



Robust
Synchronization
&
Critical
infrastructures

Part 3

5G和工业4.0中的时间同步

使用

NTP / PTP IEEE1588 GNSS 时间服务器

关键词

ITU-I G8275.1 & 2 TSN SMART GRIDS IED PMU

Waldemar Sielski
Tomasz Widomski



时间在5G电信
& 工业 4.0



2G/3G vs 4G/Lte
时间同步



时域运营5G



备份时间中心
TaaS - 时间作为一项服务

作者



Waldemar Sielski Microsoft Poland CEO 1992-2000

1985–1989年，他在UNIDO (联合国工业发展组织) 华沙办事处担任计算机顾问。1991–1992 年期间他受雇于Olivetti华沙办事处。从1992 到 2000 年任微软波兰公司总经理。他创建了微软公司在波兰的分公司架构，并在波兰市场成立后的最初8年中制定了公司策略。在2000 年1月，他获得INFOST AR'99软件业务发展年度人物奖，以表彰他对波兰市场增长的贡献。第三届波兰信息技术大会程序委员会副主席。目前是计算机、房地产和农业领域的投资者。他也是Interkl@sa 项目的专家，并作为波兰移动和无线通信技术平台和波兰信息技术和电信商会董事会的积极参与者做出了贡献。现任和曾任多家公司监事会成员，如：Sport Medi ca S .A., MCI Management S.A., Logotec S.A., Inteliwise S.A., Ka-Na Sp.z o.o。毕业于华沙大学数学、信息学和机械系，以及华沙计划和统计学院外贸研究研究生班。



Elproma CEO 1992-2014 ([profile PDF](#)) Tomasz Widomski

他拥有计算机科学学位(华沙理工大学，波兰，1990年)，和经济学学位，2013年在华沙经济学院学习公司评估方法。ELPROMA公司CEO (1992-2014) 目前担任监事会成员一职。同步解决方案的发明者，拥有30多年的IT经验。他主管ELPROMA公司的NTP/PTP IEEE1588时间服务器生产线，通过其研发获得了几个巨大的国际市场。成功案例包括：DEMETRA Horizon 2020项目 (2014-2016) /共同开发GALILEO的安全UTC地面时间传播；CERN White Rabbit (2009-2014) – 下一代高精度PTP协议。他是波兰科学院、Pik-Time和Thales Alenia Space的Facebook/NVIDIA OCP-TAP顾问，为GSA主办的GIANO项目的第一个EU FGALILEO接收机的网络同步做出贡献。自2003年以来，他一直是波兰TA (PL)原子时标实验室的成员，并且是金融市场MiFID II，配电IEC61850和电信5G的专业同步顾问。从2019年开始，他与ELPROMA团队合作研发了第一台东欧ePRTC/cnPRTC预测性高精度时钟。



5G和工业4.0中的时间

由于智能手机和智能手表的出现，调整手表时间的需求已经消失。我们相信网络时间，并且我们已经习惯了与GSM移动网络进行时间和日期的自动同步。然而当我们把手机并排放置，使用不同的运营商，我们会惊讶的发现显示器上的时间并不相同。我们怎么能相信这样的时间信息呢？

虽然微小的时间差异对人类来说并不重要，但当工业进入未来的智能化时代，它们会给工业带来问题。运营商之间的时间差异有很多原因，但在最终的工业4.0完全依赖5G解决方案之前，必须解决这些差异。它将影响用户对信技术的安全和满意度。在工业4.0中，生产者、供应商和客户之间的依赖关系创建了一个“智能”生态系统，基于对未来事件的预测，无论是好的还是坏的，并允许“及时”实施优化或替代程序。这是当今流的行业术语大数据、机器学习（ML）和人工智能（AI）交汇的领域，而所有这些自动化、智能技术的正确和稳定运行的保证将是时间的同步。



2G/3G时间同步 vs Lte 4G 时间同步

在2G/3G通信中，除了保证系统事件记录（LOG）的时间顺序，忽略时间和日期在计费系统中的作用外，不需要精确的同步。在旧的电信系统中，频率是很重要的，因为它必须保持无线网络传输信道的稳定性，而这些又反过来影响效率（带宽）和服务质量。但它只像时钟上的秒针，没有分针和时针。如果受到影响，比如如在通话中出现回声，在旅行中数据传输连接中断，很可能是由于分布式基站（BTS）和电信设备不够协调造成的。

随着4G/LTE的出现，情况得到了改善。电信公司通过在节点和基站安装时间参考卫星接收机，大大改善了定时。不幸的是，媒体上报道的卫星问题越来越多，导致运营商之间的时间指示不一致，甚至在一家公司的网络中出现了差异化的情况。然而，手机上的时钟通常表示从最近的BTS接入点下载的时间。



保持时间域

事实还表明，卫星时间并不是通用的，它取决于一个特定的全球导航卫星系统（GNSS系统）。这些差异并不大，和特定的接收器，即制造商、型号，有时还取决于固件版本但例如，美国GPS和俄罗斯GLONASS之间30-40纳秒的差异对于5G电话来说是一个重大的复杂问题，而对于工业4.0来说也是如此。中国的北斗和美国的GPS，欧洲的GALILEO时间差异约4-5ns，适合5G。

GSM运营商也有自己的原子钟没错，这意味着时间合规性问题应该会自动解决。不幸的是，事实并非如此，因为这些pattern并不能总是到达用户手机登录的位置。即使原子钟读数到达整个基础设施，问题仍然存在，尽管程度较轻。原子钟是稳定的，每几百年落后或加速一秒，但它们只有一个替代秒针的功能。设置剩余的“时钟指针”和日历仍然需要GNSS。

如果没有大范围的时间合规性，就不可能对无线电频段进行微调，也不可能对传输通道进行管理。这可以通过引入额外的安全性来解决，但这将以牺牲带宽为代价，而带宽是用大量金钱购买的。因此，性能会降低，不稳定性会降低传输速度和同时服务的用户数量，包括M2M无线遥测设备。因此，在5G通信中，需要非常精确的百万分之一秒（1 μ s）级别的同步。从同步设备来看，例如波兰Elproma公司生产的PTP IEEE1588服务器（www.elpromatime.com），精度甚至有望达到数十亿分之一秒---纳秒（1 ns）。这个本地设备被认为是世界上最好的、有价值的仪器之一。它也更适合本地威胁和地缘政治局势。这一事实在电信公司的网络安全方面很重要。因为众所周知，有时GNSS系统可能被操纵和破坏稳定。例如，在许多国家，使用私人的GSM中继器可能会对小区网络本身造成危险和受法律限制，特别是当我们处理特定GNSS信号的专业干扰时。在基于GNSS的基础设施的情况下，攻击和欺骗卫星信号也是可能的）。

公众还缺少罕见但危险的整个卫星系统的故障的意识，这样的故障不仅会破坏5G的稳定，而且会直接影响行业的运作。最危险的是内部干扰，例如2016年01/26的一次，被称为卫星问题No. 23 - SVN23 (<https://www.itnews.com.au/news/satellite-failure-caused-global-gps-timing-anomaly-414237>)，它给整个GPS引入了13.5微秒的误差，持续了很多个小时。如此大的错误读数可能会造成同步性的丢失，这将破坏从电信、到能源部门，再到证券交易所和金融部门等关键结构的运行稳定性。在讨论威胁问题时，还应该记住，除了欧洲的GALILEO外，其他所有系统，即美国的GPS、俄罗斯的GLONASS、中国的BEIDOU、印度的IRNSS都是军事基础设施，在危机情况下不能提供全球服务，但它们可以很好地支持本地的产业。



备份时间中心 TaaS – 时间作为一项服务

因此，几年来，许多国家越来越多地建立了专门的备份时间中心。它们是卫星的一个替代时间来源。在用光纤连接到中心后，用户，包括5G运营商（并通过它们成为工业4.0的受益者）、能源智能电网或金融机构以时间作为一项服务（TaaS--Time as a Service）的形式接收铯原子时间标准。它取代或支持目前严重依赖GNSS的基础设施，并使用卫星模式进行同步。这种付费服务已经在美国和联合国启动（如伦敦国家实验室、美国国家技术研究所），其他欧盟国家也正在实施工作。

今天的TaaS服务中的同步时使用精密时间协议PTP IEEE1588来完成的，但之前NTP（网络时间协议）使用得很好，现在每台电脑中都还用着它。NTP最大的成就在于它结合了Unix、BSD、Netware、Linux、OSX、Apple OS/iOS和微软Windows标准，PTP协议通过连接支持CLOUD/EDGE/FOG计算的基础设施的最大机房和数据中心，包括微软Azure，提供了惊人的同步精度。NTP/PTP两种解决方案在操作理论上是相似的，大家可以讨论一下它们的优缺点。

PTP的局限性在于它只可以在局域网/广域网中使用，不能在Internet上运行。其优点是具有更好的同步精度，这并不是由于协议本身，而是由于它与网卡的关系。由于集成的结果，可以考虑（校准）内部延迟。校对是低层次的，在技术俚语中称为硬件标记时间或硬件时间戳。得益于此，其精度达到了纳秒级水平。最近，西门子提出了一项新方案，通过提高标准精度x10和x100来改进旧的NTP。

但这个计时记录属于欧洲核子研究中心的“white Rabbit”技术，该技术在皮秒（万亿分之一秒）级别上运行。。然而，这不仅是瑞士制表商的成功（欧洲核子研究中心在瑞士），也是波兰和西班牙对世界同步技术的重大贡献。white Rabbit是《爱丽丝梦游仙境》中的一个角色，在遇到爱丽丝时，遇到了守时的问题，把她带进了梦游仙境。该协议在初始阶段由华沙理工大学毕业生Tomasz Wloostowski（CERN）、Grzegorz Daniluk（Elpoma，现为CERN）、Maciej Lipinski（CERN）等人共同创建，Elpoma也参与其中。Tomasz Widomski（ELPROMA）最初在2012年接受了在PTTI/ION引入该协议的艰难挑战：<https://elpromatime.com/wp-content/uploads/2018/10/PTTI-2011-White-Rabbit.pdf>

WR最初被认为是马上就要成功了，但不幸的是，它在标准化进程中落后了。直到2020年5月，该协议才获得标准化，并被纳入PTP IEEE1588:2019标准。该协议在DEMETRA Horizon2020项目期间使用。考虑到5G部署的健壮同步，这也许是5G核心同步需要考虑的方向。

Waldemar Sielski
Tomasz Widomski