

# 触觉互联网通用架构

临菲歌

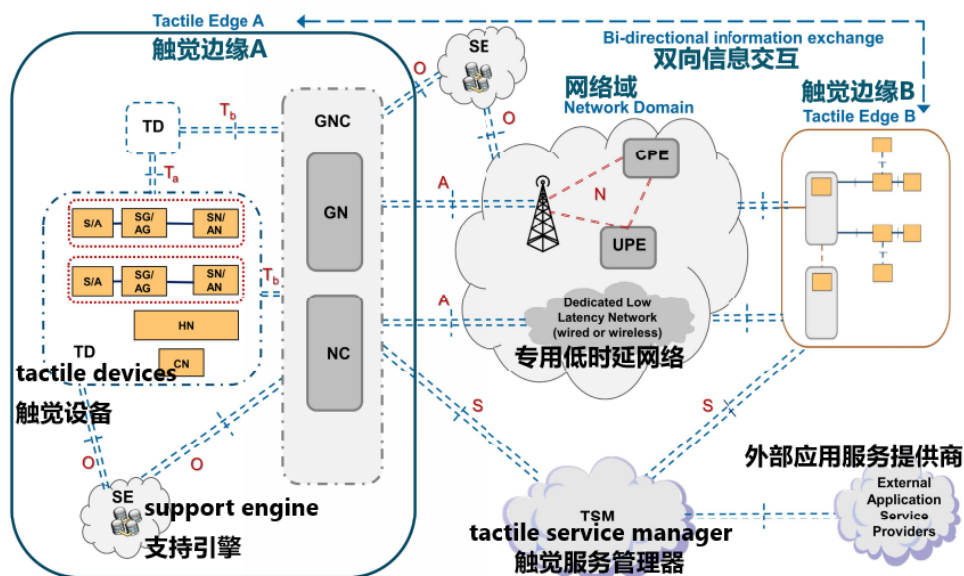
本号 2019 年 1 月和 2 月分别发了两篇关于触觉互联网的文章：“下一波，触觉互联网？”和“触觉机器人与触觉互联网”，2020 年 7 月，本号又发了“AR/VR/MR，毫米波，触觉互联网与 5G”，阐述了触觉互联网的概念和一些特定的应用。

正如本号所料，触觉互联网果然受到越来越多的关注[1]。今天本号发一篇关于触觉互联网通用架构的文章，旨在简介触觉互联网架构的最新研究进展。

关于触觉互联网架构，大体上分为两类，一类是独立于具体应用的结构，也就是通用架构；另一类是与具体应用相关联的架构，实际上也就是专用架构，他们都针对具体应用设计，主要有：实时遥操作（例如远程机器人手术），虚拟现实、工业自动化、智慧城市等等。

本文只介绍通用架构。

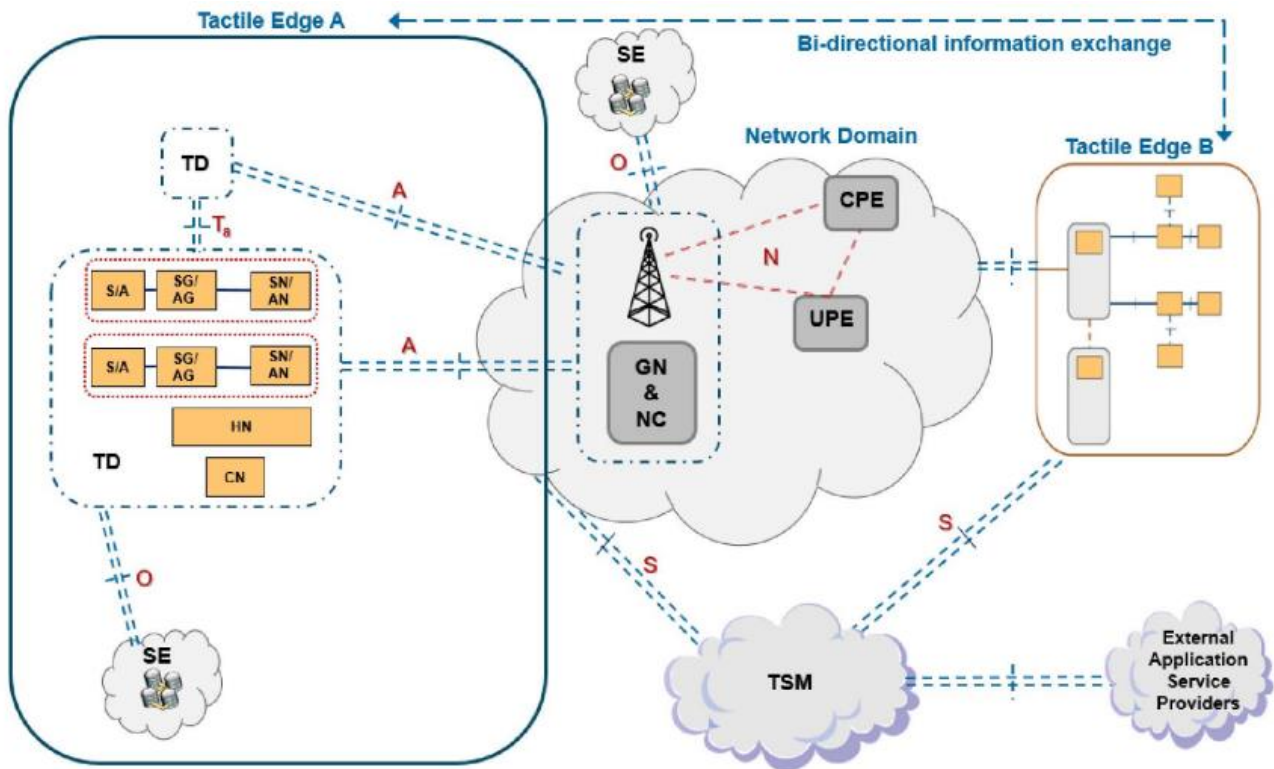
## IEEE P1918.1 架构



**GNC:** GN和NC; **GN:** gateway node, 网关节点; **NC:** network controller, 网络控制;  
**S:** sensor, 传感器; **A:** actuator, 执行器; **SN:** sensor node, 传感器节点; **AN:** actuator node, 执行器节点;

IEEE P1918.1 架构，GN 和 NC 作为触觉边缘的一部分

该架构是通用的，不受具体应用限制之外，可以映射到局域网、广域、有线、无线和混合有线/无线等所有类型的连接。该架构的主体分为两大部分：触觉边缘和网络域，依赖于模块化、灵活性、控制和数据面分离、云和边缘资源等设计原则[2]。



IEEE P1918.1 架构，GN 和 NC 作为网络域的一部分

## MEC 增强蜂窝架构

利用 MEC (Mobile Edge Computing, 移动边缘计算) 增强蜂窝网络架构是较早提出的第一个与应用无关的架构[3]。该架构是一种多层云系统，在蜂窝网络中提供卸载能力，以支持触觉互联网应用。该系统旨在改善延迟并减少核心网络中的网络拥塞。它由三个层次的云组成，处于最低级别的微云 (micro-cloud) 单元、中间级别的小型云 (mini-cloud) 单元和最高级别的核心云 (and core-cloud) 单元。最低级别的微云单元通过光纤链路连接到每个基站 (BS)。他们处理移动用户直接卸载的任务。中间层的小型云单元也位于 BS 中，每个小型云单元都连接到一组微云单元，比单个微云单元具有更高的容量。他们管理自己的微云单元并处理微云单元无法完成的任务。核心云单元位于云层次结构的顶部，位于核心网中，具有最强大的能力。核心云单元控制着网络中的所有小型云单元，并作为远程公共云的网关。此外，小型云单元无

法处理的任务将被卸载到核心云单元。

## FiWi 增强型蜂窝架构

文献[4]提出的一种适用于触觉互联网的光纤无线(FiWi)增强型 LTE-A 异构网络(HetNet)架构,旨在通过 FiWi 接入网增强 LTE-A 异构网络,以提供大容量光纤回程和 WiFi 卸载能力。它利用以太网无源光网络(EPON)技术在核心网和边缘网之间形成回程链路,并利用千兆 WLAN 技术构建 FiWi 接入网。该架构同时考虑了时分复用和波分复用。EPON 光纤回程由一个光线路终端(OLT)组成,该终端通过光纤连接到多个光网络单元(ONU)。OLT 充当核心网的网关,而 ONU 位于网络边缘。涵盖了三种不同类型的 ONU。第一种类型可以为固定用户提供服务;第二种类型连接到蜂窝基站,允许为移动用户提供服务;第三类配备了与 mesh 接入点(MAP)直接无线通信的 mesh 入口点 MPP(Mesh Portal Points),以形成 FiWi 接入网并为卸载移动用户提供服务。该体系结构还提供了回程冗余策略。

## 基于 EPON 的网络架构:

光云分布网络(optical cloud distribution network, OCLDN)架构,是一种提供高速、可编程和可扩展的光接入网络,支持低延迟服务[5]。OCLDN 依赖于下一代 EPON(NG-EPON),允许 ONU 在多个波长信道上同时传输业务,从而增加了网络容量。在 OCLDN 中,ONU 为终端设备(例如物联网设备)提供 AP。ONU 还配备有固定或可调收发器,以支持在多个上行链路信道上同时传输。

## 参考文献

- [1] S. K. Sharma, I. Woungang, A. Anpalagan, and S. Chatzinotas, "Toward Tactile Internet in Beyond 5G Era: Recent Advances, Current Issues, and Future Directions," IEEE Access, vol. 8, pp. 56948–56991, 2020
- [2] Oliver Holland, et al., The IEEE 1918.1 "Tactile Internet" Standards Working Group and its Standards, Proc. IEEE, Vol.107, No. 2, February 2019
- [3] A. A. Ateya, A. Vybornova, R. Kirichek, and A. Koucheryavy, "Multilevel Cloud Based Tactile Internet System," in Proc. IEEE International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), Feb.2017, pp. 105–110.

- [4] H. Beyranvand, M. Lévesque, M. Maier, J. A. Salehi, C. Verikoukis, and D. Tipper, “Toward 5G: FiWi Enhanced LTE-A HetNets With Reliable Low-Latency Fiber Backhaul Sharing and WiFi Offloading,” *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 25, no. 2, pp. 690–707, Apr. 2017.
- [5] J. Neaime and A. R. Dhaini, “Resource Management in Cloud and Tactile-capable Next-generation Optical Access Networks,” *IEEE/OSA J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 10, no. 11, pp. 902–914, Nov. 2018.
- [6] K. Antonakoglou, X. Xu, E. Steinbach, T. Mahmoodi, and M. Dohler, “Toward Haptic Communications Over the 5G Tactile Internet,” *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 20, no. 4, pp. 3034–3059, Fourthquarter 2018.



临菲信息技术港



临菲信息技术港公众号



临菲学堂



临菲少年