

## 5G 中分布式基带单元功能的授时影响

Microchip Technology Inc.  
资深技术顾问  
Jim Olsen

自无线通信技术投入使用以来，网络授时一直是为无线服务提供支持的关键组成部分。授时要求通常被称为“绝对”测量，这意味着授时必须可追溯到已知的源。对于相位/时间应用，这种可追溯源通常是卫星星座。全球定位系统（GPS）首次将卫星星座用于时间。GPS 主要为导航设计，旨在为 GPS 系统的用户提供三维定位数据，即经度、纬度和高度。为了实现高水平的空间定位精度，必须将卫星与极其精确的授时源同步，并且能够再现该授时精度。

借助精心设计的 GPS 授时接收机技术，GPS 用户可以从 GPS 卫星上的同步原子钟中恢复极其精确的授时。这种协调的授时允许相邻的接收机与相同的时间参考对齐。GPS 系统的天基原子钟由美国海军天文台（USNO）同步。USNO 与总部位于巴黎、负责全球范围计时的国际标准组织国际计量局（BIPM）一起进行连续的测量，以确保与世界其他地区协调一致的时间。这种协调的世界时间或“绝对”时间被称为“协调世界时”，更常用的说法是 UTC。由美国国防部开发和维护的 GPS 则是第一个部署的定位、导航和授时（PNT）卫星星座，而现在全球范围内已部署了多个用于 PNT 的全球导航卫星系统（GNSS）技术。其他 GNSS 系统的例子包括 Galileo（欧盟）、Glonass（俄罗斯）、北斗（中国）、QZSS（日本）和 IRNSS（印度）。

随着无线技术从 2G 一路成功更新换代到 5G，网络授时架构一直在并行发展。2/3G 分布式 RAN 使用了集成在宏蜂窝基站内的 GPS 授时接收机，5G 网络则正朝着更加集中和/或中心加权的模型发展，其中 GPS 是一种用于授时分配的基于网络的时钟源。

授时架构的发展分为三个不同的阶段。在第 1 阶段中，针对频率网络设计了物理或数据包层级的授时，GPS 本地部署在用于 TDD（相位）应用的分布式 RAN（DRAN）基站塔上。第 2 阶段增加了更集中的 GPS 源，授时通过数据包传送到基带单元（BBU）的“池”。第 1 阶段和第 2 阶段都使用了从 BBU 到无线电的专用授时链路。第 3 阶段将时序分组协议直接扩展到无线电单元中，而不必依赖专用的授时，同时减少了 DRAN 基站对 GPS 的需求。随着在 5G 中引入开放式 RAN 概念，BBU 功能将分类为 CU（集中式）和 DU（分布式），并将发展为虚拟化和基于服务器的功能，这些功能将不需要包含在授时路径中。

有一个重要的技术考虑是，将分布式 GPS 授时架构移植到基于网络的授时架构（基于精确时间协议（PTP）——IEEE 1588 通过以太网授时协议的电信版本）的推动因素。前者完全依赖 GNSS 接收机，而后者则引入了 GNSS 接收机和 PTP 最高级时钟技术相结合的概念。在无线通信中，与授时有关的最普遍问题是同信道无线电干扰。当 GPS 接收机正确追踪卫星时，在蜂窝基站上部署 GPS 接收机允许进行适当的时隙传输分配，从而防止以相邻或接近的频率运行的无线电相

互干扰。在覆盖范围重叠的无线电集群中，如果 GPS 接收机发生故障或停止正确追踪，则将导致连接到 GPS 接收机的无线电与相邻的无线电互相干扰，因为授时降级或积累了相位误差。由于无线电使用低成本、低性能的振荡器（无线电设计目标之一是通过使用规格较低的组件来降低成本），因此授时降级发生得非常迅速。

为了避免干扰问题，一旦授时开始降级，就需要立即停止使用无线电或关闭受授时降级影响的服务。为了减少这种类型的故障情形，可以部署基于网络的 PTP 授时服务，在此服务中，集群中的无线电与集成了 GPS 接收机的 PTP 最高级时钟同步。如果 PTP 最高级时钟中的 GPS 发生故障或出现追踪问题，同步到最高级时钟的无线电将相对于相邻无线电保持相位对齐，并且不会出现干扰问题。可以在 PTP 最高级时钟中部署高品质振荡器，以在较长时间内保持与 UTC 的时间对齐，并且架构中可以包含基于 PTP 的备用方案，以帮助在故障情形下维持 UTC 可追踪时间。PTP 最高级时钟基于网络的授时服务方法非常灵活，且具有成本效益。它可在 GPS 故障情形中提供无线电集群相位对齐的额外好处，同时将 GNSS 部署到集中式存在点，可在其中为卫星星座设计安全而良好的视距。

### 第 1 阶段：分布式 GPS，宏蜂窝基站中的集成 GPS 授时接收机，适合 CPRI 授时应用

在此应用中，授时源是集成到 BBU 中的 GPS 接收机，该接收机通常与无线电头端（RH）位于同一蜂窝基站的底部。BBU 从 GPS 接收机中恢复授时，并使用公共无线电接口（CPRI）通过几米长的光纤将其传输到 RH，如下面的图 A 所示。

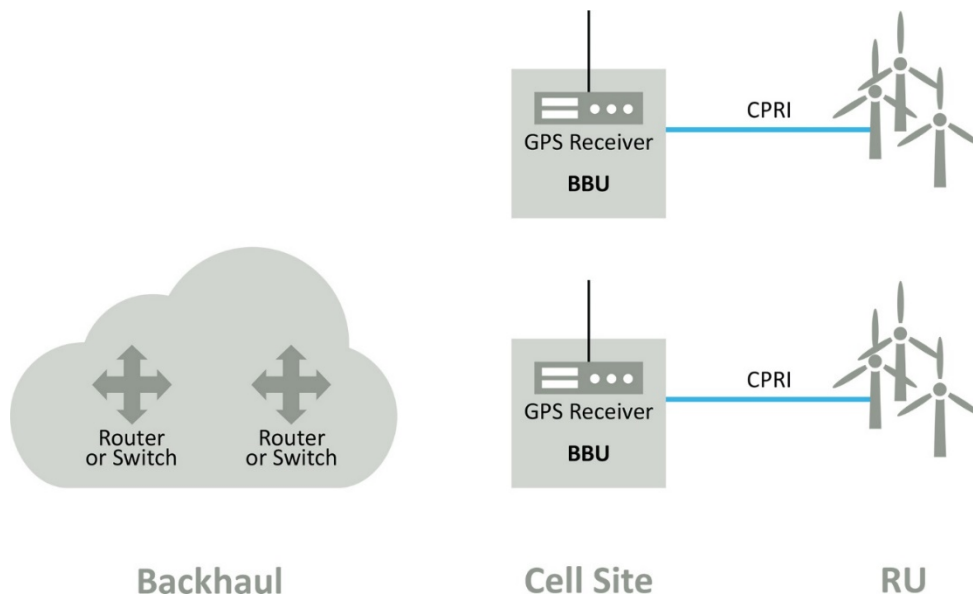
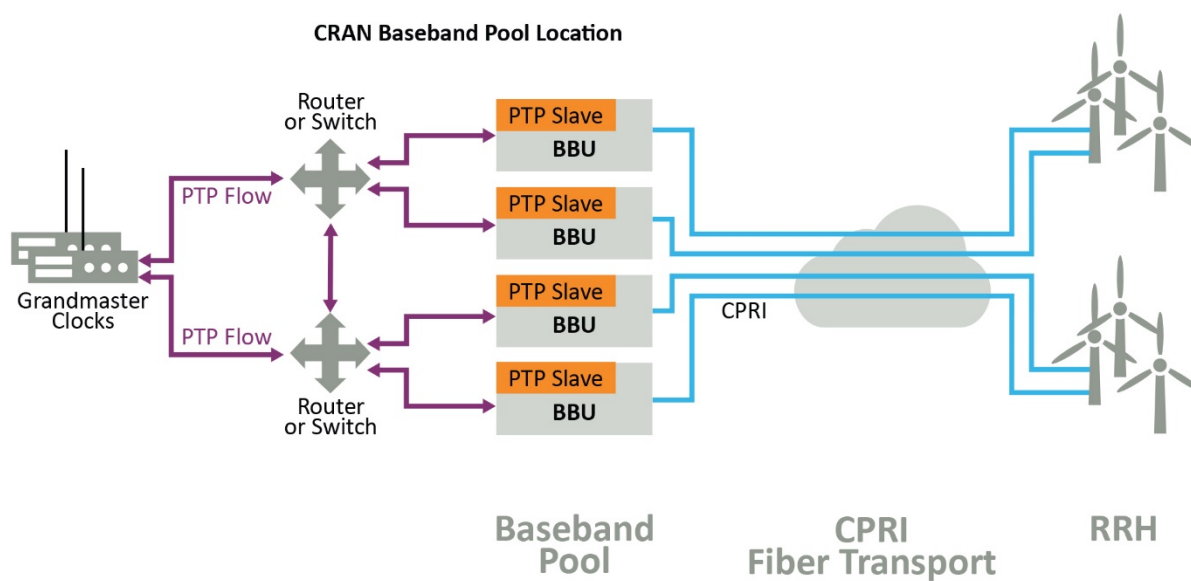


图 A. 这张图显示了集成到 BBU 中的 GPS 授时接收机，它是 DRAN 架构中的分布式 GPS 授时架构的一个示例授时通过 CPRI 链路从 BBU 传送到无线电。

## 第 2 阶段：GPS 源基于网络的授时服务，无线电集群聚集点中的 PTP 最高级时钟，适合 CPRI 授时应用

在此应用中，BBU 远离 RH。BBU 通常在被称为集中式 RAN（cRAN）的集线器位置（RH 集群的聚集点）处“汇集”。时间源可以是位于 cRAN HUB 的 GPS 接收机，其中 GPS 信号从天线直接传输到集成在 BBU 中的接收机，或者，GPS 接收机可以与 PTP 最高级时钟结合，在这种情况下，PTP 授时服务传送给 BBU 中的 PTP 从站。一旦 BBU 从 PTP 流或 GPS 接收机中恢复了授时，它就会通过 CPRI 链路将授时传输到远程无线电头端（RRH）。3G 和 4G 服务架构中的 CPRI 链路的距离限值约为 17 KM。请参考下面的图 B。

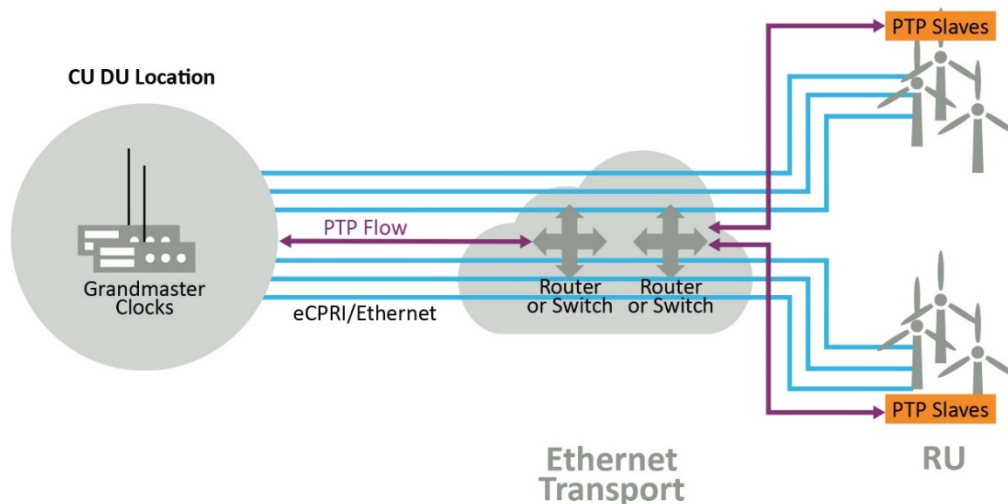


图B. 此图描绘了 PTP 最高级 PTP 作为无线电集群的基于网络的授时源，它通过 CPRI 链路将时间从 BBU 中的 PTP 从站传输到无线电集群

### 第 3 阶段：GPS 源基于网络的授时服务，无线电集群聚集点中的 PTP 最高级时钟，适合以太网授时应用

与 4G 相比，5G 将需要无线电密集化以及额外的低频和高频，这两者都依赖更精心设计的授时，以避免增加无线电之间的同信道干扰。同时，BBU 被分解为两个组件功能，即分布式单元和集中式单元，在将基于 CPRI 的授时方式转移到无线电内的通过以太网的 PTP 方式后，它们都可以虚拟化。这将推动授时架构发生巨大变化：GPS 将必须移动到无线电集群的聚合点，而 PTP 将在整个网络中无处不在。这类架构将需要在网络中更深入地部署稳健而弹性的 GPS 和更多 PTP，以便为 5G 无线电单元（RU）提供授时，并为 GPS 时钟提供系统备份和保护。

毫无疑问，5G 服务将越来越依赖对 PTP 的设计，这样才能确保在整个网络中提供弹性和确定性的授时。随着开放式 RAN 架构不断发展并被 5G 部署所采用，5G 无线电中将不再使用 PTP 授时流，且不再要求 DU 成为 5G 无线电的最高级时钟授时链的一部分。具体如下图 C 所示。



图C. 此图描绘了一个 PTP 最高级时钟，它使用 PTP 协议直接向 5G 无线电中的 PTP 从站传输时间

## 总结

5G 引入了一些重大变化，这些变化几乎涵盖了移动无线网络架构的各个方面，包括所使用的 RF 频率、无线电 I/Q 数据的传输、传输架构以及网络的同步方式。在 3G 和 4G 系统中对 GPS 的依赖正转向 PTP，其原因包括存在新的安全性和可靠性问题，需要在没有卫星系统视距的情况下极为严格保证的 5G 无线电授时，以及运营商倾向于保证关键授时服务的相位对齐和控制。

更具确定性和更严格的授时能够为永远在线且无处不在的宽带服务提供支持，而这将成为 5G 网络的标志。