



※ 参考:《针对 2020 年实现 5G 的举措》(日本总务省)

图 7.22 高速移动环境 V2X 的远程控制示例

## [与 TCP 的关系] 关于确保可靠性 结合规模考虑“时延”与“拥塞控制”

业内已经针对“时延”进行了多次讨论,但根据讨论的规模不同,所面临的问题和需要的技术都会有很大不同。

如果只涉及传输区间(有线/无线),便可以考虑使用帧格式重定义,以及低计算量且高可靠性的信号处理等技术。

如果涉及网络规模,可以考虑引入边缘计算,或者根据服务的要求使用网络分片进行带宽控制的技术等。当自动驾驶的自动化程度加深之后,收发视频、地图信息等大量数据的能力显然也不可或缺。这样的话,各种各样的网络流量就会通过自动驾驶这一媒介进入到网络之中。其结果就是,“使用网络控制技术进行对应的处理”会成为新的难题。不仅如此,随着远程控制规模的扩大,只要其中的过程需要经过互联网,那么拥塞控制便是必不可少的。按照这种思路考虑,我们一定能看到关于 TCP 发展的启示。

## 7.6

### 小结

如本书所述，TCP/IP 在 20 世纪 80 年代便已成形，之后随着互联网的普及逐渐推广开来，并一直发展到现在。在这个过程中，随着新技术和服务的出现，TCP 进行了各种各样的改良，最后才确定了现在使用的诸多技术。第 2 章介绍了这一发展的来龙去脉。

此外，从本书第 4 章到第 6 章主要关注的拥塞控制算法来说，自为了规避拥塞崩溃问题而引入 Tahoe 算法以来，各种算法随着应用程序和通信环境的变化被开发出来。

首先，如第 5 章所述，虽然一直以来作为标准使用的是 Reno 和 NewReno，但是随着近些年来互联网环境的变化，即传输速率高速化，云服务普及，名为长肥管道的宽带、高时延环境普及等，Reno 和 NewReno 出现了带宽利用效率较低的问题。

针对这些问题，CUBIC 被开发了出来。CUBIC 通过简单的算法实现了强扩展性、RTT 公平性，以及与现有算法的亲合性。目前 CUBIC 已经是 Linux 中默认支持的算法，并且已经成为主流的拥塞控制算法之一。

随后，如第 6 章所述，存储成本的下降与通信速度的提升使得交换机、路由器等网络设备中搭载的缓冲区存储容量增大，随之暴露出来的问题便是，基于丢包的拥塞控制算法由于缓冲区时延增大导致吞吐量下降。针对这一问题，以 RTT 为指标的基于延迟的拥塞控制算法 BBR 被新开发出来，并逐渐发展起来。然而，以上各种各样的优秀算法都有各自的特点，它们适应的环境也各不相同。因此，我们无法断言哪种算法更加优秀，而是需要根据具体环境选择合适的算法与技术。

接下来，本章则为了详细叙述现在和未来的 TCP 相关技术的发展变化情况，介绍了一些与 TCP 相关联的、公认的较为重要的具体应用事例，主要有 5G、物联网、数据中心和自动驾驶这 4 种。针对这些应用事例，本章不仅介绍了技术和社会方面的背景和产生的相应问题，还详细阐述了 TCP 相关的动向。此外，本章还介绍了在这些应用场景下，业界为了满足

不同的全新通信环境和需求条件而研究讨论具体方案的情况。

这些并非是过去的历史，而是当前正在发生的，换句话说，它们是正在开发推广并在逐步推进之中的技术，今后也很可能会根据具体情况而不断发展变化。无论如何，TCP 目前在各种领域被广泛使用，今后也会是重要的通信协议之一。倘若读者能通过本书学习到 TCP 的基本技术，以及至今为止的发展历程，想必一定可以更轻松地把握 TCP 未来可能会发生的各种变化。

## 参考资料

---

- 《The 2018 Ethernet Roadmap》( Ethernet Alliance, 2018 ) .
- Cisco Systems, Inc., . Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017—2022 [R/OL]. 2018.
- 《数据中心 TCP ( DCTCP ) : 面向数据中心的 TCP 拥塞控制》( RFC 8257 ) .
- 《IMT 愿景——2020 年及之后 IMT 未来发展的框架和总体目标》( 国际电信联盟, 2015 年 9 月 ) .
- K. Nguyen, M. G. Kibria, J. Hui, et al. Minimum Latency and Optimal Traffic Partition in 5G Small Cell Networks [J]. 2018 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Porto, pp.1-5, 2018.
- 首相官邸 . 官民 ITS 構想・ロードマップ 2018 [EB/OL]. 2018.
- 総務省 . 2020 年に向けた 5G 及び ITS・自動走行に関する総務省の取組等について [EB/OL]. 2017.
- 総務省 . 2020 年の 5G 実現に向けた取組 [EB/OL]. 2018.
- 樋口拓己, 吉野正哲, 新宮秀樹, 等 . 5G に向けた高精細映像伝送に関する取り組み [J]. 信学技報, vol.118, no. 254, RCS2018-168, pp.95-100, 2018.



# 版 权 声 明

*TCP GIJUTSU NYUMON: SHINKA WO TSUDUKERU KIHON PROTOCOL*

by Ryoma Yasunaga, Yu Nakayama, Kazuki Maruta

Copyright © 2019 Ryoma Yasunaga, Yu Nakayama, Kazuki Maruta

All rights reserved.

Original Japanese edition published by Gijutsu-Hyoron Co., Ltd., Tokyo

This Simplified Chinese language edition published by arrangement with  
Gijutsu-Hyoron Co., Ltd., Tokyo in care of Tuttle-Mori Agency, Inc., Tokyo

本书中文简体字版由 Gijutsu-Hyoron Co., Ltd. 授权人民邮电出版社  
有限公司独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭  
本书内容。

版权所有，侵权必究。