物联网架构与技术IOT-A-5-1

第 五章　　物联网的网络层

北京交通大学计算机学院网络管理研究中心 刘峰
fliu@bjtu.edu.cn

2023年11月6日

主要内容

一、互联网
二、无线宽带网络
三、无线低速网络
*四、新型网路体系架构技术
*五、自动化网络管理技术
六、小结

一、互联网

1、定义

2、协议

*3、接入技术

*4、网络应用技术（WEB1.0，WEB2.0）

*5、网络管理技术

*6、网络安全

*为自学阅读参考书，网络相关课程将详细学习

定义：互联网（简称Internet）

由使用公用语言互相通信的计算机连接而成的网络，即广域网、局域网及单机按照一定的通讯协议组成的国际计算机网络。

互联网（internetwork，简称Internet），始于1969年的美国ARPANET，又称因特网，是全球性的网络，是一种公用信息的载体，这种大众传媒比以往的任何一种通讯媒体都要快。

ARPANET

- ARPA是美国高级研究计划署的简称，关注电脑图形、网络通讯、超级计算机等研究课题。

- 1962年，J·C·R·利克里德（J.C.R.Licklider）从MIT加入ARPA，后来成为IPTO的CEO。他在任期间将办公室名称从命令控制研究（Command and Control Research）改为IPTO。

萌芽期（1964）

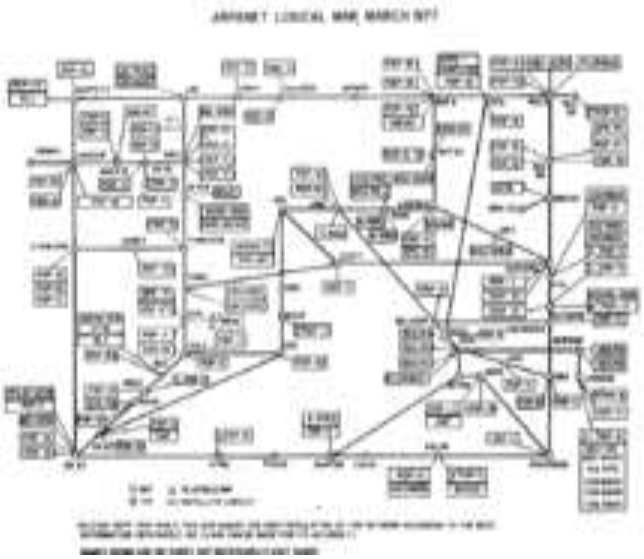
- 1964年伊凡·沙日尔兰德（Ivan Sutherland）继任担任该处处长.

- 2两年后的鲍勃·泰勒（Bob Taylor）上任，他在任职期间萌发了新型计算机网络的想法，并筹集资金启动试验。在鲍勃·泰勒的一再邀请下，日后成为“阿帕网之父”的拉里·罗伯茨出任信息处理处处长。

ARPANET诞生（1967-1969）

- 1967年，罗伯茨来到高级研究计划署ARPA，着手筹建“分布式网络”。人员调度和工程设计很顺利，不到一年，就提出阿帕网的构想。随着计划的不断改进和完善，罗伯茨在描图纸上陆续绘制了数以百计的网络连接设计图，使之结构日益成熟。
- 1968年，罗伯茨提交研究报告《资源共享的计算机网络》，其中着力阐发的就是让“阿帕”的电脑达到互相连接，从而使大家分享彼此的研究成果。根据这份报告组建的国防部“高级研究计划网”，就是著名的“阿帕网”，拉里·罗伯茨也就成为“阿帕网之父”。
- 1969年底，阿帕网正式投入运行。

ARPANET



界面（1988），路由、网络拓扑图（1979）

阿帕网连接方式

- 最初的“阿帕网”，由西海岸的4个节点构成。第一个节点选在加州大学洛杉矶分校（UCLA），因为罗伯茨过去的麻省理工学院同事L.克莱因罗克教授，正在该校主持网络研究。第二个节点选在斯坦福研究院（SRI），那里有道格拉斯·恩格巴特（D.Engelbart）等一批网络的先驱人物。此外，加州大学圣巴巴拉分校（UCSB）和犹他大学（UTAH）分别被选为三、四节点。这两所大学都有电脑绘图研究方面的专家，而泰勒之前的信息处理技术处处长伊凡·泽兰教授，此时也任教于犹他大学。

ARPANET缺点

- ARPA网无法做到和个别计算机网络交流，这引发了研究者的思考。根据诺顿的看法，他的设计需要太多的控制和太多的网络中机器设备的标准化。
- 因此，1973年春，文顿·瑟夫和鲍勃·康（Bob Kahn）开始思考如何将ARPA网和另外两个已有的网络相连接，尤其是连接卫星网络（SAT NET）和基于夏威夷的分组无线业务的ALOHA网（ALOHA NET）瑟夫设想了新的计算机交流协议，最后被称为传送控制协议／互联网协议（TCP/IP）。
- 1975年，ARPA网被转交到美国国防部通信处（Defense Department Communicationg Agence）。此后ARPA网不再是实验性和独一无二的了。

网络涌现：大量新的网络在1970年代开始出现

- 包括计算机科学研究网络（CSNET,Computer Science Research Network）
- 加拿大网络（CDnet,Canadian Network），因时网（BITNET,Because It's Time Network）
- 美国国家自然科学基金网络（NSFnet,National Science Foundation Network）。

1985年成为TCP/IP协议突破的一年

- 1982年中期ARPA网被停用，原先的交流协议NCP被禁用，只允许使用Cern的TCP/IP语言的网站交流。1983年1月1日，NCP成为历史，TCP/IP开始成为通用协议。
- 1983年ARPA网被分成两部分，用于军事和国防部门的军事网（MILNET）和用于民间的ARPA网版本。
- 1985年成为TCP/IP协议突破的一年，当时它成为UNIX操作系统的组成部分。最终将它放进了Sun公司的微系统工作站。

ARPANET退役：1990

- 当免费的在线服务和商业的在线服务兴起后，例如Prodigy、FidoNet、Usenet、Gopher等，当NSFNET成为互联网中枢后，ARPA网的重要性被大大减弱了。系统在1989年被关闭，1990年正式退役。

评价和影响

- 以现在的水平论，这个最早的网络显得非常原始，传输速度也慢的让人难以接受。但是，阿帕网的四个节点及其链接，已经具备网络的基本形态和功能。所以阿帕网的诞生通常被认为是网络传播的“创世纪”。
- 不过，阿帕网问世之际，大部分电脑还互不兼容。于是，如何使硬件和软件都不同的电脑实现真正的互联，就是人们力图解决的难题。这个过程中，文顿·瑟夫为此做出首屈一指的贡献，从而被称为“互联网之父”。
- 思考：在今天IOT时代，不同软硬件的互联互通问题仍然存在，2016-1969。

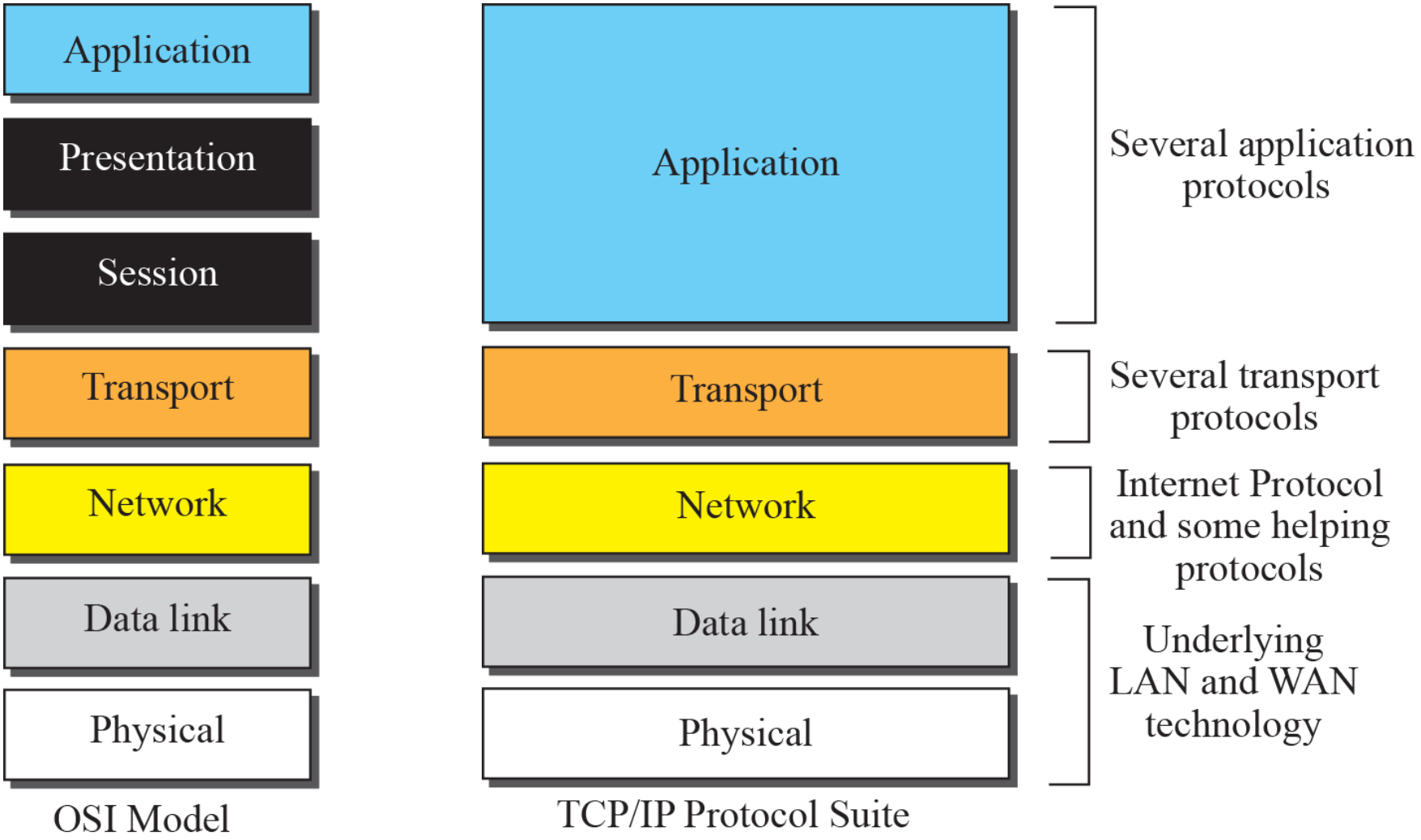
互联网相关协议

- 体系架构
- 主要协议（TCP/IP）
- 物联网应用（基于IP的网络架构）

TCP/IP PROTOCOL SUITE

The TCP/IP protocol suite was developed prior to the OSI model. Therefore, the layers in the TCP/IP protocol suite do not match exactly with those in the OSI model. The original TCP/IP protocol suite was defined as four software layers built upon the hardware. Today, however, TCP/IP is thought of as a five-layer model with the layers named similarly to the ones in the OSI model. Figure 1 shows both configurations.

FIG 1 *TCP/IP and OSI model*



L4 TCP；UDP；用于控制数据流传输

L3 IP；IPv4；IPv6；互联网协议：定义了计算机网络之间互相通信的规则

IPv4：32位地址，43亿

IPv6： 128位地址，地址相对“无限”

L5 高层协议：FTP\HTTP\POP3\Telnet

互联网技术挑战(CISCO预测)

1.互联网的用户将会大增至50亿
2.互联网将扩散到全球各个角落
3.互联网将成为物联网，而不是计算机网络
4.互联网的数据流量将达到艾字节或者皆字节（zettabyte，1012GB）
5.互联网将成为无线网络
6.更多服务将进入云中
7.互联网更绿色
8.网络管理更加自动化
9.互联网将不再依靠永远在线的连接
10.互联网将吸引更多黑客

第3.互联网将成为物联网，而不是计算机网络

- 当有更多的关键性基础设施挂到互联网上时，互联网预计将成为一个设备网络而不再只是一个计算机网络。根据CIAWorldFactbook2009的统计，今天全球的互联网拥有大约5.75亿台主机电脑。而美国国家科学基金会则预计未来会有数十亿个传感器连接到互联网，用于电力和安全监控。到2020年，连接互联网的传感器数量将会比用户数量大好几个数量级。

第4.互联网的数据流量将达到艾字节或者皆字节（zettabyte，1012GB）

- 根据Informa公司的统计，2009年第二季度，全球移动宽带的用户数已突破2.57亿。这表示3G、WiMAX和其他更高速的数据网络技术的年增长率在85%左右。近年来，亚洲是无线宽带用户数最多的地区，而拉美是用户数增长最快的地区。Informa估计，到2014年，全球将有25亿人会成为移动宽带的用户。

第5.互联网将成为无线网络

- 根据Informa公司的统计，2009年第二季度，全球移动宽带的用户数已突破2.57亿。这表示3G、WiMAX和其他更高速的数据网络技术的年增长率在85%左右。近年来，亚洲是无线宽带用户数最多的地区，而拉美是用户数增长最快的地区。Informa估计，到2014年，全球将有25亿人会成为移动宽带的用户。

第6.更多服务将进入云中

- 专家们一致同意，会有更多的计算服务成为云服务。电信趋势国际协会最新的预测表明，到2015年，云计算将会产生超过455亿美元的收入。所以美国国家科学基金会积极鼓励研究人员研究更好的办法，将用户和应用映射到云计算基础架构中去。它还鼓励研究人员思考云服务中关于时延和性能等指标的衡量尺度问题。

第7.互联网更绿色

- 今天，互联网的运营消耗了太多的能源。根据劳伦斯伯克利国家实验室的计算，在2000年到2006年间，互联网所消耗的能量翻了一番。专家们一致认为，未来的互联网架构需要更注重能源效率。然而，当网络技术变得越来越节能时，互联网的能量密集度的增长却落后于数据流量的增长。因此，当能源价格越来越高的时候，互联网向更为绿色的方向发展的趋势将会加速。

第8.网络管理更加自动化

- 除了安全性的弱点之外，今天的互联网的最大弱点就是缺乏内置的网络管理技术。美国国家科学基金会正在启动一个雄心勃勃的项目，准备研发新的网络管理工具。已经在考虑中的概念有系统重启、自诊断协议、颗粒度更细的数据收集和更好的事件追踪等的自动化。所有这些概念都将提供更多的关于网络健康状况的信息。

第9.互联网将不再依靠永远在线的连接

- 未来，会有更多的用户在远程场所办公，更多的用户将依靠无线上网，所以互联网的底层架构就不可能再假定用户是永远在线的。相反地，研究人员需要寻找一些通信技巧，尤其对移动应用来说，能够容忍延迟，或者以一种机会主义的方式进行转发。有一些研究项目甚至在研究跨星际的互联网协议，这类协议会给容忍延迟的网络带来全新的意义。

第10.互联网将吸引更多黑客

- 2020年，会有更多的黑客攻击互联网，因为会有更多的关键性基础设施，例如智能电网等将上线。互联网可以说已经遭遇十月围城，犯罪份子针对终端用户所访问的各个著名网站所发起的攻击次数日益增多。2008年，赛门铁克探测到的新的恶意代码攻击就达160万次，是2007年60万次的两倍多。专家们称，这些攻击在未来只会更有针对性、更为复杂，传播得更广。

1969-2014

- 1969诞生于美国
- 2014年，中国“首届世界互联网大会”
- 2017,第四届世界互联网大会

- 思考：经济与互联网技术的关联

第四届世界互联网大会 201712，03-06

- 将重点展示云计算、大数据、物联网、人工智能、虚拟现实、增强现实、网络安全等领域的新技术、新产品。另外，还有26个和“互联网+”相关的智慧项目将首次亮相这届大会，包括科大讯飞晓译翻译机、阿里无人超市、中电科技智慧路灯杆以及会垃圾捡识的机器人等。
- 2017年18项代表性的领先科技成果，其中微软的人工智能小冰、“滴滴大脑”等多项成果与人工智能相关，显示出人工智能产业已经逐渐从技术突破阶段，向商业应用阶段加速迈进。其它科技成果还包括：Arm公司最新的平台安全架构、新一代北斗三号全球系统、光量子计算机等。

二、无线宽带网络

1、特征：覆盖面广、建设成本低、部署方便，是无线IP通信接入手段之一。

2、按照传输距离分类：

无线城域网（WMAN） WiMAX(公里)

无线局域网（WLAN） WiFi（百米）

无线个域网（WPAN） （10米内）

高速（UWB）

低速（蓝牙和ZigBee）

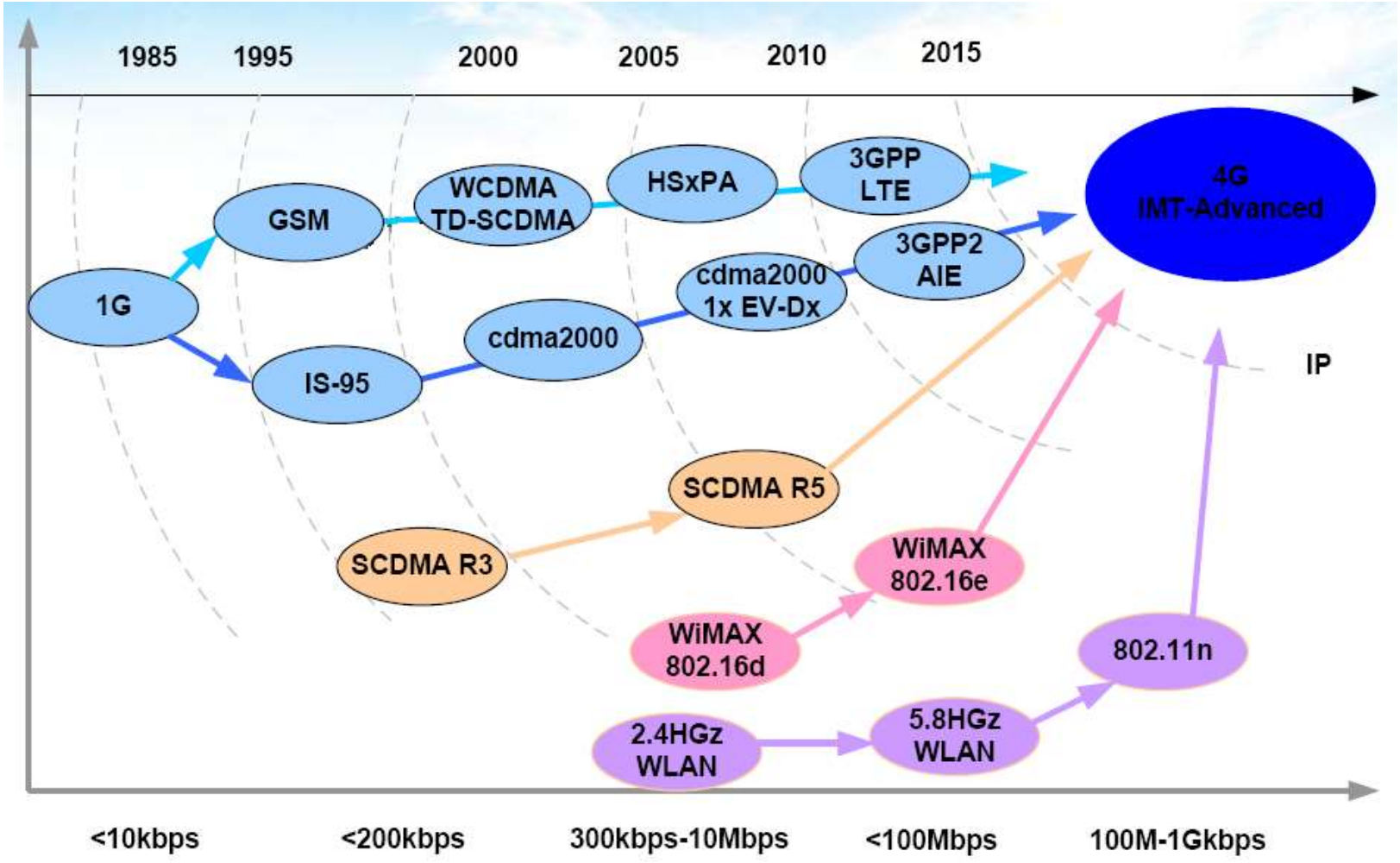
无线通信技术

- WiFi Wireless Fidelity，又称802.11b标准，它的最大优点就是传输速度较高(11Mbps)，有效距离100m. WIFI是由AP(Access Point)和无线网卡组成的无线网络。

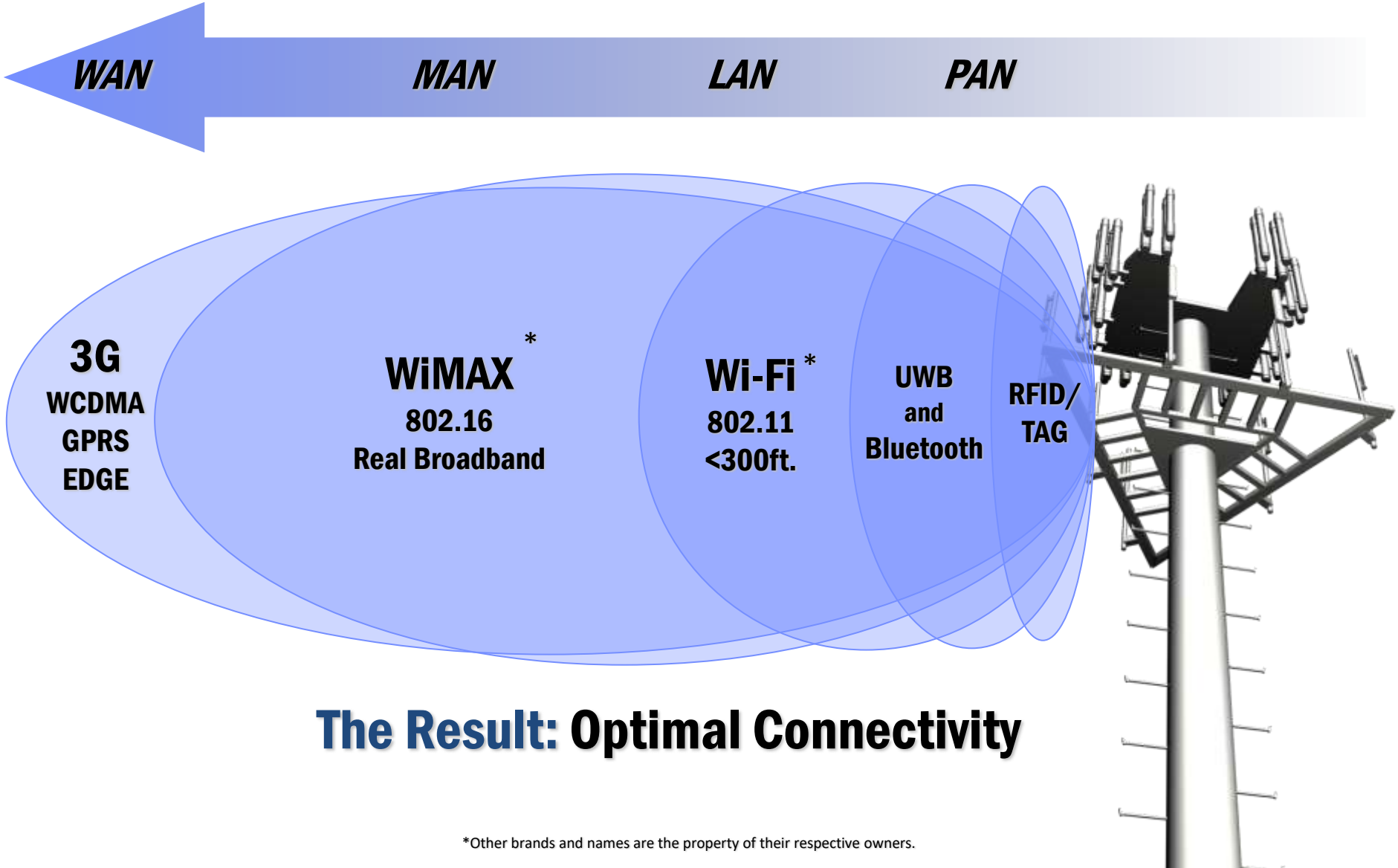
- WLAN 无线局域网络（Wireless Local Area Networks）利用射频（Radio Frequency；RF）或是红外线（InfraRed；IR）的技术，以无线的方式连接二部或多部需要交换资料的计算机设备.

- 3G 第三代移动通信技术。国际电信联盟（ITU）在2000年5月确定W-CDMA、CDMA2000和TD-SCDMA三大主流无线接口标准，写入3G技术指导性文件《2000年国际移动通讯计划》（简称IMT-2000）。
- WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access,微波存取全球互通，将此技术与需要授权或免授权的微波设备相结合之后，由于成本较低，将扩大宽带无线市场，改善企业与服务供应商的认知度。WiMAX技术以IEEE 802.16的系列宽频无线标准为基础。
- 4G

无线通信技术发展


1985
1995
2000
2005
2010
2015
1G
GSM
IS-95
WCDMA
TD-SCDMA
cdma2000
HSxPA
cdma2000
1x EV-Dx
3GPP
LTE
3GPP2
AIE
4G
IMT-Advanced
IP
SCDMA R3
SCDMA R5
WiMAX
802.16d
WiMAX
802.16e
2.4HGz
WLAN
5.8HGz
WLAN
802.11n
<10kbps
<200kbps
300kbps-10Mbps
<100Mbps
100M-1Gkbps

不同无线通信技术将长期共存



The Result: Optimal Connectivity

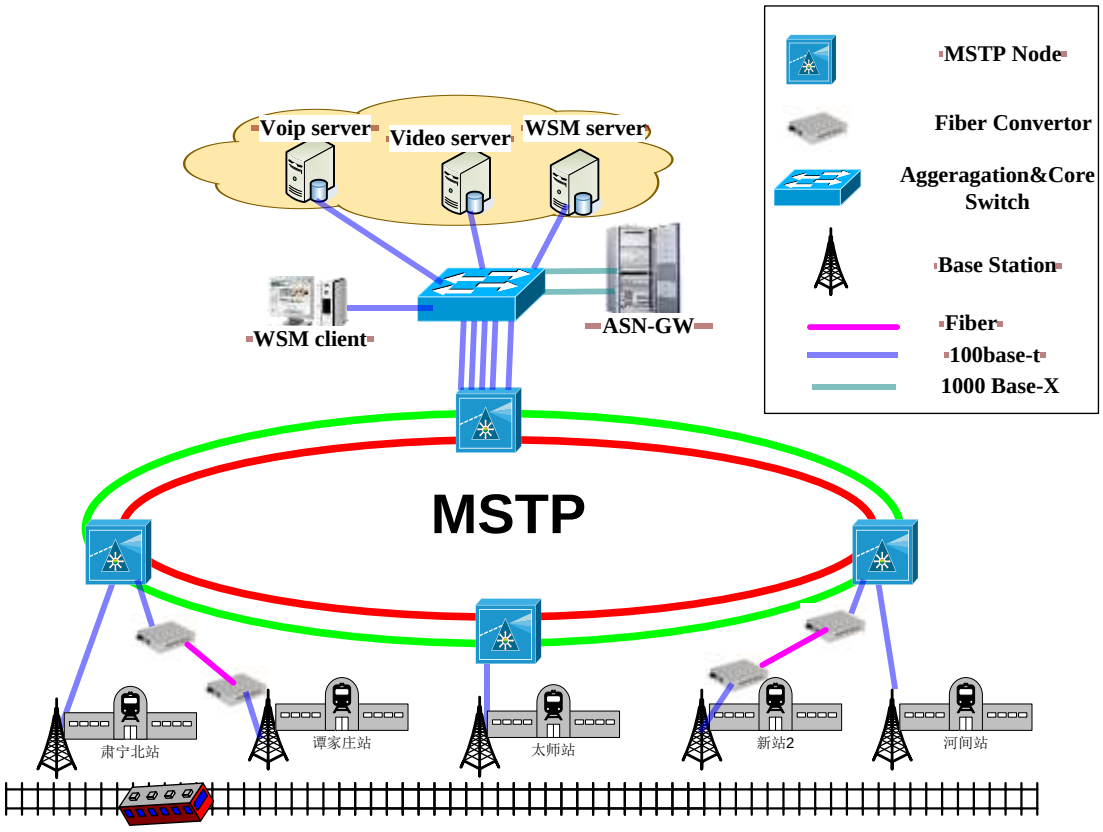
*Other brands and names are the property of their respective owners.

神华铁路线路图

朔黄线600km；大准线264 km ； 神朔线266 km ； 包神线170.15 km

神华铁路目前总长约1300km

SRBW网络示意图



试验段长20km，

站点：肃宁北、谭家庄、太师庄、K421、河间站

铁塔高度35m

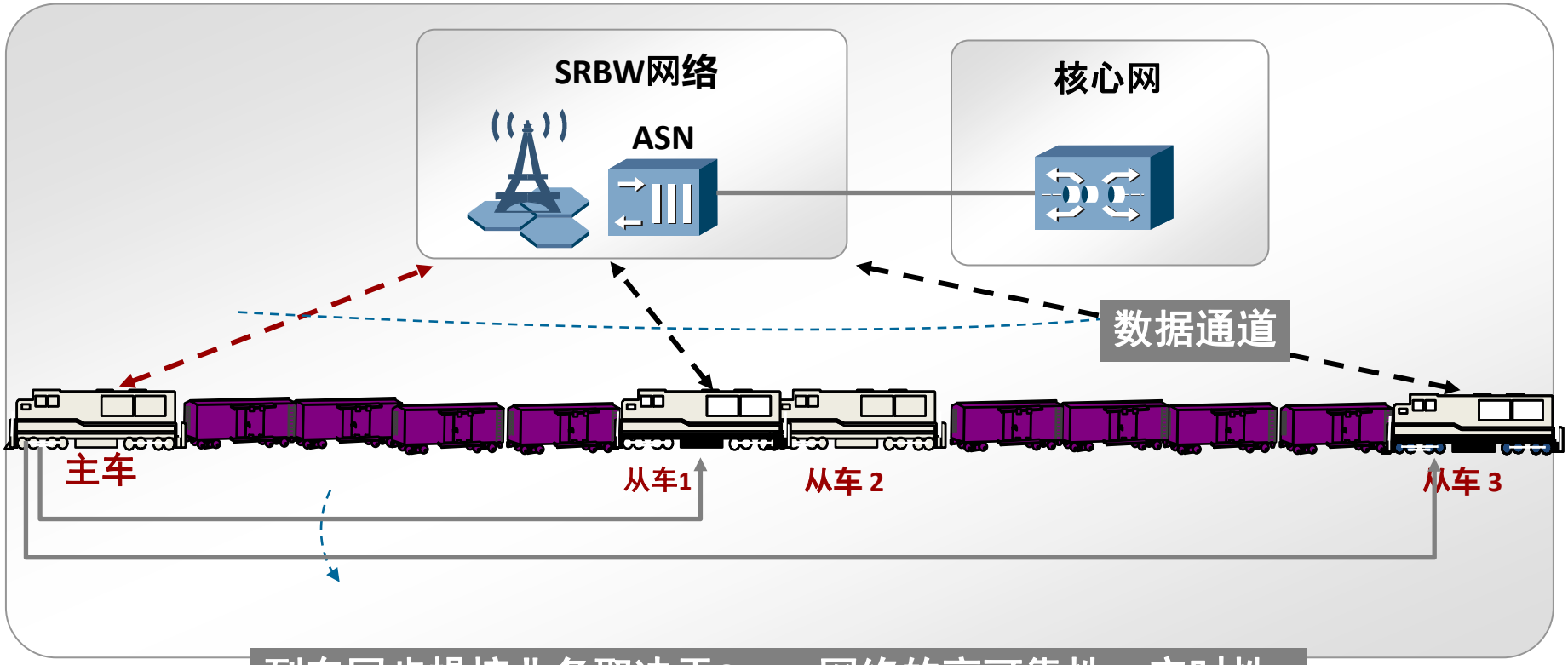
核心网服务器设在肃宁机房

本课题预计今年9月底前完成

铁路业务开发内容

- 机车同步操控
- 列尾风压通信
- 无线列调通信
- 视频预警系统、应急系统
- 专用通信接口等

列车同步操控应用



列车同步操控业务取决于SRBW网络的高可靠性、实时性

4G铁路应用情况

- 台湾高速铁路与台湾工业技术研究院及一些公司配合进行超高速列车的4G接入测试。
  - 实验在桃园，新竹和台南科学工业园区展开，重点测试隧道中信号的衰减，以及地形对4G网络的影响。
  - 实验的目标:当列车以250-300公里/小时的速度移动时，数据传输率可以达到15Mbps。
- 2008年3月，武汉轻轨1号线试验网

三、无线低速网络

1、应用场景：远程监测病人身体状况、家庭自动化设备及门禁系统的远程控制、工业手残中的数据自动采集和处理系统等。

2、特征：网络容量大、成本和复杂度低、能力受限，可传输人的生理参数等简单数据信息；终端特征是低速率、低半径通信、低计算能力和低能耗。

3、协议：蓝牙、红外、IEEE 802.15.4/*ZigBee*

ZigBee

- ZigBee技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术。主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输以及典型的有周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据传输的应用。

技术特点

- 简单的说，ZigBee是一种高可靠的无线数传网络，类似于CDMA和GSM网络。ZigBee数传模块类似于移动网络基站。通讯距离从标准的75m到几百米、几公里，并且支持无限扩展。

- ZigBee是一个由可多到65000个无线数传模块组成的一个无线数传网络平台，在整个网络范围内，每一个ZigBee网络数传模块之间可以相互通信，每个网络节点间的距离可以从标准的75m无限扩展。

- 与移动通信的CDMA网或GSM网不同的是，ZigBee网络主要是为工业现场自动化控制数据传输而建立，因而，它必须具有简单，使用方便，工作可靠，价格低的特点。而移动通信网主要是为语音通信而建立，每个基站价值一般都在百万元人民币以上，而每个ZigBee“基站”却不到1000元人民币。每个ZigBee网络节点不仅本身可以作为监控对象，例如其所连接的传感器直接进行数据采集和监控，还可以自动中转别的网络节点传过来的数据资料。除此之外，每一个ZigBee网络节点(FFD)还可在自己信号覆盖的范围内，和多个不承担网络信息中转任务的孤立的子节点(RFD)无线连接

ZigBee模块：物联网无线数据终端，利用ZigBee网络为用户提供无线数据传输功能

应用设计

1.采用高性能工业级ZigBee芯片

2.低功耗设计，支持多级休眠和唤醒模式，最大限度降低功耗

3.电源输入（DC 2.0～3.6V）

ZigBee技术所采用的自组织网案例

- 当一队伞兵空降后，每人持有一个ZigBee网络模块终端，降落到地面后，只要他们彼此间在网络模块的通信范围内，通过彼此自动寻找，很快就可以形成一个互联互通的ZigBee网络。而且，由于人员的移动，彼此间的联络还会发生变化。因而，模块还可以通过重新寻找通信对象，确定彼此间的联络，对原有网络进行刷新。这就是自组织网。

ZigBee发展历程

- 2001年8月，ZigBee Alliance成立[3] 。
- 2004年,ZigBee V1.0诞生。它是zigbee的第一个规范.但由于推出仓促，存在一些错误。
- 2006年，推出ZigBee 2006，比较完善；
- 2007年底，ZigBee PRO推出；
- 2009年3月，zigbee RF4CE推出，具备更强的灵活性和远程控制能力；
- 2009年开始，zigbee采用了IETF的IPv6 6Lowpan标准[4] 作为新一代智能电网Smart Energy（SEP 2.0）的标准，致力于形成全球统一的易于与互联网集成的网络，实现端到端的网络通信。随着美国及全球智能电网的大规模建设和应用，物联网感知层技术标准将逐渐由zigbee技术向IPv6 6Lowpan标准过渡。

本章思考题

1、简述ARPANET网的诞生原因，以及TCP/IP产生的背景、意义和体系架构。

2、简述互联网技术目前面临的挑战。

3、结合WiFi技术，简述无线宽带网络的技术特征，并给出一个应用场景。

4、结合ZigBee技术，简述无线低速网络的特征，并给出一个应用场景。

5、给出IOT应用例子（结合近日在乌镇召开的2023年世界互联网大会展示的技术），描述其需求被给出技术描述。