

# LAB 1-家庭网络设计

张煌昭, 1400017707, 元培学院

**摘要**—本次 Lab 设计一个家庭（宿舍、实验室）网络。说明用户需求（功能及服务），采用的技术（802.11/802.3）及主要设备的型号、传输介质及其特性，给出网络结构的描述（可用 Visio 工具绘图），所需费用；提出一些与技术与应用相关的问题。ISP 提供的接口：有线电视、移动、联通、电信用户计算机数：台式机、笔记本、智能手机使用方式及性能：固定、移动；带宽需求典型设备：AP 路由器、交换机、专用服务器网络安装与测试费用：设备购置、使用费、维护费。

## I. 问题描述

设计一实验室网络，需要对每一个工位以及实验室服务器提供有线网络接入服务，并对整个实验室区域提供无线网络（下称 WLAN）接入服务，同时还需要将网络打印机接入局域网以便进行共享，要求网络尽量高速，并且足够稳定。

参考理科一号楼 1726 实验室，假设该实验室面积约  $100\text{ m}^2$ ，整个区域需要 WLAN 覆盖。整个房间包括一间小会议室（约  $20\text{ m}^2$ ，通过玻璃墙进行分割），一台服务器（需要提供有线网络接入），一台打印机（需要提供局域网接入）。剩余区域散布约 40 个工位，每个工位均需要提供有线网络接入。

下面对网络协议（见第 II 节），主要设备（见第 III 节），网络结构（见第 IV 节），网络性能（见第 V 节），费用预估（见第 VI 节）进行叙述。本次报告使用 Overleaf  $L^A T_E X$  在线平台编写<sup>1</sup>，网络图等使用 ProcessOn 在线平台绘制<sup>2</sup>。

## II. 网络协议

为了提供有线网络接入和 WLAN 覆盖，必须采用 IEEE 802.11 (WLAN) 和 IEEE 802.3 (以太网) 协议。

WLAN 接入设备一般包括笔记本电脑和手机等，以 Dell XPS13 笔记本电脑和一加 3 手机为例，二者

<sup>1</sup>本报告源码可通过 git clone 获得，

<https://git.overleaf.com/14154505grccbvhgvzxr>

<sup>2</sup>图片开源于 ProcessOn 平台，可通过以下链接查看

<https://www.processon.com/view/5a97b93de4b09a29d51289ac>

<https://www.processon.com/view/5a980f45e4b09a29d5136046>

WLAN 网卡均支持 IEEE 802.11 a/b/g/n/ac 协议，因此架设的 WLAN 必须对这些协议进行支持。有线网络接入设备包括服务器，台式机，笔记本电脑，网络打印机等，目前的一般的计算机均配有 1000Mbps 以太网卡，符合 IEEE 802.3 协议。网络打印机逻辑上分为打印服务器和打印机，打印服务器支持以太网接入局域网或互联网中，也有一些打印服务器支持 WLAN 接入，假设实验室使用以太网接入的、内置打印服务器的网络打印机，符合 IEEE 802.3 协议。

此外，由于网络供应商（下称 ISP）通过无源光网络 (PON) 提供接入口，假定 ISP 提供 GPON 接口，该接口基于 ITU-TG.984.x 协议。

最后，使用网络服务时，还会需要 HTTP 协议等，由于这些协议与该实验室网络的架设无关，因此不进行赘述。

## III. 网络设备

由于 ISP 通过一束光纤提供整个实验室的网络服务（有线网络和 WLAN），因而需要使用光纤调制解调器（下称光纤 modem）对光信号进行解调为以太网信号。又由于整个实验室会有多个设备（笔记本电脑，手机，台式机，服务器等）接入网络中，因而需要通过交换机或路由器进行分发。经过交换机或路由器分发后的多路以太网信号即可直接提供有线网络连接。

无线网络接入点（下称 AP）可以将分发后的以太网信号转换为 WLAN 信号，并且完成 WLAN 信号分发

表 I  
实验室网络所需主要设备

设备	功能
光纤 modem	光纤信号 $\Rightarrow$ 以太网信号
交换机 路由器	单路信号 $\Rightarrow$ 多路以太网信号
AP	以太网信号 $\Rightarrow$ WLAN 信号
信号放大器	弱 WLAN 信号 $\Rightarrow$ 相同的强 WLAN 信号

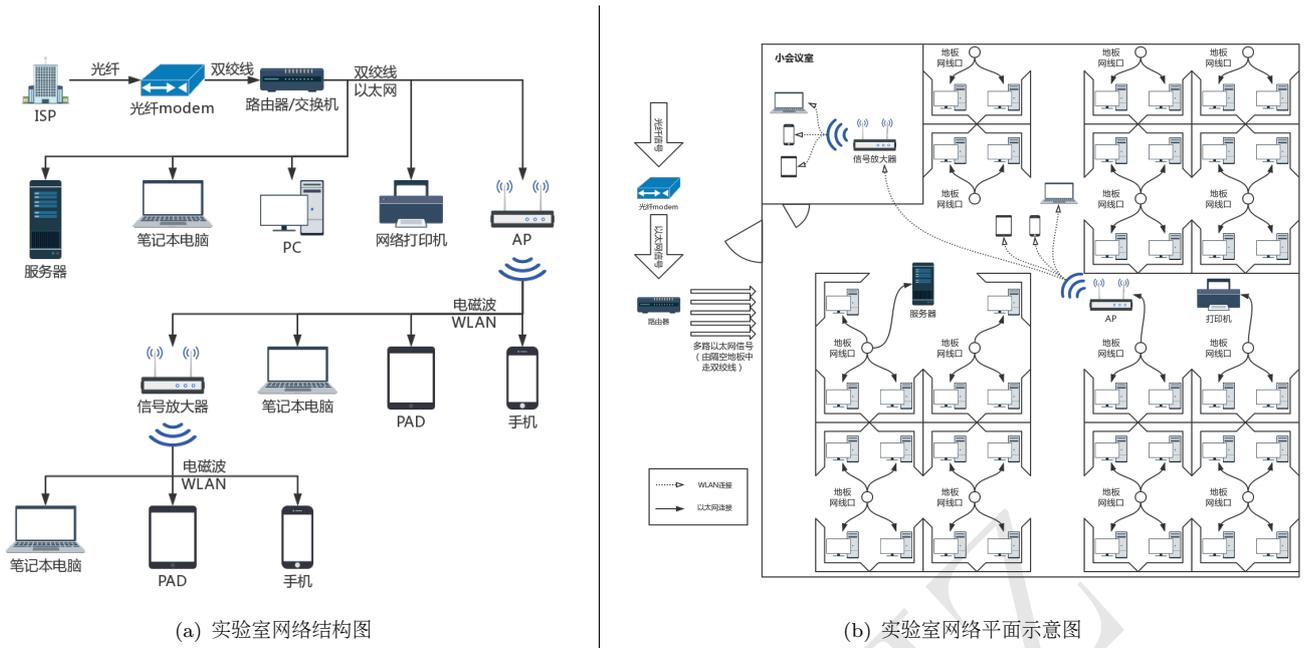


图 1. 实验室网络结构。1(a)为该网络的结构图，其中实际连接的设备可能不止一个，为了省略将各类设备绘制为一个。1(b)为该实验室网络的平面示意图，其中所有光缆和线缆的铺设均在隔空地板下完成，各个工位以及其他需要有网连接处由地板引出接口，直接使用双绞线连接；WLAN 通过一个位于房间中心的 AP 架设，在小会议室中，由于可能会存在信号衰减，设置信号放大器放大 WLAN 信号。图中虚线箭头表示通过 WLAN 连接，实线箭头表示通过以太网连接。

的工作，对 WLAN 接入进行支持。笔记本电脑和手机等设备通过 WLAN 网卡接入到网络中。由于 WLAN 信号在传播过程中会衰减，并且实验室环境较大，因此可能需要设置多个 AP 进行全覆盖，或者通过信号放大器对 WLAN 信号进行放大。

表 I 对所需的主要设备进行简单的概括和总结。整个网络的传输介质包括光纤（ISP 提供的接口），双绞线（以太网），空气（WLAN）。

#### IV. 网络结构

根据第 III 节中的分析，该实验室网络的结构应为树形，其结构如图 1(a)所示，ISP 提供的光纤信号，经过光纤 modem 解调，交换机或路由器分发，得到多路以太网信号，其中一部分直接提供有线网络连接，另一部分经过 AP 提供 WLAN 连接，之后信号放大器放大衰减的 WLAN 信号使得远处也能获得 WLAN 信号。

实验室的平面示意如图 1(b)所示，服务器机位和每一个工位均提供至少一个以太网接入口，AP 设置于实验中中心位置，以提供最好的 WLAN 信号覆盖，小讨论室中设置信号放大器以放大衰减的 WLAN 信号。线缆布设在隔空地板下进行，因此可以比较随意方便地进行布设，在需要接入口的位置开出接入口即可。

由于整个实验室网络最多需要支持约 40 个有线网络网络连接，以及同样数量级的 WLAN 连接，因此连

接数支持和网络速度会面临比较严峻的挑战。较为具体的分析在节 V 进行。

#### V. 网络性能

根据图 1(a)，整个网络体现为树形结构，自底向上进行考虑。

首先，考虑 WLAN 的性能要求，实验室中平常时段约有 10-20 部设备通过 WLAN 接入，而坏情况下会有近 100 部设备接入 WLAN，为了保证最坏情况而投入巨额花费和设计显然是不明智的，因而需要对绝大多数情况（10-20 部设备接入 WLAN）做到最好。目前几乎所有无线路由器可以支持 IEEE 802.11 a/b/g/n/ac 协议，绝大部分中高档无线路由器可以支持 20 部设备接入，更为高级的企业级 AP 可以支持 100 部以上甚至更多的设备接入。WLAN 的另一问题在于信号阻挡和信号衰减，目前主流的中高档无线路由器均通过多天线的方式增强 2.4GHz 和 5GHz 信号，对 100 – 200m<sup>2</sup> 区域进行 Wifi 信号覆盖。目前选择的设备及假设方式基本可以满足 WLAN 需求（在网络带宽足够的前提下），具体的设备选择等请见节。

再对有线网络的部分进行分析，实验室中有约 40 个设备需要通过以太网接入，其中服务器接入需要更大的带宽和更为稳定的连接，目前服务器采用多网口设计

表 II  
设备与其它支持的型号、参数及价格

设备 & 其他支持	型号	主要参数	价格
交换机	TP-Link SF1016D	百兆以太网, 16 路接口	~200RMB
无线路由器	TL-Link WDR7300	有线 100Mbps, 无线 2033Mbps, 8 路接口 802.11a/b/g/n/ac 和 802.3/x/u 协议, 2.4/5GHz 频率	~200RMB
信号放大器	TL-Link WA933RE	802.11n 协议, 2.4/5GHz 频率	~100RMB
网络带宽租赁	电信宽带	商用宽带 4M/50M	~1000/5000RMB
双绞线	安润达 051	无氧铜包铝, 0.51 线径	~30RMB/50m

增大带宽和提高可用性, 因而可以粗略地将其试做若干个不同的设备接入以太网中。因此交换机需要最终提供约 50-60 以太网接口, 可以采用级联的方式进行。

光纤 modem 由 ISP 进行架设安装和调试, 不进行考虑。

在进行网络调试时, 可以通过 ping 工具检查网络连接和网络速度, 通过 Iperf 工具局域网内点对点检测。

## VI. 费用预估

确定需要使用的设备或其他支持的具体型号 (如表 II), 由 ISP 端至联网设备端逐个进行挑选。

对于网络带宽租赁, 可选家庭宽带或商用宽带, 由于家用宽带 IP 不固定, 故障响应时间长, 连接终端数少, 上下行速率不对等, 多户共线等原因, 选择商用宽带。参考电信宽带业务, 4M 和 50M 商用宽带的价格分别为 1000 和 5000 元左右, 根据实际的网络需求进行选择, 目前认为 4M 宽带可能足够使用, 需要 1000 元每月。

双绞线使用安润达 051 线, 该线以铜铝作为材料, 线径 0.51, 价格和质量相对较为适中, 预期需要 100-200 米进行地板下的布线工作, 大致需要 100 元左右。

光纤 modem 由 ISP 提供, 因此不对其进行考虑。由于目前的路由器普遍为无线路由器, 其接口相对与同等价位的交换机较少, 实验室中需要大量接口, 因而选用交换机进行分路。

无线路由器可以起到 AP 和分路的作用, 目前主流路由器普遍支持 IEEE 802.11a/b/g/n/ac 协议和 802.3 以太网协议, 因此可以选用其作为 AP。表 II 中所示无线路由器, 可以对 100-200  $m^2$  区域进行覆盖, 由于实验室环境几乎没有墙壁阻挡, 因而一台足够覆盖; 该路由器可以同时支持 10 人以上使用, 并对不同的设备动态选取最佳通信频段, 因此也可以满足绝大部分情况下的使用。

信号放大器选择了中继站, 对于 IEEE 802.11n 协议信号进行中继和放大, 绝大部分 WLAN 设备也支持该协议。

最终加总所有费用, 预期需要 3000-4000 元, 之后各月需要 1000 元的宽带月租费用。

## VII. 存在的问题

使用一个无线路由器是有可能不足的, 比如会使得房间边缘和角落没有足够的信号强度, 或者无法满足多个 WLAN 设备接入。目前的无线路由器, 实质上相当于是交换机, 路由器和 AP 的集合设备。为了进行更好的整合, 并保持低廉的价格, 无线路由器会存在上述的问题。可以使用路由器和 AP 分离的方法, 使用更好的路由器和性能更强的 AP 使得信号覆盖更好, 可支持连接的设备更多。

另一种增强信号的方法是将多无线路由器进行桥接, 使之工作在相同的信道上, 从而使其覆盖更广的区域。这一方法存在的问题是, 多个路由器距离较近时可能会产生信号干扰, 不会增强反而会削弱信号强度。因而当多路由器桥接时, 需要将其分散在房间的不同位置, 两两间距较大才会有较好的效果。

## VIII. 实际情况

实际情况中的实验室, 以理科一号楼 1726 实验室为例。ISP 即为北京大学计算中心, 光纤及光纤 modem 等的架设均已完成, 直接可以使用提供的以太网接口。

在 WLAN 方面, 使用了企业级 AP, 对整楼进行 WLAN 信号覆盖, 因此也几乎不需要自行架设 WLAN, 如有特殊需求, 直接使用无线路由器即可。