

5G LAN 应用场景与关键技术分析

Application Scenario and Key Technology of 5G LAN

陈婉珺, 穆 佳(中国联通研究院,北京 100048)

Chen Wanjun, Mu Jia(China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

3GPP R16 启动了 5G LAN 项目研究, 该技术的引入, 使得 5G 网络具备提供工业网络以太网通信以及局域网业务的能力, 助推了 5G 网络与工业网络的融合。深入分析了 5G LAN 的引入需求、应用场景及关键技术, 并对不同的流量转发方式进行对比, 最后提出了 5G LAN 当前存在的问题以及后续研究方向。

关键词:

5G LAN; 以太网通信; 5G

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.09.017

文章编号: 1007-3043(2021)09-0082-05

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:

5G LAN project research has been launched in 3GPP R16. The introduction of 5G LAN enables 5G network supporting Ethernet communications and LAN services, and boosts the integration of 5G and industrial network. It focuses on discussing the requirements, application scenarios and key technologies of 5G LAN, and analyzes the current problems and future research directions of 5G LAN.

Keywords:

5G LAN; Ethernet communication; 5G

引用格式: 陈婉珺, 穆佳. 5G LAN 应用场景与关键技术分析[J]. 邮电设计技术, 2021(9): 82-86.

1 概述

4G 改变生活, 5G 改变社会, 随着 5G 网络的不断成熟, 其越来越多地深入到垂直行业。而作为“新基建”的代表, 5G 与工业网络的融合无疑成为了未来 5G 网络的一个重要应用场景。原本工业场景中广泛应用的 Ethernet 通信、局域网、VPN 等, 也作为 5G 网络的需求场景, 写入了 3GPP。3GPP 在 R16 启动 5G LAN 项目研究, 旨在增强 5G 网络, 使其支持 5G LAN 类型的业务, 即为企业提供本地局域网或 VPN 网络业务。

2 5G LAN 应用场景分析

2.1 5G LAN 支持二层通信

收稿日期: 2021-08-02

传统的工业网络, 都是基于有线传输的, 而且大量使用二层以太网协议。为了对工业网络进行无线化改造, 为工业内网剪辫子, 在 5G LAN 出现之前, 人们就已经尝试引入 AR 路由器来配置虚拟二层网络, 实现工业终端的 5G 无线接入。

如图 1 所示, 以工业企业中天车的控制为例, 原本天车 PLC 和 PLC 控制器之间是通过二层通信的, 依靠对端的 MAC 地址寻址, 但引入 5G 无线网络后, 整个 5G 网络是依靠 IP 寻址的三层协议, 终端地址也是 IP 地址, 不支持二层数据转发。为了保证 PLC 控制器和 PLC 之间能够正常通信, 除了引入 CPE 进行 5G 无线信号转换外, 图 1 中还分别在天车 PLC 后面以及 PLC 控制器前面增加了移动端 AR 路由器, 发端 AR 路由器负责包装 softGRE 隧道, 将工业二层协议封装在 softGRE 隧道中, 再与对端的 AR 进行通信, 接收端的 AR 路由

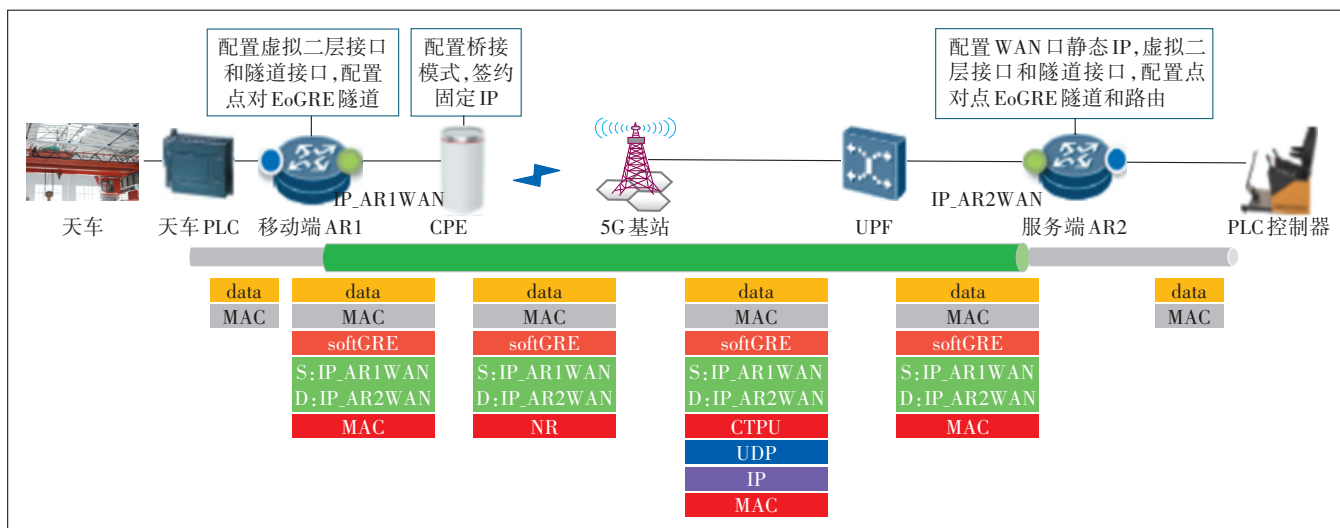


图1 AR方案进行层二通信

器再负责将隧道去除,转换为工业协议发送给 PLC 或 PLC 控制器。同时 5G 网络为 CPE 分配 IP 地址。这种方式相当于建立了两层网络,上层是企业专网,通过 softGRE 隧道通信,下层是 5G 网络,作为承载层。

从图 1 可以看出,这种方案组网相对复杂,需要引入新的设备,改造成本较大,而且 softGRE 隧道是点对点的,对于以太网的广播支持度并不好。而引入 5G LAN 之后,这种复杂程度可以降低。上述天车控制的 5G LAN 实际组网如图 2 所示。

图 2 中,5G 网络已经可以支持以太网 PDU 会话类型,在 5G 网络中,可以直接传输二层协议,因此 PLC 控制器和天车 PLC 之间也无需插入 AR 路由器来新建隧道,同时也能够为没有 IP 地址的终端提供路由,UPF 可以识别终端的 MAC 地址。因此 CPE 作为 5G LAN 的终端,直接签约 5G LAN 的 DNN 和 5G LAN 组,CPE 也不再需要网络分配的 IP 地址。在这种方式中,整个网

络是单层网络,UPF 自学 PLC 的 MAC 地址列表,其作为虚拟交换机完成二通信。

对上述 2 种方案进行对比,具体差异如表 1 所示。

从表 1 可以看出,引入 5G LAN 以后,可以简化网络组网,降低改造成本,更好地支撑二层网络通信。

2.2 5G LAN 支持广播

5G LAN 的另外一个重要的区别以往的特性是可以支持广播、多播。这一特点对于 IP 层通信以及二层通信,同样适用。

传统的点对点通信方式,只支持单播,对于跨 UPF 的场景依赖于路由打通,对于有大量 UPF 需要互通的场景下拓扑会变得比较复杂,而且对于业务流的策略管理,只能依赖 UPF 中的 ACL 来实现。

而 5G LAN,同时支持单播、组播和广播,且对于跨 UPF 的交互,可以通过跨 UPF 动态创建 N19 接口来实现。N19 接口由 SMF 控制,根据需要随时创建或者删

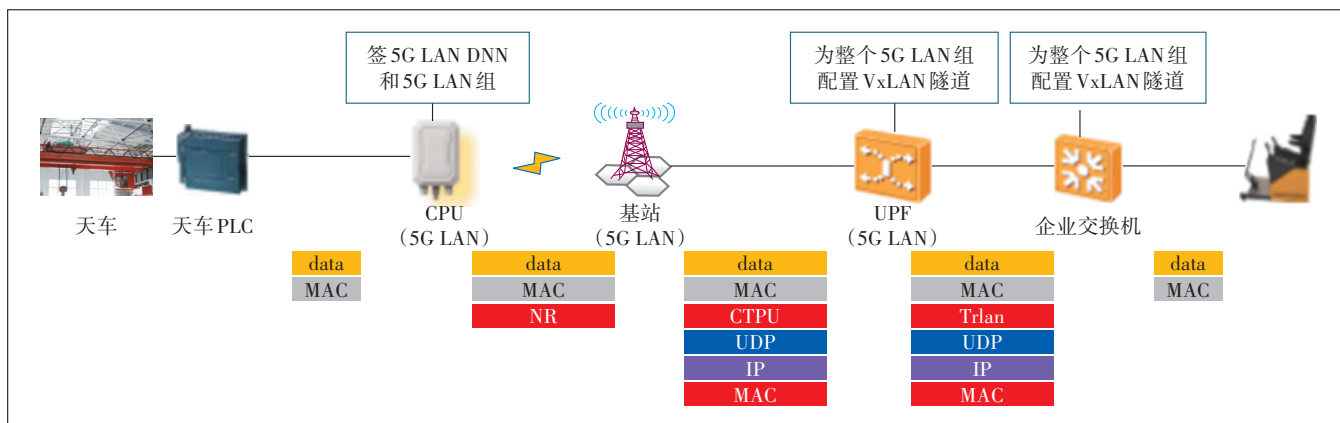


图2 5G LAN 方案进行二层通信

表1 AR方案与5G LAN方案对比

对比项目	AR方案	5G LAN方案
组网	复杂,引入了额外的设备和网段	简化,5G提供原生二层通信
成本	高,新增AR设备	低,无新增设备
专网改造	基于5G新增网段和EoGRE隧道支持企业专网二层通信,配置复杂,尤其端侧配置多	易,5G网络不分配IP,不影响专网IP规划和管理,CPE签约后即插即用,配置少
通信能力	单一,一对AR配置实现点对点通信,点对多点如广播、组播难	全面,完全继承改造前全互连通信能力,支持点对点本地交换,N6转发和广播,组内互通、组间隔离,无感替换交换机

除,组网更加灵活。在策略管理方面,5G LAN还支持划分不同的VN组,灵活构建、细分企业子网,子网可以设定自身的QoS、安全等。

2.3 5G LAN 其他应用场景

3GPP标准在需求阶段,还列举了5G LAN其他很多应用场景,包括家居固定接入的结合、企业办公工业生产等环境中的应用,大体可以分为如下4类,需要说明的是,这些场景是3GPP设定5G LAN项目最终要实现的目标,并非现在全部都能够实现。

a) 移动专线业务。如图3所示,5G LAN可以作为传统固网专线的补充,作为企业跨地(市)分支机构或较远距离之间的通信专线的备用线路,同时还可以支持终端的移动性,甚至通过插入I-UPF支持较大范围的终端移动。

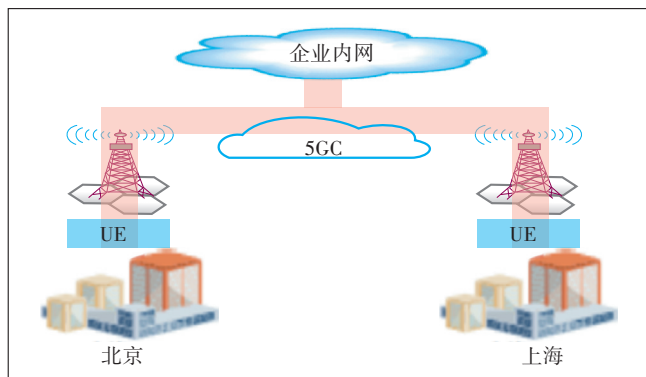


图3 移动专线业务场景

b) 替代Wi-Fi做园区覆盖。如图4所示,未来5G LAN可以替代Wi-Fi实现更大范围的园区覆盖,当员工在大楼内移动时,可以使用WLAN实现会议室或走廊的内网访问。当员工在校园的建筑物之间移动时,蜂窝接入可用于提供内部网接入,实现使从家庭办公室到大型多建筑办公园区等一系列客户的可扩展接

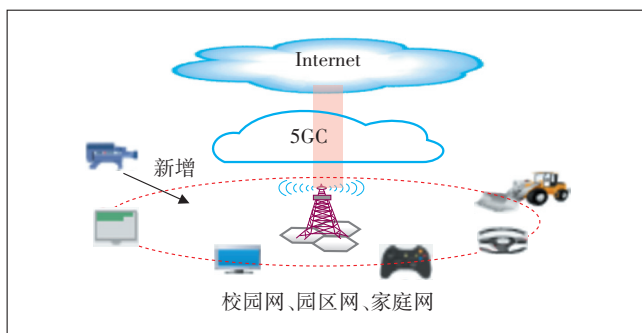


图4 替代Wi-Fi业务场景

入。能够方便地在私网中添加设备,不局限于时间、位置、接入类型,保障业务体验一致性。

c) 工业网络。如前文所述,5G LAN可以取代有线以太网连接,实现原生二层通信。与uRLLC、TSN等技术相结合,在满足移动性的同时为工业用户提供高可靠,低时延保障(见图5)。

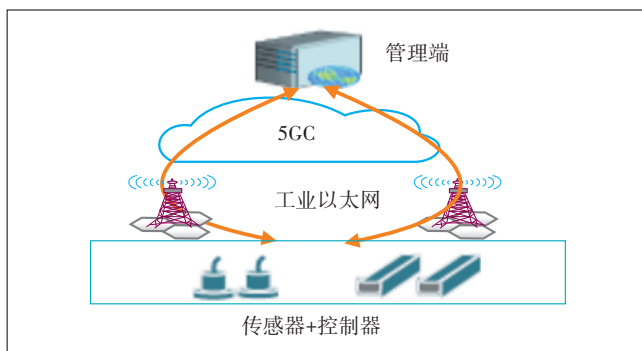


图5 工业网络业务场景

d) 安全接入。5G LAN会将用户划分为不同的VN组,不同运营商的用户,也可以划分在同一个VN组内。VN组内用户可以实现点对点通信以及广播、组播,不同组之间可以实现组隔离,即属于不同组的UE之间不能通信,从而保证用户的通信安全。此外,客户可以根据需要,设置自己的专网策略,数据连接建立时设置授权和认证机制,也可以限制组用户在一定的区域内,才可以实现通信。

3 5G LAN关键技术

3.1 5G VN组管理

为了完成5G LAN的通信,首先要进行VN组划分,即根据需求,将特定的用户划分为一个VN组,VN组内的成员可以进行5G LAN组内通信。3GPP定义了2种VN配置方式,可以由运营商通过网络网管直接进行VN组配置,也可以由第三方通过能力开放平台

等,灵活的进行VN组动态签约管理。

但无论哪种方式,一个5G VN组具备以下特征:5G VN组标识、5G VN组成员信息、5G VN组数据(如PDU会话类型、DNN等)。

3.2 流量转发方式

对于VN组内,用户面流量转发,3GPP根据不同的场景需求定义了如图6所示3种转发方式:基于Lo-

cal Switch的转发、基于N6接口的转发和基于N19接口的转发。需要注意的是,目前标准上只定义了同一个SMF下,VN组内用户的流量转发方式,而跨SMF的流量转发,尚未定义。SMF可以通过给UPF配置不同的流量转发方法,使得在一个5G VN组内的流量可以在PDU会话间进行转发。

为了实现5G的VN组内的流量转发,3GPP定义了

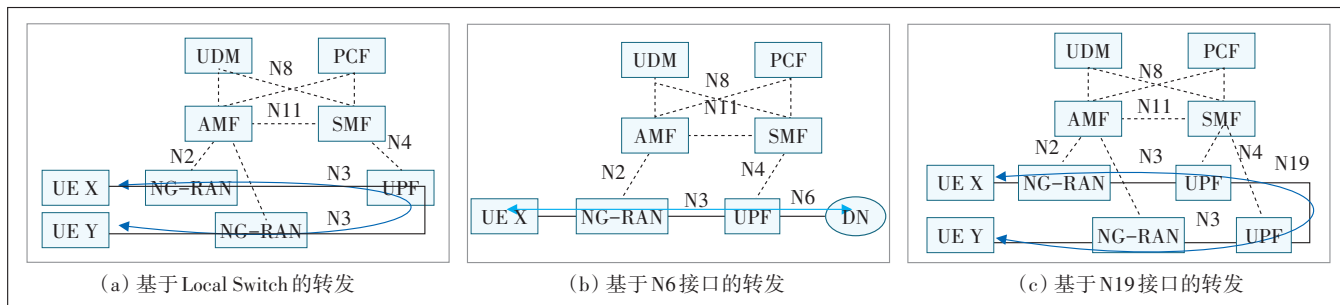


图6 3种流量转发方式

UPF内部接口5G VN Internal。实际转发过程,通过2步检测和转发流程实现。第1步,UPF收到5G VN组内成员的数据(经N3接口、N6接口或者N19接口收到)后转发到UPF内部接口处理(设置FAR中的目的接口为“5G VN Internal”);第2步,安装在UPF内部接口的PDR(源接口设置为“5G VN Internal”)检测到内部接口的数据包,转发到相应的FAR,通过这个FAR转发数据包到相应的目的5G VN组成员(经N3接口、N6接口或者N19接口发送)。

从上面的描述来看,3种转发方式路径不同,对网络设备的要求不同,适用的场景也不同。

3.2.1 Local Switch 转发

这种转发方式,又称为本地转发模型,是指属于同一5G VN组的2个UE之间通过单个UPF进行的通信。Local Switch转发方式,比较适合点对点的网络拓扑,参与通信的终端都需要较大的移动性。同时终端设备也较为分散,Wi-Fi无法满足其覆盖需求,同时也不可能汇聚在几个固定的机房通过N6口进行通信的场景。一般一个UPF足以覆盖一个企业园区。

这种转发方式,终端的移动性好,可设置终端移动到园区外,如果签约允许的情况下,也可以通过插入I-UPF等方式,实现VN组内通信。同时这种方式,还可以让组网更加分散,灵活。

但同时,这种方式也存在一定的限制,因为发送端和接收端存在2路空口,与传统有线连接相比,其时延抖动方面的性能较差,因此对于时延、抖动要求较

高的场景并不适用。未来,如果与uRLLC、TSN等技术结合,或许可以弥补这方面的缺陷。另外,这种转发方式,其流量受限于单个UPF的性能,对于服务器端一对多,性能要求较高的场景并不适用。

3.2.2 N6 接口转发

N6接口转发是指UE和N6连接的组成员或DN内的设备之间转发通信。这种方式适合星状拓扑,多个终端通过N6实现汇聚,比如企业服务器中心部署场景等。另外,这种方式不同于Local Switch方式,可以适用于Hub连接的超大流量场景,还可以用于中心机房和三层通信场景。

这种方式的优点主要体现在,N6接口能够支持稳定大流量,同时N6接口一侧可以适用有线传输,时延稳定,容易结合三层交换机完成三层通信,有线传输也可以节省CPE成本。但同时,N6接口移动性差,N6口的连线汇聚,也会带来组网限制或者物理连线不便。

3.2.3 N19 接口转发

N19接口转发又称为跨UPF转发模型,是指属于同一5G VN组的2个UE通过不同UPF之间转发通信。这种转发方式与Local Switch方式类似,也是适用于点对点的网络拓扑。但相比Local Switch方式,其连接的范围更广,Local Switch模式下,可以实现局域覆盖;而N19接口模式下,可以支持跨域/广域互联。因此,若作为固网专线的补充或备份,N19接口转发是比较合适的选择。

这种转发方式的优点非常明显,可以跨越较大地理范围。这种方式存在的限制主要来自于2个方面:N4接口尚未解耦,因此目前N19接口连接的多个UPF必须与SMF使用同厂家设备;另一方面,复杂度高,时延大,业务感知差,目前尚无明显的应用需求。

3.3 广播、组播复制

广播消息,在二层以太网通信中十分常见,包括最初的终端MAC地址学习等,都依靠广播消息。5G LAN的定义中,也支持广播、组播通信。

从技术角度来看,广播、组播,需要网络支持用户面流量复制,SMF可通过PDR和FAR指示UPF如何复制用户面流量。对于Local Switch的转发模型,当UPF接收到通过“internal interface”发送的广播包时,将其与所有PDR相匹配进行转发。对于N19或N6转发模型,当UPF从N19或N6接收到5G VN组的广播包时,应将其分发给连接到该UPF的所有5G VN组成员。组播与广播类似,但需要将SMF配置的PDR的广播地址改为多播地址。但当5G LAN的实际组网中同时存在N19接口和N6接口的转发模式时,进行广播可能会存在环路问题。

如图7所示,UPF1收到的来自UE X的广播消息,复制后,发往N6接口交换机及N19接口的UPF2,DN中的交换机,收到UPF1发来的广播消息后,有可能会再将此消息转发给UPF2,此时UPF2收到来自N6口的广播消息,会再次复制,同时发给UE Y以及N19接口的UPF1,如此往复,这条广播消息就会在UPF1、UPF2以及N6接口环路中不停的发送,带来风暴。因此,广播消息的破坏问题也是目前3GPP在5G LAN项目中的一个讨论热点。

从需求场景的角度看,目前以太网广播需求较为明显,IP广播多用于IPTV场景,但目前IPTV的广播是依靠应用层实现,对于5G LAN的需求不明显。组播

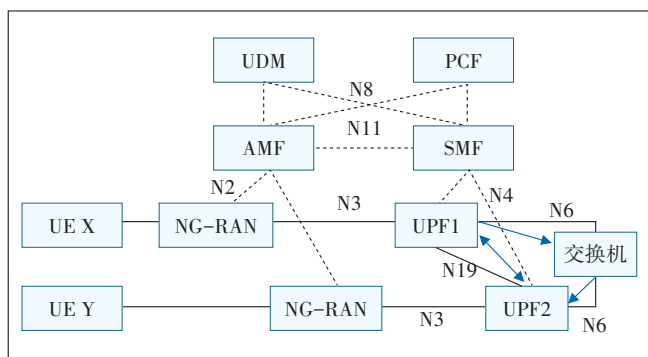


图7 广播消息环路问题

暂时也没有明显的需求。

4 结束语

5G LAN的引入,尤其是网络原生支持层二通信,推动了5G网络与工业网络的融合,但同时,5G LAN无论从技术实现,还是从需求场景方面,还有很多有待完善、需要继续探索的地方。

技术方面:一方面,跨SMF的5G LAN实现方式尚未定义;另一方面,N4接口尚未解耦,导致跨UPF的N19转发模型也受到极大的限制。对于广播消息的破坏问题也尚未解决。因此,目前国内主流厂家的产品大都支持Local Switch的单播消息转发方式。

需求方面:5G LAN支持层二通信的需求较为明显。从前面的分析也可以看到,5G LAN同样具备IP层通信能力,可方便地进行用户的群组隔离管理,赋予终端较大的移动性,对于较大范围、跨多UPF的通信,5G LAN还具备简化网络拓扑等优势,但目前由于现有用户的使用习惯、现网已经存在的网络投资,以及5G LAN技术、产品尚不成熟等原因,5G LAN在IP层通信方面,还暂时没有十分迫切的需求,但随着5G LAN整个生态逐步成熟,网络设备逐步升级,未来5G LAN在二层、三层通信方面都会得到更大规模的应用。

参考文献:

- [1] 5G; System architecture for the 5G system; 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [2] 5G; Policy and charging control framework for the 5G System (5GS); 3GPP TS 23.503 [S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [3] 5G; Procedures for the 5G System; 3GPP TS 23.502 [S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [4] 5G; Feasibility study on LAN support in 5G; 3GPP TR 22.821 [S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [5] 杜鹏, 郑兴明, 陆威. 5G专网技术在智能电网中的应用[J]. 移动通信, 2021, 45(1): 16-20.

作者简介:

陈婉璐, 毕业于华中科技大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动网络核心网等新技术研究; 穆佳, 毕业于北京理工大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动核心网新技术研究工作。

