4G相当,时间同步要求小于 1.5 μ s;5G基站之间的协同技术主要包括多点协调、载波聚合等,对时间偏差提出了 130 ns的时间同步要求;在5G网络支撑的多种增强业务中,典型业务是基站定位服务,其定位精度与时间同步精度直接相关。例如,要实现米级的定位精度,要求基站间的空口信号同步偏差为 ± 3 ns^[4]。5G技术对同步的要求如表2所示。

对比表1和表2可以看到,在基础业务方面,5G和4G的时间同步需求基本相同;而在协同业务和增强业务方面,5G提出了更高的同步要求。所以在5G选用同步技术时,一方面要考虑该技术是否能够满足5G发展初期基础业务和协同业务的精度要求,另一方面要

表2 5G的同步要求

5G网络业务类型	同步要求
5G基础业务	$< \pm 1.5$ μ s(时间同步)
协同特性(sub-6G)	$< \pm 130$ ns量级(时间同步)
定位服务(米级)	$< \pm 3$ ns(时间同步)

注:sub-6G是指5G频段,为工作频率在 $450\sim 6\ 000$ MHz的6G以下的频段

考虑该技术的扩展性,未来是否可以平滑升级到更高的精度,满足增强业务的同步需要。

2 决定5G同步网技术的2个重要因素

在研究5G同步技术方案前,需要了解当前运营商采用的承载网方式和未来5G基站数量的发展。这是决定5G同步技术优化方案的2个重要的因素:承载网方式决定了可以采用的时间同步技术,而基站数量直接决定了同步技术的成本。

2.1 现有的承载网情况

本文主要考虑中国电信的承载网方式。中国电信现在的传输承载网是基于IP技术的IP无线接入网(IP Radio Access Network, IP-RAN)网络,它主要采用边界路由器设备(Edge Router, ER)、汇聚层设备(B设备)、接入层设备(A设备)来进行组网,承载4G及3G业务、政企业务。A设备采用裸纤或城域波分接入B设备^[5]。IP-RAN网络拓扑图如图1所示。

IP-RAN承载网支持1588v2同步技术,所以IP-RAN承载网的引入,给了除全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)时间同步技术之外其他同步传输技术实现的可能。

2.2 基站数量的发展预测

从第1.2节和第1.3节中可以看出,在基础业务方面,5G技术和4G技术对时间同步的要求基本相同,只是5G协同业务和增强业务的要求更高些;此外,基站的数量也是5G同步设计需要考虑的一个重要因素,因为这直接决定了建设成本。

以某市为例,该市3G时代一共建设了1.5万个基站,4G时代一共有2.6万个基站,那么在5G时代需要建设多少个基站呢?

为了实现网络的高速率,相应的信道带宽需要更宽,而目前只有更高的频段拥有更宽的频谱资源。从2G技术到5G技术,频率不断上升,波长越来越短,而波长越短,绕过障碍物的能力就越差。4G时代 1 km

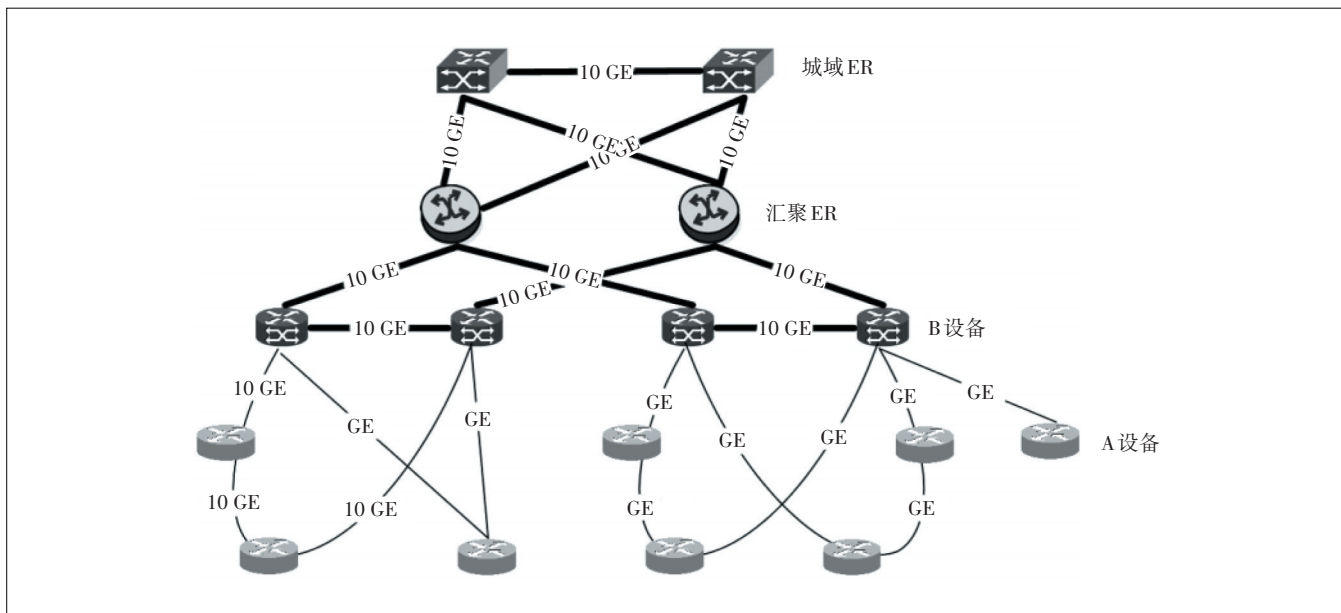


图1 IPRAN网络拓扑图

左右范围1个基站,若5G要达到4G的覆盖规模,至少需要4倍左右的基站数量,据此预测像该市规模的城市需要建设10万个基站,全国5G基站数量至少在千万级别。

在考虑同步技术时必须考虑基站数量的因素。如果每个基站都采取全球定位系统(Global Positioning System, GPS)模块,以上述预测的基站数量,成本必然大幅提高。IPRAN承载网支持的1588v2同步技术给5G同步技术提供了新的可能。

3 现有可以采用的时钟同步技术

中国电信现有4G网络的同步技术是GPS卫星同步技术,其同步精度可以达到100 ns;此外,出于成本考虑,还可以采用IPRAN网络支持的1588v2技术,其精度同样可以达到100 ns。这2种技术从精度考虑都可以满足5G基本业务和协同业务的要求。

3.1 GPS方案

目前,在4G系统中,通常是在基站上安装GPS模块来获得时间的同步,但是该同步方案存在以下问题。

a) GPS天线要180°对着空中,不能有遮挡;馈线也不能弯折过大。在城市密集的楼宇环境下,难以选址,难以施工。

b) 由于基站只能从GPS获取同步,如果GPS授时精度降低,将导致基站无法获取同步信号,无法正常

工作。

c) 基站失去同步后就无法工作,会干扰整个网络的正常运行,给设备维护工作带来很多困扰。

以上问题是5G同步技术需要考虑的。

3.2 IEEE 1588v2时钟技术

IPRAN承载网支持的1588v2时间同步技术,其精度可以达到100 ns,与GPS方案基本相当,成本却可以大大降低。

1588v2提供了单播和多播2种工作模式,在实际方案中可以根据IPRAN网内各设备对高精度时间同步协议(Precision Time Protocol, PTP)的支持情况,选择合适的工作模式^[6]。

4 IPRAN下的5G时间同步优化方案

中国电信的5G网络的同步方案,一方面继续采用卫星同步技术,但是根据前面提到的3个问题做了2个改造:采用GPS/北斗双模模块,增加了安全性;在基带处理单元(Base Band Unit, BBU)池场景下用无源功率分配或者有源功率分配的方式降低成本,而BBU池场景是5G网络中大量采用的场景。

另一方面,由于IPRAN承载网的引入,还可以采用1588v2方案,这在基站数量巨大、GPS安装不便的情况下,是一种特别优越的方案。

所以,中国电信的同步方案可根据不同的场景采取不同的策略。

4.1 5G新建BBU站点场景

近年来运营商的移动通信网络受GPS干扰的情况时有发生,而目前我国北斗卫星系统逐步完善,已稳定运行^[7]。2020年北斗三号正式上线,这标志着我国自主导航系统已经成熟,并可以大规模商用。

采用GPS/北斗双模模块可以解决单独采用GPS模块不稳定和不安全的问题,5G新建BBU站点就可采用此模式。

但是,考虑到5G巨大的基站数量,每个基站都安装GPS/北斗双模模块成本很高。所以,对于BBU集中区域,可以根据情况安装单个或者2个GPS模块。

4.2 BBU集中区域可以安装卫星天线场景

5G无线网以BBU集中设置、有源天线单元(Active Antenna Unit, AAU)/射频拉远单元(Remote Radio Unit, RRU)拉远为主要建站模式,将大规模进行BBU集中设置,即BBU池。根据某省5G规划分析,平均每BBU机房需设置20多台BBU,有的机房将多达80台BBU,导致单个综合机房的GPS/北斗授时天线数量激增^[8]。基站GPS授时同步方式带来“天线森林”、大量占用楼间管弄资源等新问题^[9],易出现卫星天线无处安装、馈线布放困难等问题,而分路系统可以作为BBU的卫星定位系统授时信号接入信源。分路系统只需要建设2路卫星定位系统就可以实现卫星定位系统信号资源共享^[10],根据BBU的数量可采取2种模式。

a) 无源功率分配器模式。将1路GPS信号的功率分为多路,GPS功率分配器前设置GPS避雷器防止雷击,结构如图2所示。

b) 有源功率分配模式。无源功率分配器模式在功率分配超过7路后,信号衰减严重,此时可以使用有源功率分配模式,将信号放大后使用。其中主机单元有信号放大功能,有30 dB信号增益,馈线布放距离可以更远,结构如图3所示。

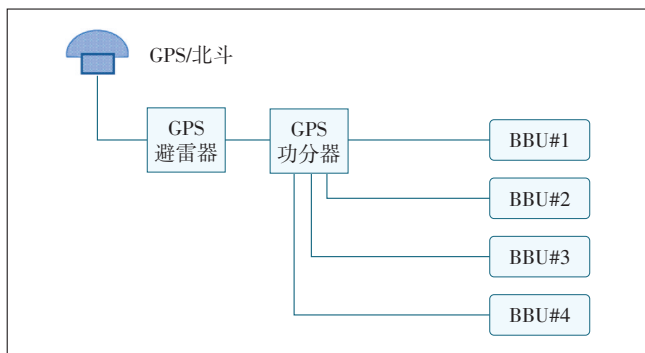


图2 无源功分结构

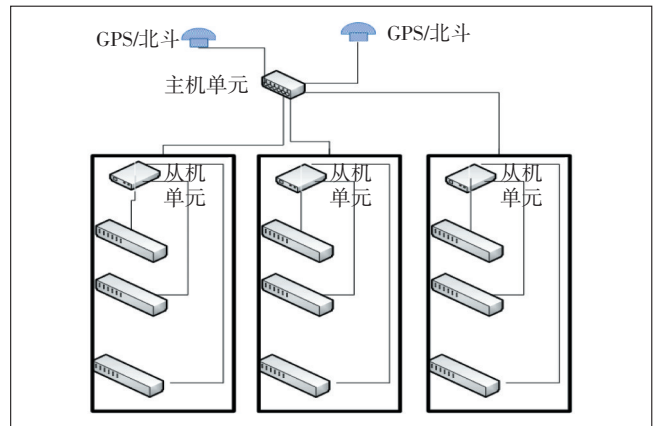


图3 有源功分结构

无论是无源功率分配方式还是有源功率分配方式,在实际工程中,当需要更远传输距离的时候,可以选择尺寸更大的馈线来实现,如1/2寸、7/8寸规格的馈线,当然尺寸更大的馈线成本更高。

该方案满负荷配置是双路(一主一备)输入、8路从机输出,每个从机的负荷能力是8路BBU,一共支持64个BBU。

4.3 BBU集中区域无条件布放卫星天线或馈线场景

在BBU机房内无条件布放卫星定位系统馈线或者无法安装卫星定位系统天线的情况下,可以在同一接入环内,选取可以安装卫星定位系统的2个站点,设置主、从2个卫星定位系统时钟源,然后通过IP-RAN承载网采用1588v2协议给环内其他站点的BBU提供时间同步。这就解决了5G网络复杂部署场景的同步问题,同时可以大幅降低建设成本和部署时间。另外,在使用GPS/北斗双模模块的情况下,还可实现天地互备,避免完全依赖卫星授时带来的安全隐患,进一步提升5G应用的安全可靠性^[11],实现的网络结构如图4所示。

本方案是在一个本地网的接入环中配置时间源,而不是在一个本地网中设置时间源,这主要是因为时间源到基站不能超过20跳,如果超过20跳,时间精度就会劣化。此外,目前卫星时间源有简化方案,可大幅降低卫星时间源部署成本,所以将卫星时间源部署在接入环,靠近基站,授时精度更高。

该方案对于卫星同步信号故障以及同步信号传输过程中网络设备的故障进行了综合考虑,主要考虑的故障情况及保护措施如下。

a) 主用卫星同步信号故障。当主用卫星同步信号出现故障时,其直接连接的A设备的优先级为0的

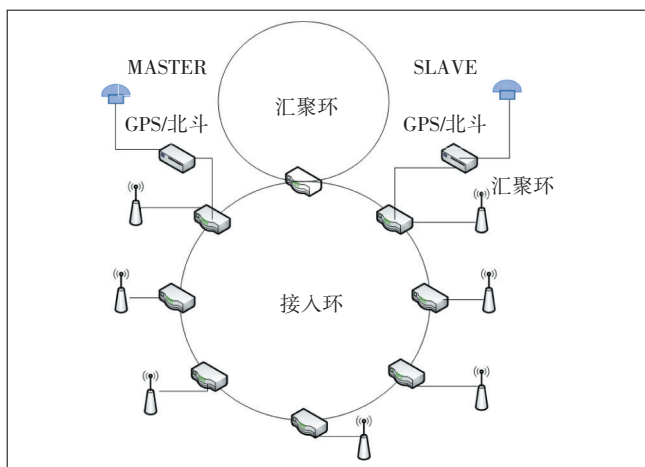


图4 1588v2方式结构

同步源失效,此时整个环路上的同步时钟源切换为备用的卫星同步信号,整个环路的设备都跟踪此同步信号。

b) 主用卫星同步信号直连A设备故障。当这种情况发生时,切换方案和主用卫星同步信号故障时的切换方式一样,整个环路会跟踪备用卫星同步信号。

c) 备用卫星同步信号或者其直连A设备故障。当这种情况发生时,主用卫星同步信号直连A设备的外部同步时间源没有变化,不会触发整个环路的外部时间源的切换。

d) 中间节点出现故障。当环路上的中间节点出现故障时,会启用环路保护路由,但是由于主用卫星同步信号和直连A设备都正常工作,整个环路仍然同步于主用卫星同步信号。

在现网中已经搭建了以上3种方案的测试环境,经测试可以满足100 ns的同步精度,并且可以预测在大规模使用后能够大幅度降低同步部署的成本。

5 结束语

综上所述,GPS/北斗双模、功率分配器和1588v2同步技术在不同场景下的组合,可在满足成本要求的同时,其精度达到100 ns,能够满足5G发展初期的基础业务和协同特性的需求。但是,5G网络未来还可以承载一些增强业务,如无人驾驶等,这些业务就需要同步精度在10 ns以内,可以在这些组合的基础上做进一步的优化工作。

a) GNSS共视方式和光纤授时方式。在进行溯源测试时,对照我国国家授时中心的协调世界时(UTC),中国科学院的GNSS共视方式和光纤授时方式的时差

控制准确度小于10 ns,实验证明这是一种成本低、溯源和测试精度都满足要求的可行方式^[12]。

b) 增强同步传送技术。目前支持1588v2功能的网元设备,在远距离多跳传输时,端到端性能很难满足高精度时间同步需求。可以从2个方面对现有技术进行增强优化,一是提高时间戳的性能,降低采样误差。二是控制上下行链路的延迟不对称性,可以从光纤传输延迟和设备内部延迟2个方面进行优化,优化后可以达到10 ns的同步精度。

c) 广域精确授时(Wide Precise time, WPT)+高精度网络时间传送技术(CS)系统。该技术能够实现时间同步信号在IPRAN承载网内传送5跳后,仍然保持小于10 ns的精度^[13]。

参考文献:

- [1] 石洋. 关于5G传输同步技术的思考[J]. 通讯世界, 2019, 26(9): 101-102.
- [2] 李晔, 伍宗文. 同步以太网环境下时间同步精度方法研究[J]. 计算机与网络, 2016, 42(22): 72-75.
- [3] 胡昌军, 吕博, 缪新育. 5G同步组网架构及关键技术探析[J]. 信息通信技术与政策, 2020(4): 36-40.
- [4] 黄震宇, 曾勇, 楚鹰军. 电信网同步技术发展思考[J]. 现代传输, 2020(5): 51-55.
- [5] 江永志. 基于IPRAN技术的5G与4G承载网共存互通方式研究[J]. 通讯世界, 2019, 26(7): 21-22.
- [6] 方鸣, 郑坚, 姜伟萍. 1588v2时钟回传技术的IPRAN现网部署[J]. 电信科学, 2018, 34(S2): 213-219.
- [7] 张贺, 刘欣, 刘莹. 中国联通关于5G传输同步技术的考虑[J]. 电信网技术, 2017(9): 19-21.
- [8] 罗金花. 5G BBU机房GPS/北斗共享解决方案研究[J]. 江西通信科技, 2020(2): 4-6.
- [9] 王悦, 林泳泽. 面向5G的高精度时间同步网演进策略[J]. 电信技术, 2017(8): 55-57.
- [10] 张欣然. BBU集中放置与GPS智能分路系统的优势探讨[J]. 信息系统工程, 2019(3): 49.
- [11] 简书候. 5G组网与地面卫星同步授时领域探究[J]. 现代信息科技, 2019, 3(24): 60-62.
- [12] 于佳亮. 浅谈通信网时频同步技术演进趋势[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(4): 31-35.
- [13] 于佳亮, 宋伟, 孔德良, 等. 基于通信网络的高精度时间传送技术[J]. 电信工程技术与标准化, 2020, 33(2): 88-92.

作者简介:

柳军,高级工程师,硕士,研究方向为移动通信、网络技术等;刘述岩,高级工程师,学士,研究方向为移动通信;何南,学士,研究方向为计算机网络、通信技术。