

Teaching Method of Network Connection Experiment of IoT Specialty

Henghua Shi^{1, a}, Baoping Han^{1, b*} and Xiaoshun Li^{1, c}

¹School of Computer and Information Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China

^ahenghuashi@163.com, ^bhbp@bac.edu.cn, ^clxs@bac.edu.cn

*The corresponding author

Keywords: Internet of Things; Network Connection; PPP; HDLC; Frame Relay; Simulation

Abstract. The Internet of things (IoT) is an integral part of the Internet, and the connection technology with other networks such as computer network is one of the important content of the teaching of Internet of things engineering. For carry out the network connection experiment content effectively, we construct and configure a network topology simulation experiment such as frame relay protocol (Frame Relay), high level data link control protocol (HDLC) and point-to-point protocol (PPP) based on Packet Tracer network simulation software. The simulation results show that the teaching method of this simulation experiment can break through the shackles of the actual network experimental environment, and successfully complete the network connection experiment between the Internet of things and computer network.

Acknowledgement: Corresponding author is Han Baoping. The authors would like to acknowledge the supports provided by 2016 General Scientific Research Project of Beijing Municipal Education Commission (PXM2016_014207_000008).

物联网工程专业中网络连接实验内容的教学方法

石恒华¹, 韩宝平^{1*}, 李小顺¹

¹ 北京农学院计算机与信息工程学院, 北京 中国

摘要: 物联网(IoT)是互联网的一个组成部分,它与计算机网络等其它网络的网络连接技术是物联网工程专业教学的重要内容之一。为了有效的开展物联网网络连接实验内容,基于 Packet Tracer 网络仿真软件,构建和配置了一个包括帧中继协议(Frame Relay)、高级数据链路控制协议(HDLC)和点对点协议(PPP)等广域网连接技术的网络拓扑,进行了网络连接仿真实验。仿真结果表明,采用这种仿真实验的教学方法,能够突破实际网络实验环境的束缚,并顺利的完成物联网与计算机网络的网络连接实验内容。

关键词: 物联网; 网络连接; 点对点协议; 高级数据链路控制; 帧中继; 仿真

1 前言

包括物联网[1]的计算机网络最重要的技术是网络连接技术。通过这种网络连接技术,物联网都可以与计算机网络等不同的网络进行连接。目前,三个网络连接技术[2],如帧中继协议(Frame Relay)[3]、高级数据链路控制协议(HDLC)[4]和点对点协议(PPP)[5]。在传统的包括物联网在内的计算机网络实验教学中,大多数高校都需要增加大量的实际网络设备。但是,许多高校没有足够的预算来购买这些实际的网络设备。

为了突破实际网络实验环境的束缚,有效的开展物联网网络连接实验内容。本文通过对各种网络仿真

软件的分析，提出基于 Packet Tracer 网络仿真软件，构建和配置一个包括帧中继协议（Frame Relay）、高级数据链路控制协议（HDLC）和点对点协议（PPP）等广域网连接技术的网络拓扑，进行网络连接实验。获得的实验结果表明，采用这种仿真实验的教学方法，能够取得与实际网络设备中进行实验相同的结果。体现出物联网与广域网的连接技术的效率高、性能好等特性，通过这种仿真实验的教学方法，可以更方便、简单地学习和研究与广域网连接的物联网技术。

2 网络连接技术

2.1 帧中继（Frame Relay）

帧中继（Frame Relay）是一种标准广域网技术，它使用分组交换方法来指定数字电信信道的物理链路和逻辑链路层。帧中继旨在为计算机局域网（LAN）和计算机广域网（WAN）的端点之间的间歇性业务提供具有成本效益的数据传输的电信服务。

整个帧中继帧开始标志字段等五个领域（FLG），地址字段（ADR），信息（数据）的数据字段、帧校验序列字段（FCS），和结束标志字段（FLG）。地址字段是特殊领域，包括数据链路连接标识符（DLCI），命令/响应（C R），地址字段扩展（EA），拥塞通知（FECN），后向显式拥塞通知（BECN），并丢弃合格（德）。每个地址字段可能占据 2 到 3 字节或字节，2 字节 4，2 或 5，这取决于使用的地址范围。

2.2 高级数据链路控制（HDLC）

高级数据链路控制（HDLC）是一个面向比特的同步数据链路层协议，其透明代码由国际标准化组织（ISO）提供。数据和控制信息的传输都是 HDLC 帧，可以通过同步或异步传输链路。整个 HDLC 帧开始标志字段等六个区域（FLG），地址字段（ADR），控制（控制），数据字段（数据），帧校验序列字段（FCS），和结束标志字段（FLG）[6][7]。

2.3 点对点协议（PPP）

点对点协议（PPP）是一种用于建立两个节点之间直接连接的数据链路协议。PPP 可以提供连接认证、传输加密和压缩。PPP 协议是一种分层协议，它有三个组件，如封装组件、链路控制协议（LCP）和网络控制协议（NCP）。

PPP 帧封装在一个低层协议中，该协议可以提供诸如校验和等其他功能来检测传输错误。整个 PPP 帧有八个字段如启动标志字段（FLG），地址字段（ADR），控制（控制），协议（协议），信息数据字段（数据），填充字段（填充），帧校验序列字段（FCS），和结束标志字段（FLG）。

3 Packet Tracer 仿真软件

Packet Tracer[8]是由 Cisco（思科）公司发布的功能强大的网络设备仿真软件，提供了网络线路、终端设备、交换机、路由器等网络设备的非常全面的配置功能仿真，为学习和应用思科网络设备的人员去设计、配置、排除网络故障提供了网络模拟环境。利用该软件，可以灵活设计设计和配置各类网络线缆实验。用户可以在软件的图形用户界面上直接使用拖曳方法建立网络拓扑，并可提供数据包在网络中行进的具体处理过程，观察网络实时运行情况。在计算机网络技术教学和科研工作中引入 Packet Tracer 仿真软件[9][10][11]，能够一定程度上解决网络设备短缺的问题，有利于深入理解和分析交换机及路由器相关知识，提高对交换机及路由器配置方法和命令的运用能力，为网络技术的教学和科研工作提供帮助。

4 仿真实验教学方法

4.1 仿真网络拓扑教学环境

本文基于 Packet Tracer 网络仿真软件，构建和配置了一个包括帧中继协议（Frame Relay）、高级数据链路控制协议（HDLC）和点对点协议（PPP）等广域网连接技术的网络拓扑，进行了网络连接仿真实验。仿真网络拓扑教学环境如图 1 所示。

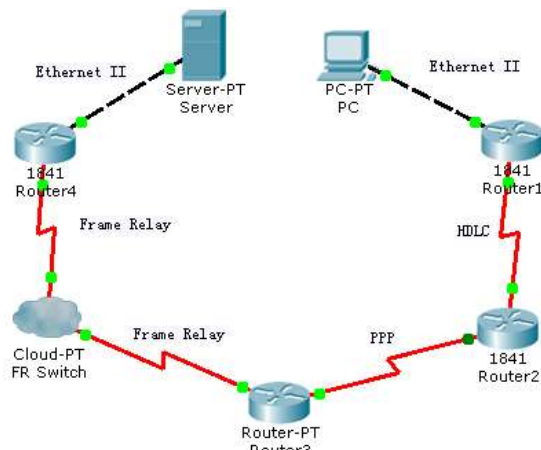


图 1 仿真网络拓扑教学环境

在图 1 的仿真网络拓扑教学环境中，有一条从 PC 到服务器，经过 HDLC、PPP、帧中继链路。一个数据包从 PC 到服务器经过以太网帧、HDLC 帧、PPP 帧、帧中继帧。

4.2 仿真结果与分析

PC 到 router1, router4 到服务器的数据连接为以太网帧，以太网帧结构如图 2 和图 3 所示。图 2 中，目的地址 0001.9649.67bdBD 是 Router1 的 MAC 地址，源地址 0090.0c42.728c 是 PC 的 MAC 地址。图 3 中，如图 5，目的地址 0009.7c91.3990 是服务器的 MAC 地址，源地址 0002.16 是 router4 端口 MAC 地址。

Ethernet II

| | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------|
| 0 | 4 | 8 | 14 | 19 Bytes |
| PREAMBLE: 101010...1011 | | DEST MAC: 0001.9649.67BD | SRC MAC: 0090.0C42.728C | |
| TYPE: 0x800 | DATA (VARIABLE LENGTH) | | FCS: 0x0 | |

图 2 以太网帧从 PC 到路由器

Ethernet II

| | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------|
| 0 | 4 | 8 | 14 | 19 Bytes |
| PREAMBLE: 101010...1011 | | DEST MAC: 0009.7C91.3990 | SRC MAC: 0002.1602.D842 | |
| TYPE: 0x800 | DATA (VARIABLE LENGTH) | | FCS: 0x0 | |

图 3 以太网帧从 router4 到服务器

从 router1 到 router2 为 HDLC 帧，从 router2 到 Router3 为 PPP 帧，从 router3 到 Router4 为帧中继帧。HDLC 帧、PPP 帧、帧中继帧结构如图 4、图 5、图 6 所示。

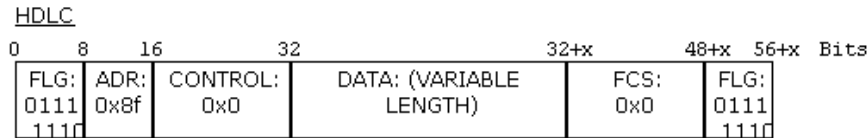


图 4 从 router1 到 router2 的 HDLC 帧

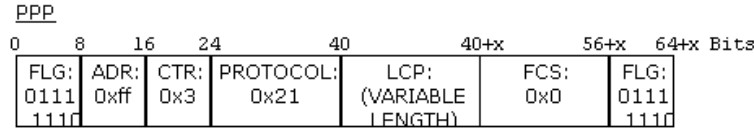


图 5 从 router2 到 Router3 的 PPP 帧

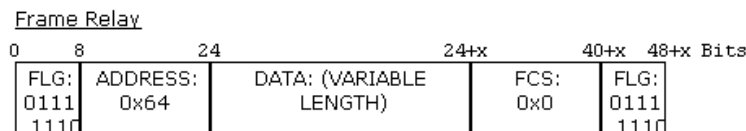


图 6 从 router4 Router3 的帧中继帧

基于 HDLC 帧、PPP 帧、帧中继帧结构的分析，可以看出：1) 图 4 中 HDLC 帧地址字段为 0x8f（十六进制），转换为 10001111（二进制），这是 HDLC 帧的控制信息和数据信息；2) 图 5 中 PPP 帧控制字段和协议字段是 0x03 和 0x21（十六进制），这意味着这个 PPP 帧只用于传输 IP、TCP 数据信息。

在整个 PC 到服务器的发送过程中，从一个网络设备到另一个网络设备的数据链路层时，MAC 地址发生了变化。但是，IP 地址，包括目的 IP 和源 IP 没有改变。目的 IP 是服务器 IP，源 IP 是 PC 的 IP。通过对从服务器到 PC 的整个回复过程与从 PC 到服务器的发送过程相同。

5 结论

在分析广域网的 HDLC、PPP 和帧中继协议基础上，基于 Packet Tracer 仿真环境中建立一个包括 HDLC、PPP 和帧中继等内容的仿真网络拓扑教学环境。仿真结果表明，仿真实验环境与实际网络实验环境得出的实验结果完全相同，采用这种仿真实验的教学方法，能够突破实际网络实验环境的束缚，可以顺利的完成物联网与计算机网络的网络连接实验内容。针对物联网与广域网的网络连接技术的高效性和实时性，仿真教学方法可以代替实际的网络设备，更容易、更简单地学习物联网网络连接技术。

6 致谢

本文研究得到通讯作者韩宝平老师的大力帮助，本文为 2016 年北京市教委科研计划一般项目 (PXM2016_014207_000008) 的阶段成果之一。

参考文献：

[1] Höller, J. & Tsiatsis, V. etc. From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence. Elsevier, 2014, ISBN 978-0-12-407684-6.

[2] Groth D. and Skandler T. Network Study Guide, Fourth Edition. Sybex, Inc. ISBN 0-7821-4406-3.

[3] Bradley, T., Brown, C., and A. Malis, Multiprotocol Interconnect over Frame Relay, RFC 1490.

[4] ISO/IEC 4335:1991(E). Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-High-level data link control (HDLC) procedures-Elements of procedures, International Organization for Standardization, Fourth edition 1991-09-15.

[5] Simpson, W. The Point-to-Point Protocol (PPP), STD 51, RFC 1661, 1994.

- [6] Stallings W. *Data and Computer Communications* (7th ed.). Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall. ISBN 978-0-13-100681-2.
- [7] S. Tanenbaum, Andrew (2005). *Computer Networks* (4th ed.). 482, F. I. E. , Patparganj, Delhi 110 092: Dorling Kindersley(India)Pvt. Ltd., licenses of Pearson Education in South Asia. ISBN 81-7758-165-1.
- [8] Information on <https://www.netacad.com/web/about-us/cisco-packet-tracer>.
- [9] 李永, 甘新玲. 基于Packet Tracer的路由综合实验设计与实现. *实验室研究与探索*. 2015, 34(9): 111-114.
- [10] 杨妹, 罗佳. 基于Packet Tracer软件的小型局域网络设计与仿真. *实验技术与管理*. 2015, 35(1): 150-152.
- [11] Frezzo D. C., Behrens J. T., Mislevy R. J., West P., DiCerbo K. E. Psychometric and evidentiary approaches to simulation assessment in Packet Tracer software. *Proceedings of the 5th International Conference on Networking and Services, ICNS 2015*. p, 555-560.

References

- [1] Höller, J.& Tsiatsis, V. etc. *From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence*. Elsevier, 2014, ISBN 978-0-12-407684-6.
- [2] Groth D. and Skandler T. *Network Study Guide, Fourth Edition*. Sybex, Inc. ISBN 0-7821-4406-3.
- [3] Bradley, T., Brown, C., and A. Malis, *Multiprotocol Interconnect over Frame Relay*, RFC 1490.
- [4] ISO/IEC 4335:1991(E). *Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-High-level data link control (HDLC) procedures-Elements of procedures*, International Organization for Standardization, Fourth edition 1991-09-15.
- [5] Simpson, W. *The Point-to-Point Protocol (PPP)*, STD 51, RFC 1661, 1994.
- [6] Stallings W. *Data and Computer Communications* (7th ed.). Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall. ISBN 978-0-13-100681-2.
- [7] S. Tanenbaum, Andrew (2005). *Computer Networks* (4th ed.). 482,F.I.E., Patparganj, Delhi 110 092: Dorling Kindersley(India)Pvt. Ltd., licenses of Pearson Education in South Asia. ISBN 81-7758-165-1.
- [8] Information on <https://www.netacad.com/web/about-us/cisco-packet-tracer>.
- [9] Li Yong, Gan Xin-ling. *Design and Realization of Integrated Routing Experiment Based on Packet Tracer. Research and Exploration In Laboratory*. 2015, 34(9): p111-114.
- [10] Yang Shu, Luo Jia. *Design and Simulation of Small-sized Local Area Network Based on Packet Tracer Software*. *Experimental Technology and Management*. 2015, 35(1): p150-152.
- [11] Frezzo D. C., Behrens J. T., Mislevy R. J., West P., DiCerbo K. E. Psychometric and evidentiary approaches to simulation assessment in Packet Tracer software. *Proceedings of the 5th International Conference on Networking and Services, ICNS 2015*. p,555-560.