

5G 高精度时间同步组网方案研究

Research on Networking Scheme of 5G High Precision Time Synchronization Network

陶源,吴婷(中国移动通信集团设计院有限公司陕西分公司,陕西西安710065)

Tao Yuan, Wu Ting (China Mobile Group Design Institute Co., Ltd. Shaanxi Branch, Xi'an 710065, China)

摘要:

5G网络部署和垂直行业应用对时间同步提出了新的需求。为了满足高精度的同步需求,需要采用高精度同步源技术、高精度同步传送技术、同步监测技术、智能时钟部署及运维技术。针对OTN系统和SPN系统同步网部署分别提出了典型的方案,为5G同步网的规划建设提供了参考。

关键词:

5G;同步网;高精度时间同步

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.01.016

文章编号:1007-3043(2021)01-0077-06

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:

5G network deployment and vertical industry application put forward new requirements for time synchronization. In order to meet the needs of high-precision synchronization, high-precision synchronous source technology, high-precision synchronous transmission technology, synchronous monitoring technology, intelligent clock deployment and operation and maintenance technology are needed. Typical schemes are proposed for OTN system and SPN system respectively, which can provide reference for the planning and construction of 5G synchronous network.

Keywords:

5G; Synchronous network; High precision time synchronization

引用格式:陶源,吴婷. 5G高精度时间同步组网方案研究[J]. 邮电设计技术,2021(1):77-82.

0 前言

5G网络建设已经全面开展,同步网作为基础支撑网络,对于网络质量的保障、业务的发展起到十分重要的作用。相对于4G系统,5G对于同步的精度需求更高,可靠性要求更为严格,应用场景也更复杂,除了TDD系统基本的同步需求之外,5G的站间协同需求、CA/CoMP/MIMO等技术对时间同步提出100 ns级精度要求,高精度定位、车联网、智能制造等行业应用,对时间同步的精度要求更是达到10 ns以内。现有的同步网络无法完全满足5G时代的同步需求,本文通过分析5G时间同步的需求和5G高精度时间同步的关键技

术,提出5G承载高精度时间同步的组网方案。

1 5G时间同步需求

1.1 5G基本同步需求与4G相同

基本时间同步是TDD制式无线通信系统的共同要求,由于TDD基站上下行同频,为避免上下行信号互相干扰,要求各基站之间有严格的相位同步关系,确保上下行切换的时间点一致。5G TDD基本业务同步需求与4G TDD基本业务相同,均为 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ 。

1.2 5G协同增强提出更高精度同步要求

站间协同增强可让一个用户的数据通过不同的AAU收发,用户可以在重叠覆盖区域合并多个信号,从而提升带宽体验。不同AAU的信号之间,时差必须满足一定要求,否则无法合并。根据3GPP TS 38.104

收稿日期:2020-12-16

V15.00(2017-12)技术要求,不同类型的协同增强要求如表1所示。

表1 5G不同类型的协同增强同步要求

基站类型	协同增强类型	时间偏差要求/ns	备注
BS type 1-0	MIMO和发射分集	65	针对低频基站 (sub 6G)
	带内连续CA	260	
	带内非连续CA	3 000	
	带间CA	3 000	
BS type 2-0	MIMO和发射分集	65	针对高频基站 (above 6G)
	带内连续CA	130	
	带内非连续CA	3 000	
	带间CA	3 000	

为了获得更好的网络质量和服务体验,5G系统中将会更广泛地应用CA/CoMP/MIMO等技术,从而对网络同步提出了100 ns量级甚至更高要求。

1.3 部分新业务需要超高精度时间同步

5G垂直行业的大量新应用目前还在标准完善和产业孵化培育的阶段,不同应用场景对于同步的需求也存在较大偏差,目前仍在探索阶段。从目前阶段的研究中,可以看到高精度定位业务、车联网、智能制造等应用对于时间同步的需求将达到10 ns量级。例如基于到达时间和到达时间差的基站定位技术,同步精度和基站之间的时间相位误差线性相关。1 ns同步误差对应的定位精度为0.3~0.4 m,满足3 m的定位精度对应的同步误差约为±10 ns,满足1 m的定位精度对应的同步误差约为±3 ns。

1.4 5G高精度时间同步需要地面同步网支撑

4G时代无线网主要采用基站安装卫星接收机的方式通过GNSS获取同步信号,地面同步网主要满足传送网、核心网、数据网等网络的同步需求。相对4G网络5G网络对同步网的需求发生了以下一些新的变化。

a) 精度要求更高:部分网络增强协同及行业应用既有μs级同步需求,也有ns级的同步需求,直接通过普通卫星接收机获取单站授时难以完全满足要求。

b) 同步场景更为复杂:5G基站密度大,室内基站数量也会增加,会存在大量室内场馆、地铁、隧道等难以获取卫星信号的场景。

c) 同步网的安全可靠性要求更为严格:此前卫星接收系统对美国GPS系统高度依赖,存在安全风险,如全面升级为北斗接收系统,会需要巨大的投资。即使采用基于北斗的卫星接收授时,仍然存在卫星信号

被干扰的情况,例如某城市为保障重大体育活动,防止私人无人机在活动范围空域飞行,采用技术手段对活动区域内的卫星定位信号进行干扰,结果导致区域内基站的卫星接收也受到干扰,业务受到严重影响。

鉴于上述原因,在5G时期部署地面高精度同步网,对提升网络稳定性、可靠性,提升业务发展的支撑能力,具有十分重要的意义。

2 5G高精度时间同步关键技术

从前文的分析可以看出,5G对时间同步的精度和可靠性均提出新的要求,现有的地面高精度时间同步技术主要为基于1588v2的时间同步网络,可以满足5G无线业务基本的±1.5 μs精度要求,但是100 ns甚至10 ns量级的同步需求则需要新的技术和网络支撑。从时间同步网的通用模型(见图1)可以看出,要实现高精度时间同步需要从同步源到末端进行端到端的提升优化,采用多种技术手段共同提升同步精度、同步网快速部署和智能管理能力,其中的关键技术有高精度同步源技术、高精度同步传送技术、高精度同步监测技术、智能时钟运维技术等。

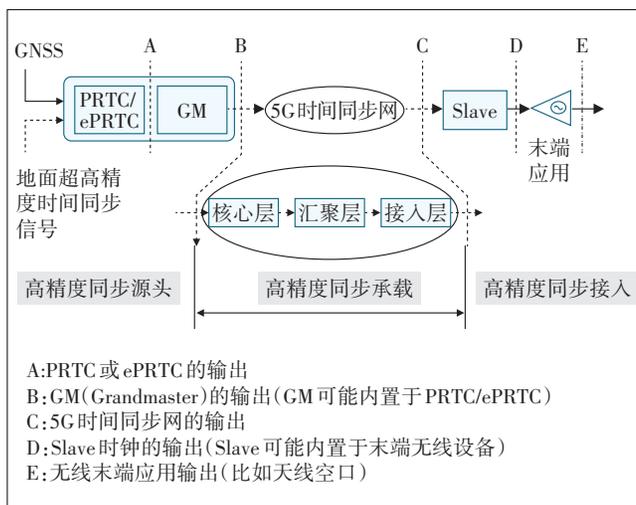


图1 时间同步通用网络模型

2.1 高精度同步源技术

高精度同步源头的实现与卫星授时技术密不可分。为提升同步源精度,可采用双频接收技术和卫星共视法。

双频接收技术:卫星接收部分对同步精度的影响最大,相对于单频接收机而言,双频接收机可同时接收单个卫星系统的2个频点载波信号(如GPS的L1、L2或者北斗的B1、B2),通过一定算法可有效消除电

离层对电磁波信号延迟的影响,从而提升卫星授时精度。

卫星共视法:此方法是目前远距离时钟比对的主要方法之一,也是国际原子时成员单位合作的主要技术手段之一,其时间比对不确定度可优于10 ns。卫星共视是利用导航卫星距离地球较远、覆盖范围广的特点,将其作为比对中间媒介,在地面需要时间比对的2个地方分别安装接收设备,同时观察同一颗卫星,通过交换数据抵消中间源及其共有误差的影响,实现高精度比对。卫星共视技术比较成熟,性能较好,但无法独立部署应用,需主从站配合使用,并配置数据通道进行数据交互。

综合考虑上述2种技术的实现难易程度、成本和产业成熟程度,在当前阶段建议采用卫星双频技术满足高精度同步源头设备的要求,卫星共视技术可以先用于现网时间同步源的性能集中监控,待共视网络建设成熟后再考虑应用于高精度同步源头设备。

2.2 高精度同步传送技术

根据IMT-2020(5G)推进组发布的《5G承载网络架构和技术方案白皮书》中建议,对于 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ 同步需求的5G基本业务和部分协同业务,指标分配方法参见国家通信行业标准YD/T 2375-2011“高精度时间同步技术要求”,源头部分 $\pm 150 \text{ ns}$,承载部分 $\pm 1\ 000 \text{ ns}$ (30跳),接入部分 $\pm 250 \text{ ns}$ 。对于 $\pm 300 \text{ ns}$ 量级的业务,暂定的建议分配方案为源头部分 $\pm 30 \text{ ns}$,承载部分 $\pm 200 \text{ ns}$ (20跳),接入部分 $\pm 50 \text{ ns}$ 。

目前1588v2已经在国内的4G承载网络中进行了规模应用部署,目前支持1588v2的传输设备的单跳时间同步精度为 $\pm 30 \text{ ns}$,对比以上要求,远距离多跳节点传输的精度显然无法满足5G的需求。为提升单节点精度,需从以下几方面对1588v2进行优化。

a) 打戳位置尽量靠近物理接口,减少光模块内部的半静态延时误差和动态延时误差。

b) 提升打戳精度,提升打戳时钟的频率,或者采用其他方法提升打戳分辨率。

c) 提升系统实时时钟(RTC——Real Time Clock)同步精度、提升系统内部RTC之间的同步对齐精度。

d) 选取优质晶振,提升本地时钟的稳定性。

考虑现有1588v2已经规模部署,在现有配置基础上通过优化实现精度的提升,有利于5G高精度时间同步网络的快速部署。1588v2的技术原理决定了其在部署中易受光纤不对称性影响,建议5G时间同步网部

署时尽量采用单纤双向方式。

对于100 ns量级及更高的精度需求,提升单节点精度也已经无法满足,可考虑采用同步源下沉的方案,通过减少跳数来提高同步精度。

2.3 高精度同步监测技术

同步监测方法总体可分为绝对监测和相对监测两大类,从具体实现方式上可分为外置方式和内置方式。

外置方式可实现同步性能绝对监测,包括外置探针和卫星共视2种方式。外置探针方式在5G同步网中按需部署外置探针,探针通过全球导航卫星系统(GNSS)获得绝对时间基准,对网络末端设备同步输出信号进行监测,再将监测结果发送至中心网管以实现对整个网络同步性能的实时监测。卫星共视方式在网络适当位置部署共视主站和共视从站,以共视接收作为媒介,通过交换数据,得到共视从站(即被监测点)与共视主站(即远端参考基准,如溯源至UTC的绝对基准)之间的比对结果,实现对被监测点性能的绝对监测。

内置方式通过内置功能进行同步性能监测,即利用网络设备自身具备的同步性能监测能力实现同步性能相对监测,主要包括主从监测和环上被动(Passive)节点监测。主从监测是指Slave设备在同步于主时钟(Master)设备的同时,进行自身同步性能监测。通过对Slave端口时间戳(T1、T2、T3、T4)和计算的时间偏差值(Offset)进行不同方式的统计和分析,可以实现对同步性能的相对监测。环上被动节点监测是利用Passive节点对其同步侧与非同步侧同步数据进行比对,从而实现监测。

2.4 智能时钟部署及运维技术

目前相比其他专业设备同步网的设备在网络中较少,扩容规模和投资有限,各厂家对于同步网功能的提升和研发投入不够,造成目前同步网的OMC对于业务部署和运维支撑能力较差。各厂家OMC系统目前北向接口能力不足,无法实现集中监控;同步网网管目前只能管理到同步网服务器自身,无法完成对业务网元同步信号的告警、性能、资源等管理;同步网端口与授时业务之间的对应关系不明确,缺乏统一网管管理。面向5G的同步网,需要提升管控运维能力。

位于控制层面的智能时钟技术,能够为超高精度同步网的运行维护提供支撑,智能时钟管控系统架构及主要功能如图2所示,其核心功能有:

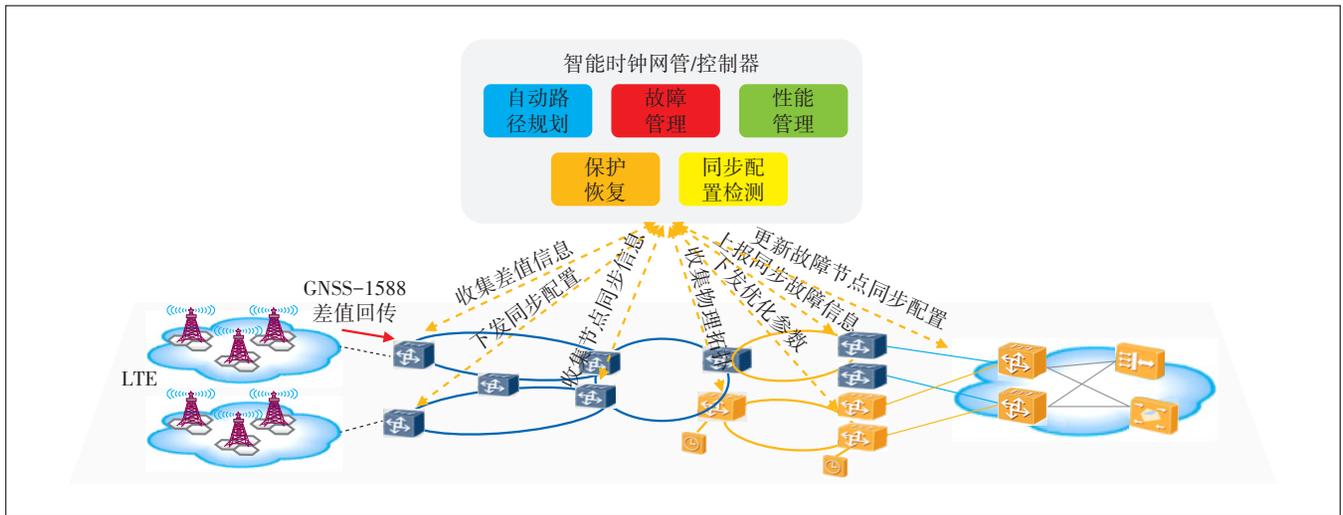


图2 智能时钟管控系统示意图

a) 同步网自动规划功能:计算和规划所有或指定区域网元的同步主备路径,减少人工配置工作量,并避免配置错误。

b) 图形化动态同步状态查询功能:能够实时展现同步网从源到宿端到端链路及节点状态,拉通各专业,呈现整体同步网状态视图。

c) 同步配置和运行状态检测和分析功能:实现业务智能下发,减少人工配置。对同步配置进行分析,发现定时环、跳数超限等配置风险,生成检测报告。具备同步告警抑制和根源分析能力,根据跟踪状况等信息完成告警根因分析定位。

d) 智能故障恢复功能:在同步网中多点故障、主备时钟失效时,进行路径分析和自动恢复,解决成片网络的时钟失步问题。

e) 同步性能实时监控分析:实时监控同步网络的性能,利用每个环上设备的Passive端口进行时间性能比对监控和不对称性分析。

3 5G时间同步组网方案

3.1 高精度时间同步组网模型

5G高精度时间同步组网和目前4G采用的1588v2同步网架构一致,城域网配置一主一备2套时频同步设备(ePRTC),一般在城域网的核心机房异局址设置,同步信号从核心层传输设备注入,同步传递技术采用SyncE(O)+PTP,承载网元设置为BC模型,承载网时间传递链路BC网元数不超过20个,通用部署构架如图3所示。

对于100 ns甚至更高精度的同步需求,需采用同

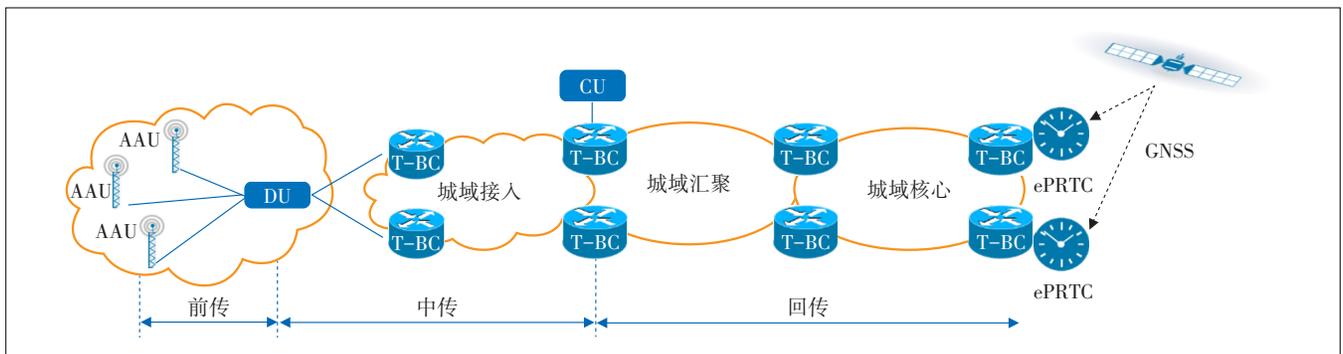


图3 5G同步网同步通用部署构架

步源下沉方案,减少同步链路节点数量的方式,以满足同步精度需求。同步源下沉模式部署构架如图4所示。城域网根据业务需要,配置多台时频同步设备(PRTC+),从汇聚/接入设备注入,满足区域同步需要。

同步传递技术采用SyncE(O)+PTP,承载网元设置为BC模型。下沉的同步源设备(PRTC+)可以与城域网核心机房内部署的ePRTC设备配合,提供性能监测和同步辅助功能,增强同步网的稳定性和可靠性。此方

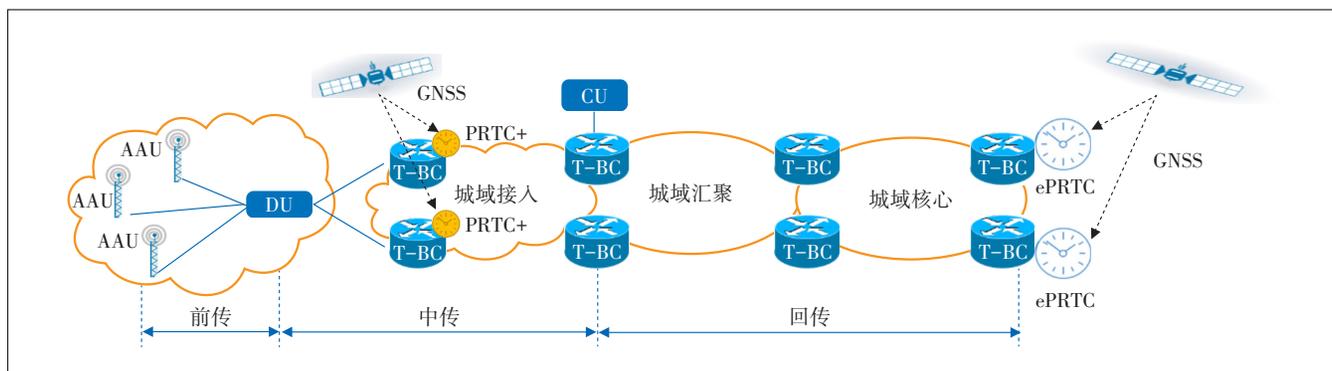


图4 5G同步网同步源下沉模式部署构架

案会大规模增加同步设备,建议针对有特定需要的区域进行小范围部署,不宜全网大规模应用。

3.2 OTN 系统部署方案

5G 传送网中,对于传输距离较长的中继段,常有 SPN/IPRAN over OTN 的场景,OTN 时间传送分为带外 OSC 模式和带内 ESC 模式。OSC 模式是使用 OSC 通道传送时间/时钟信息(见图 5),只要有 OSC 管理的方就能获取全网同步的时间/时钟信息。此时所使用线卡是否支持 1588,不影响 OSC 传送。ESC 模式是使用线路单板 OTN 开销传送时间/时钟信息(见图 6),无需额外硬件配置,无距离限制,只要有业务上下的站

就能获取到全网同步的时间/时钟信息。OSC 模式的精度相对 ESC 模式更高,建议在 OTN 系统中采用 OSC 模式部署,同时采用单纤双向光模块,避免收发光纤不对称造成的误差。

3.3 SPN 系统部署方案

中国移动采用 SPN 技术建设 5G 传送网,根据中国移动相关设备技术规范要求,SPN 设备应支持以太频率同步、CES/CEP 业务时钟恢复和时间同步功能。SPN 设备应支持通过 PTP 实现超高精度时间同步,SPN 每跳设备的最大时间偏差(max|TEI|)小于 5 ns。SPN 设备具备 DWDM 能力时,PTP 应支持通过单纤双

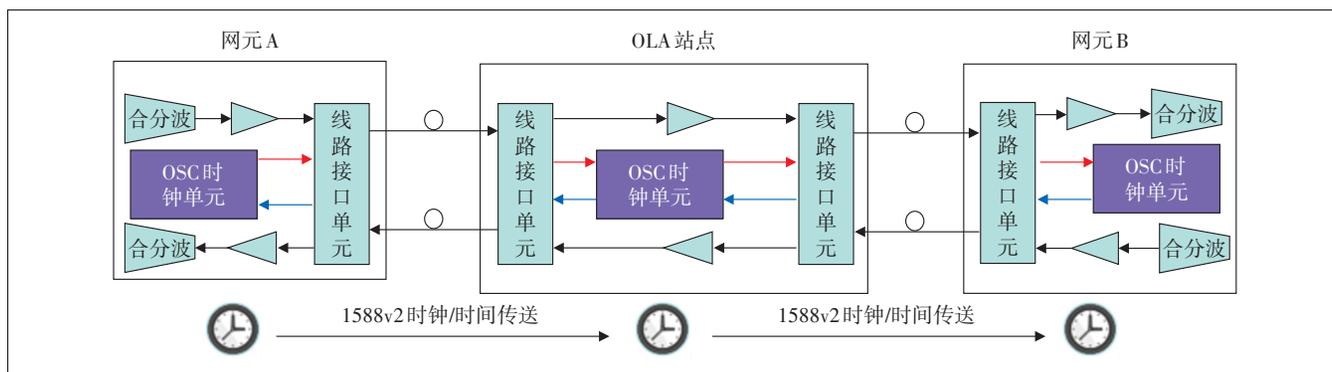


图5 带外 OSC 时钟/时间传送方式

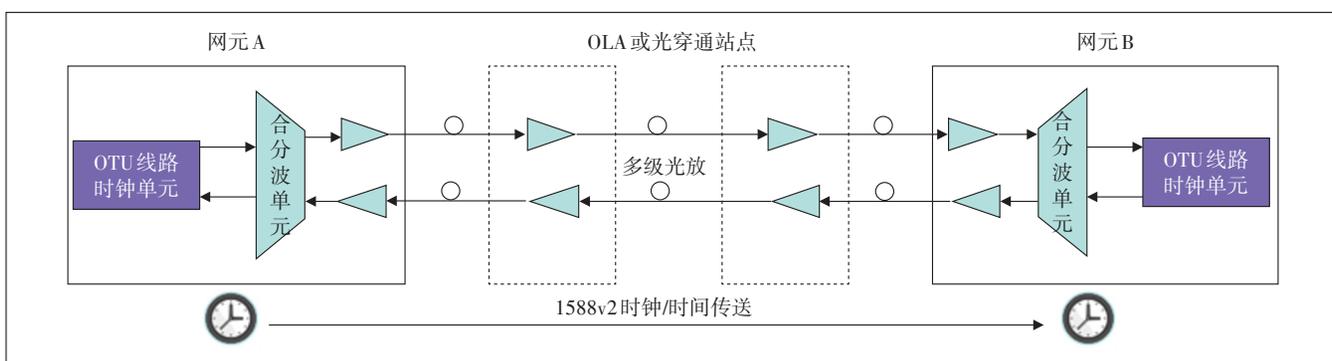


图6 带内 ESC 时钟/时间传送方式

向OSC通道进行传递;SPN设备不配置DWDM时,PTP通过FlexE接口或者以太网接口进行传递。SPN设备应支持通过FE、GE、10GE、25GE、40GE、50GE、100GE、200GE、400GE等以太网端口以及50GE、100GE、200GE、400GE等FlexE接口对PTP报文发送接收和处理,PTP报文协议的格式和处理应满足相关规范要求。

SPN系统同步部署方案与现有PTN系统模式一致,有单纤双向和单纤单向2种方案,其中单纤双向模

式可以解决收发光纤不对称的问题。考虑汇聚层以上的SPN系统主要为100GE以上端口互联,目前没有100GE以上的单纤双向光模块,为了节省设备业务槽位及端口资源,中国移动在SPN设备技术规范中要求SPN核心汇聚层设备应支持2路同步专用的GE光接口,可用于组建同步环。但当前的SPN设备暂未具备该专用同步接口,仍然需要额外配置10GE或GE的业务端口,并使用单纤双向光模块,组建同步环。SPN部署方案如图7所示。

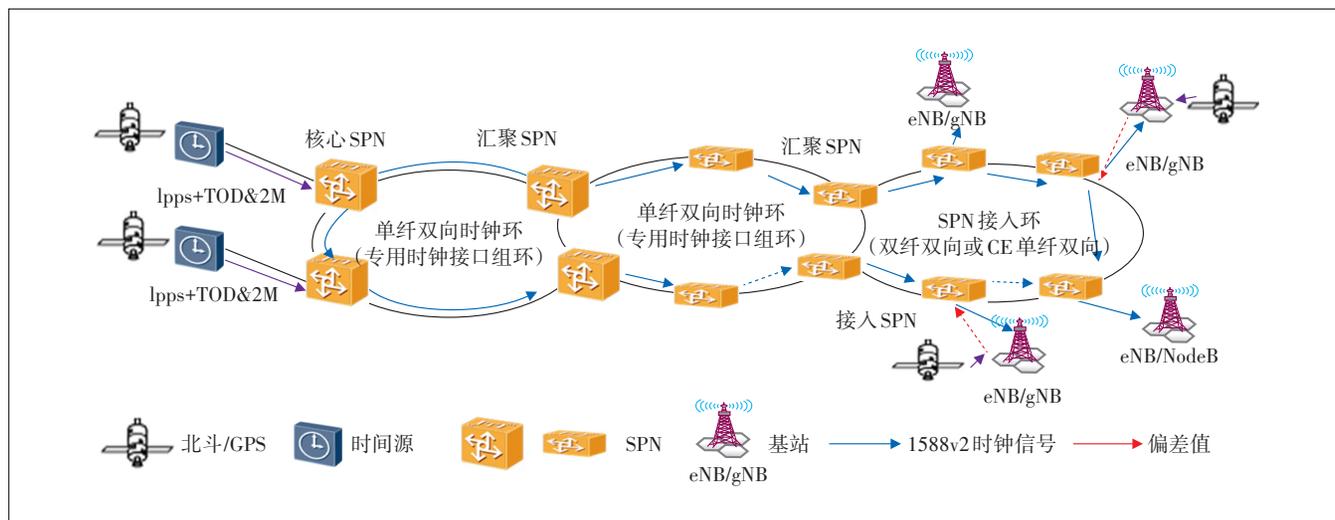


图7 SPN系统同步网部署方案示意图

4 结束语

同步网作为通信网中重要的基础支撑网络,对于各业务网络的稳定可靠起着至关重要的作用,目前5G网络的规模部署已经开展,在关注无线网、核心网、传送网等网络规划建设的同时,同步网的部署也应该引起足够的重视。本文通过分析5G时间同步的需求、高精度时间同步实现的关键技术,对5G同步组网部署方案进行了初步研究,希望能为5G网络规划建设提供一些有价值的参考思路。随着5G垂直行业应用的不断拓展,未来业界对于高精度同步的研究还将继续深入。

参考文献:

- [1] 5G同步组网架构及关键技术白皮书[R].北京:IMT-2020(5G)推进组,2019.
- [2] 5G承载网络架构和技术方案白皮书[R].北京:IMT-2020(5G)推进组,2018.
- [3] 中国移动TD无线系统高精度时间同步总体技术要求[S].北京:

中国移动通信集团公司,2011.

- [4] 中国移动切片分组网(SPAN)设备技术规范[S].北京:中国移动通信集团公司,2019.
- [5] 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.
- [6] 李忠文,王科,龙波.面向5G的高精度时间同步网实现方案[J].电信技术,2018(5):45-48.
- [7] 卢灵宣.1588v2不对称补偿方案探讨[J].邮电设计技术,2012(9):64-67.
- [8] 唐庆涛,袁野,应赞.1588V2技术在城域网中的应用与实现[J].邮电设计技术,2012(2):43-47.
- [9] 李寿喜.IP环境下时钟同步网模型和指标的探讨[J].邮电设计技术,2011(5):47-50.

作者简介:

陶源,毕业于西安电子科技大学,工程师,主要从事有线传输专业相关咨询设计工作;吴婷,毕业于西安理工大学,高级工程师,主要从事传送网技术研究、网络规划,工程项目管理工作。

