

校园网 无线 WIFI 建设方案

日期：2018 年

目录

第一章 WLAN 技术简介	2
第二章 WLAN 校园网网络总体方案.....	3
第三章 工程设计.....	13
第四章 产品介绍.....	17
第五章 项目实施方案.....	18
第六章 校方配合.....	18
第七章 运维及售后服务.....	18

第一章 WLAN 技术简介

1.1 WLAN 技术特点

随着移动数据业务的发展，人们在接受高质量的语音通讯服务的同时，也希望随时随地接入互联网、看视频节目、玩网络游戏。虽然移动通信技术在进入 4G 时代后，带宽相对 3G 时代有较大幅度的提升，但在应对多媒体业务的大带宽需求时仍显得力不从心；与此同时，固定宽带用户仍无法摆脱线缆的羁绊，无法享受自由接入的乐趣。二者都无法给广大用户带来理想的移动数据业务体验。

WLAN 凭借自己的高带宽、低成本、可漫游的技术优势，能有效分担用户密集地点的 3G/4G 带宽压力，带给客户更佳体验；同时又可灵活地延伸固定宽带网络，促进固网和移动业务的有机融合；也可用于解决布线困难的村镇用户的宽带接入问题。

WLAN 技术的成长始于 20 世纪 80 年代中期，其技术标准主要由 IEEE 802.11 工作组负责制定。迄今为止，该工作组已陆续地推出 802.11a/b/g/n 等大量标准，在用户带宽、无线安全、可管理性等方面日臻完善。根据最新的 802.11n 标准，WLAN 物理带宽理论上可达到 900 Mbps。当前 802.11n 主流产品带宽单频最高可达 300M，支持 802.11n 的 AP 已成为 WLAN 建设的首选。

1.2 WLAN 市场定位

人们逐步进入一个移动信息社会，人们对互联网服务的需求越来越高。在需要移动联网及在网间漫游的场合、在不易布线的地方、在远距离数据处理节点等方面，商务人士对无线数据通信需求已日益迫切，互联网正向机场、酒店、会议中心等热点区域乃至更为广阔的移动区域扩展。

这几年，移动通信和互联网用户的数量一直呈现指数型增长的发展态势，两种通信方式很大程度上培养起用户的消费习惯，并进一步产生消费依赖，为移动互联网的发展提供了庞大的用户基础和经济基础。WLAN 能广泛应用于机场、酒店、娱乐和休闲公共场所、会议展厅等人群密集流动性高的热点区域。随着城市居民经济水平的提高，IT 消费占居民支出的比例也在逐渐上升，WLAN 业务还可面向家庭的带宽用户。

WLAN 在国内的主流应用有如下几种：

- 跨越线缆鸿沟，在布线困难的区域下，提供基本的家庭宽带接入。

WLAN 作为一种有效，经济和普及的移动宽带技术，将对有线宽带和无线宽带融合发展起到非常重要的促进和补充作用，其既有与固定宽带相媲美的带宽和成本优势，又有无线技术的移动方便性，是融合固定宽带和无线移动的重要桥梁技术。

- 作为 2G/3G/4G 的补充，融合无线局域网技术，提供慢速和移动状态下的移动宽带接入，与 2G/3G/4G 互为补充：2G/3G/4G 提供快速移动、广覆盖状态下中低速率接入，而 WLAN 定位热点区域相对静止和慢速移动状态下大带宽无线数据接入。

802.11 简介：

标准名称	发布时间	工作频率	理论速率	实际速率	备注
802.11b	1999	2.4GHz	11Mbps	6Mbps	早期标准
802.11a	1999	5.0GHz	54Mbps	22Mbps	应用很少
802.11g	2003	2.4GHz	54Mbps	22Mbps	早期标准
802.11n	2009	2.4/5.0GHz	150Mbps	75Mbps	结合 MIMO 技术，理论速率 600Mbps
802.11ac	2012	5.0GHz	1Gbps	400~500Mbps	802.11n 下一代标准
802.11ad	发展中	60GHz	7Gbps	发展中	面向家庭高清娱乐设备

第二章 WLAN 校园网网络总体方案

2.1 项目需求

在校园范围内，部署无线网络。让教师、学生以及前来参观校园的领导和学生家长都可以随时随地搜索到无线信号，连接到无线校园网络，从而不受时间、地理位置的限制，随时随地进行办公、学习或进行娱乐活动，实现校园中无线网络信号全覆盖。

2.1.1 主要应用需求

服务质量 QoS

- ✓ 无线漫游：覆盖区域内无线漫游，用户终端从一个AP覆盖范围移动到另一个AP覆盖范围，无需重新登录和认证；
- ✓ 精细化控制：老师、学生、访客不同的角色拥有不同的权限，且教师和学生之间要隔离，限制教师和学生互访；
- ✓ 多用户调度：AP能感知接入用户数量，灵活调整物理信道竞争参数，降低碰撞几率，避免过多的用户接入同一AP，保障服务质量和体验。
- 安全防护
 - ✓ 无线安全加密：无线信号是开放的，任何人都可以接受到，存在数据被窃听，篡改等安全隐患，WLAN无线网络需要支持WEP、WPA/WPA2、WAPI等加密认证方式，充分保证学校师生重要信息的私密性，数据传输的安全性。
 - ✓ 无线入侵防护：为了更好的保证网络的安全性和可靠性，WLAN无线网需要支持泛洪攻击、Spoof攻击、暴力PSK破解、Weak IV等WIDS/WIPS安全防护。
- 稳定可靠
 - ✓ AP设备：室外AP设备的防尘、防水的防护等级达到IP67要求，同时AP自身内置5kV防雷器，减少工程施工和网络运维的困难。
 - ✓ AC设备：AC支持1+1热备份，解决AC单点故障问题。
 - ✓ 网络链路：本地转发模式下，若遇到CAPWAP隧道中断、AC故障、控制链路错误等问题时，AP可进入半自治状态，继续对终端业务数据进行转发，业务不中断，保障用户体验。

2.1.2 建设目标

- 1) 通过华为无线产品部署满足校园范围内的无线网络信号无缝覆盖。
- 2) 满足用户日常办公、同步学习、Internet 访问等对带宽的需要。
- 3) 提供便捷网络接入的同时，保障业务通讯及访问安全。

2.1.3 覆盖区域描述

项目所要求的 WLAN 建设项目

覆盖 AP 的情况介绍，作为后续的工程规划的参考，表格格式仅供参考

序号	设备名称	设备型号	设备数量	部署位置
1	普通放装 AP		469	教室、办公室， 会议室
2	放装 AP		245	教室、办公室， 会议室
3	中心 AP		94	宿舍
4	远端单元		1952	宿舍
5	室外 AP		70	室外、操场、广 场

2.1.4 网络环境描述

WLAN 建设项目网络中心环境的情况介绍，表格格式仅供参考，请根据实际情况调整。

序号	设备名称	设备型号	设备数量	部署位置
1	认证服务器		1	机房
2	核心交换机		1	机房
3	Poe 接入交换机		48	楼栋
4	防火墙		1	机房
5	AC		1	机房
6	网管系统		1	机房
7	计费		1	机房

2.1.5 建设原则

安全性原则：WLAN 网络作为开放性的无线接入网络，同时又是电信运营级的网络，所以网络建设规划时需注重对用户的安全性及网络的安全性的考虑。

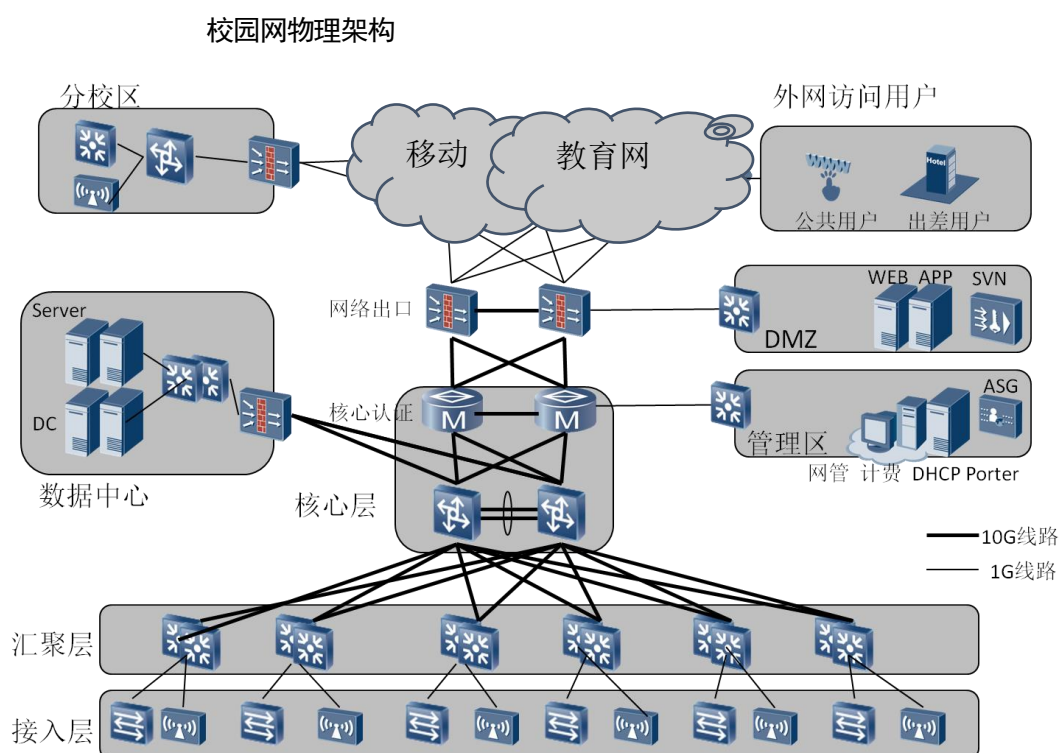
可靠性原则：电信运营级的 WLAN 网络需保证网络的信号质量、设备的稳定运行、避免单点故障，为客户提供可靠的 WLAN 无线接入业务。

可运营性原则：WLAN 网络系统的设备应方便管理，易于维护，便于进行系统配置，可

统一的监控设备参数、数据流量、系统性能等，并可以进行远程管理和故障诊断。

可扩展性原则：WLAN 系统设备不但要满足当前需要，并且网络的扩展性方面要满足可预见将来需求，如带宽和设备的扩展，应用的扩展和办公地点的扩展等。保证建设完成后的系统在向新的技术升级时，能保护已有的投资。

2.2 校园网整体架构设计



网络组网结构说明：

校园出口：由 USG 实现。USG 为高性能出口防火墙网关设备，具备全面的网络安全防御能力，并且具有高性能的 NAT 功能；同时华为 USG 能针对校园出口多线路实现多线路负载，以提高校园网络多线路资源的利用率。

核心层：核心层由核心交换机和 BRAS 模块组成。BRAS 模块向全网用户推送各种认证，实现统一实名制管理。核心交换机承载全网所有的流量，利用虚拟化技术，建立逻辑隔离的网络通道，实现不同业务之间无干扰地稳定运行。核心层设备建议采用多机集群模式来增加稳定性。BRAS 模块可由 S12700 内置 BRAS 板块或者 ME60 独立设备。数据中心部署服务器和应用系统的区域。为校园网内部和外部用户提供数据和应用服务。网络管理区包含计费服务器，DHCP 服务器，Portal 服务器等，联合 BRAS 对内网用户进行认证和管理。同时部署

eSight 网管系统，对网络设备、服务器等进行管理，功能包括告警管理、性能管理、故障管理、配置管理、安全管理等。

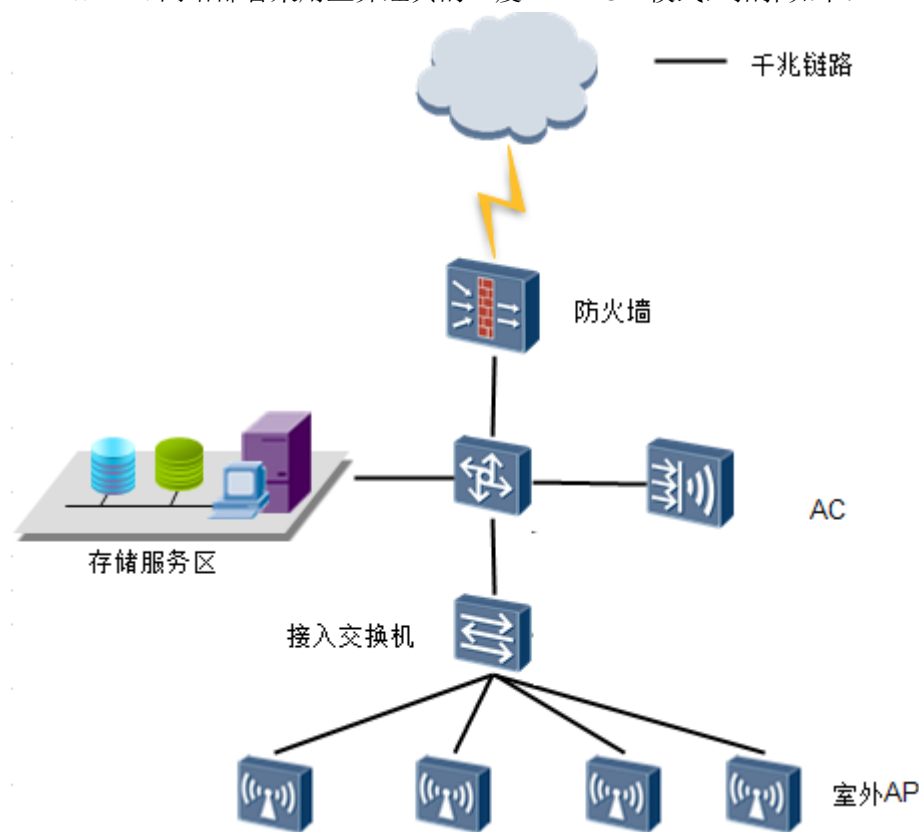
汇聚层：汇聚层将众多的接入设备和大量用户经过一次汇聚后再接入到核心层，扩展核心层接入用户的数量。接入层：由接入交换机和 AP 组成，提供校园用户有线和无线的各类终端实现网络接入。

该组网具有以下特点：

- 网络架构各个区域模块化，基础网络、数据中心网络、新校区网络均可独立维护。
- 以核心节点为“根”的星型分层拓扑，架构稳定，易于扩展和维护。
- 各部门和功能分区模块清晰，模块内部调整涉及范围小，易于进行问题定位。
- 汇聚层和接入层冗余设计，关键链路均采用 Trunk 链路，保证网络的可靠性。
- 支持各种终端接入，统一认证，一张 IP 网络承载所有业务。
- 出口部署边界防御，保证网络安全。
- 支持分支接入、远程接入、外部用户访问等各种外联场景

2.3 WLAN 部署拓扑

WLAN 网络部署采用业界经典的“瘦 AP+AC”模式，拓扑如下：



2.3.1 网络概述

网络采用单核心星形结构组网，网络划分为核心、接入两个层次。核心层采用华为公司生产的 S12700 系列智能路由交换机，接入层部署 POE 交换机, 为室外 AP 供电，千兆上联核心交换机，室外 AP 负责无线信号的广播，达到无线信号覆盖的目的，从而满足郑州机电学院用户无线上网的需求。

无线网络中对无线 AP 的控制和策略下发由无线 AC 完成，本项目无线 AC 采用旁挂部署在核心交换机一侧，实现对无线设备室外 AP 的控制。

在网络出口部署一台防火墙，对来自网络外部的数据流量进行病毒、垃圾邮件等过滤、检测，在防火墙上配置安全策略，对网络进行安全防护，保证网络的安全。

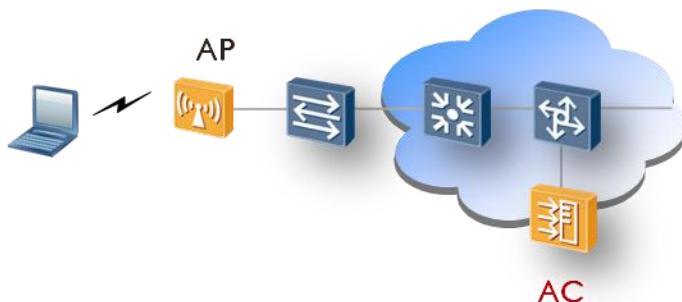
2.4 网络基础规划

2.4.1 AC 旁挂部署

根据 AC 在网络上所处位置，可分为 AC 旁挂和 AC 直路；本项目采用 AC 旁挂部署。

旁挂方式是指将 AC 部署在用户网关设备（汇聚或核心交换机）一侧，实现对用户网关设备下所有 AP 的管理。

AC 旁挂示意图：



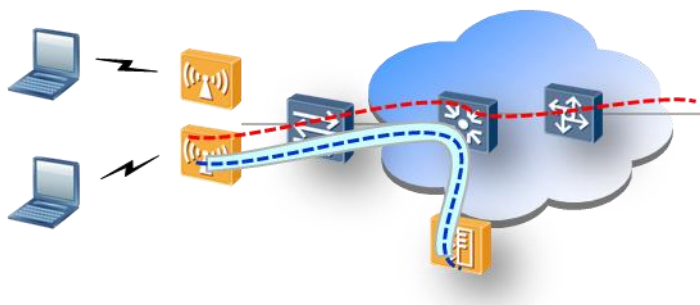
2.4.2 业务本地转发

业务转发有两种方式：本地转发与集中转发，本项目采用本地转发。

本地转发又称直接转发，是指 AP 上对用户数据由本地转发到网络上层，不经过 AC 处理，AC 只对 AP 进行管理。而 AP 管理流封装在 CAPWAP 隧道中，到达 AC 终止。

本地转发示意图：

——管理流 - - - - 数据流 CAPWAP隧道



2.4.3 IP 地址规划

1) AC 的 IP 地址：

AC 用于管理 AP，IP 地址一般通过静态手工配置。

2) AP 的 IP 地址：

AP 的 IP 地址分配如果采用静态分配，由于一般 AP 数量较多，配置工作量大，且容易冲突、不易于控制，所以不建议使用，建议使用 DHCP 动态分配。

DHCP 动态分配 AP 的 IP 地址时，可以有以下几种方式：

● 指定地址池分配

根据 DHCP Option 60 表明 AP 身份而分配指定地址池的 IP：

- AP 的 DHCP Discover 报文携带 Option 60，例如内容为“Huawei AP”，表示请求分配 IP 地址的设备是华为 AP，而不是 WLAN 用户。DHCP Server 可以通过匹配或部分匹配 Option 60 字符串，来为 AP 从指定地址池中分配地址。
- 如果网络中部署多个 DHCP Server 且只有部分支持 Option 60，交换机等设备充当 DHCP Relay 时需要支持识别 DHCP option 60 并将 DHCP 报文转发到相应的 DHCP Server 上。

根据 VLAN 分配指定地址池的 IP：

- AP 相连交换机端口以 Trunk 方式加入 VLAN，允许通过的 VLAN 对应的地址池为 AP 分配 IP 地址。
- 根据 AP 的 MAC 地址指定分配：

➤ 在 DHCP Server 上配置 AP 的 MAC 以及对应的 IP 地址。

● 统一分配

AP 的 IP 地址分配同 WLAN 用户一样，由 DHCP Server 统一分配，不再区别。

本项目中采用 DHCP Option 字段来动态分配 IP 地址。

3) 无线终端 IP 地址：

移动用户通过 DHCP 动态分配 IP 地址，不建议静态配置；对于基本不移动的无线终端（比如：无线打印机）可以静态配置。

2.4.4 SSID 规划

园区无线网络一般按照业务类型划分不同的 SSID；本项目中所涉及的业务类型及用户群体，可采用对外发布单一 SSID。

SSID 与 VLAN 映射关系：

通常，以太网中管理 VLAN 和业务 VLAN 分离。业务 VLAN 主要用于区分不同的业务类型或用户群体。

在 WLAN 网络中 SSID 也同样可以承担相应的工作。因此，在业务 VLAN 的规划中必须综合考虑 VLAN 与 SSID 的映射关系。业务 VLAN 应根据实际业务需要与 SSID 匹配映射关系，映射关系有 1:1、1:N、N:1、N:N 四种，AC 设备终结 VLAN 部署。

由于我们采用的是单一 SSID，建议此处的映射关系为 1:1。

2.4.5 认证模式

WLAN 终端认证：

IEEE 802.11 标准要求 WLAN 终端在准备连接到网络时，必需进行“身份验证”。

WLAN 终端身份认证主要有两种方式：开放系统认证（Open-system Authentication）和共享密钥认证（Shared-Key Authentication）。

开放系统认证是 IEEE 802.11 标准要求必备的一种方法，是最简单的认证算法，即不认证。

共享密钥式认证必需使用加密方式，要求每个 WLAN 终端都静态配置和 AP 完全一致的密钥（key）。

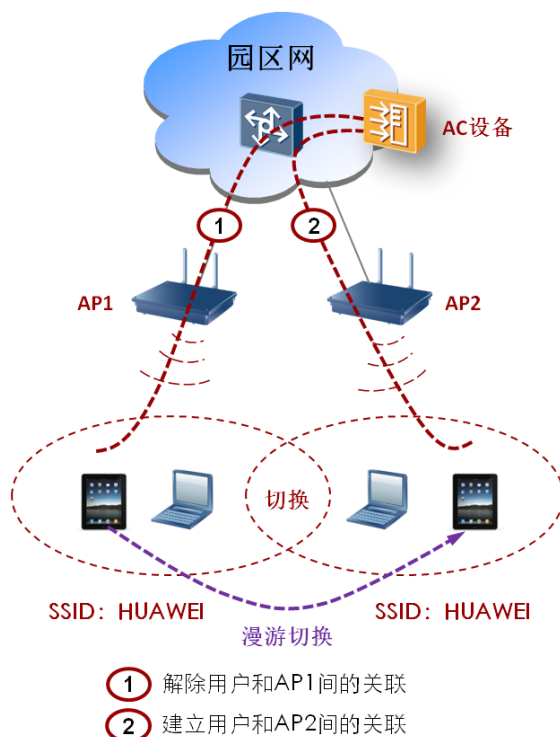
802.1x 是一种基于端口的网络接入控制技术，该技术提供一个可靠的用户认证和密钥分发的框架，可以控制用户只有在认证通过以后才能连接网络。

Portal 认证是未认证用户上网时，设备强制用户登录到特定站点，用户可以免费访问其中的服务。当用户需要使用互联网中的其它信息时，必须在门户网站进行认证，只有认证通过后才可以使用互联网资源。

Portal+MAC 认证具备“一次认证，永久使用”用户体验。用户首次登陆 Portal 页面成功认证后，如选择开通 MAC 认证，则后续只要关联 WLAN 就可以用任意应用上网。

2.4.6 漫游规划

漫游是指用户在部署了 WLAN 网络的场所移动时，用户终端可以从一个 AP 的覆盖范围移动到另一个 AP 的覆盖范围，用户无需重新登录和认证。



如上图所示，假设终端与 AP1 已经建立关联信息，随着用户位置的移动，终端切换到 AP2，具体切换流程如下：

- 1) 客户端在各种信道中发送 802.11 请求帧。AP2 在信道 6（AP2 使用的信道）中收到请求后，通过在信道 6 中发送应答来进行响应。客户端收到应答后，对其进行评估，确定同哪个 AP 关联最合适。
- 2) 如图中的标号 1 所示，删除用户与 AP1 现有的关联。客户端通过信道 1（AP1 使用

的信道) 向 AP1 发送 802.11 解除关联信息, 解除用户与 AP1 间的关联。

- 3) 如图中的标号 2 所示, 客户端通过信道 6 向 AP2 发送关联请求, AP2 使用关联响应做出应答, 建立用户与 AP2 间的关联。

WLAN 网络漫游中需注意以下两点:

- 漫游切换需要保证 SSID 相同, 即两台 AP 切换区域需要配置相同的 SSID。
- 漫游切换 AP 必须是同一个 AC 管理。

华为 WLAN 解决方案通过支持下述两种快速漫游技术, 实现业务的平滑过渡。

- PMK caching: PMK caching 技术是针对 802.1X 用户而言的, 是指 802.1X 用户与旧 AP 进行 802.1X 认证时, STA 和 AC 都会缓存 PMK 和 PMK-ID; 当漫游到新 AP 时, STA 会把这些 PMK-ID 携带过去, 无线控制器根据 STA 携带的 PMK-ID 查找自己缓存的 PMK 信息, 如果查到, 就认为 STA 已经经过 802.1X 认证, 直接跳过 802.1X 认证过程, 利用缓存的 PMK 进行四次握手协商出加密 KEY, 从而缩短了 802.1X 用户的漫游延时。如果没有查到, 则需要重新进行 802.1X 认证过程。
- 密钥协商下移技术: 密钥协商下移主要是针对数据加密用户包括 WPA/WPA2 PSK 和 802.1X 用户。在没有启用这个功能之前, STA 主要与 AC 进行单播和组播密钥的协商; 启用这个功能后, STA 直接与关联上的 AP 进行单播和组播密钥的协商, 这样在漫游到新 AP 时, 减少了密钥协商所用的时间, 从而缩短用户漫游延时。

2.4.7 AP 自动发现

FIT AP 架构下的 WLAN 网络中, FIT AP 为零配置, 当 FIT AP 部署到网络的时候, AP 需要去找到相应的 AC, 并从 AC 上下载其配置。

本项目中 AP 与 AC 位于同一网段, 当 AC 和 AP 同在一个二层的网络中时, 可以通过二层广播方式直接发现 AC。

2.4.8 射频管理

与 IP 地址规划一样, WLAN 信道是 WLAN 网络设计中的重要一环, 大型无线园区网网络必须对 WLAN 信道进行统一规划。

WLAN 信道规划的好坏, 影响到无线网络的带宽、无线网络的性能、无线网络的扩展以

及无线网络的抗干扰能力，也必将直接影响到无线网络的用户体验。

WLAN 信道规划是 WLAN 网络设计中的重要一环，为保证信道之间不相互干扰，大型无线园区网网络必须对 WLAN 信道进行统一规划并实施。WLAN 系统主要应用于两个频段：2.4GHz 和 5.0GHz。

第三章 工程设计

WLAN 无线局域网的网络工程设计主要包括：频率规划、覆盖规划、链路预算和容量规划等四个方面。

3.1 设计原则

一般来说，普通办公环境，要求中等密度连续覆盖时；或用户只对若干单个房间实现点覆盖的情况下，AP 的规划较为简单，可由用户自行完成。比如，酒店的公共休息区，小酒吧，咖啡厅，会议室，西餐厅等区域，通常面积都不大（小于 100 平方米），每个场所放一个 AP 即可。或者从容量角度出发，确定所需 AP 数量后，选择适当位置摆放 AP 即可。

当在大面积区域，较为复杂的应用环境，且用户对传输速率和信号质量要求较高时，建设 WLAN 需要对 AP 的架设位置、AP 采用频点、AP 隔离距离、是否引入室分系统等进行专门的规划。

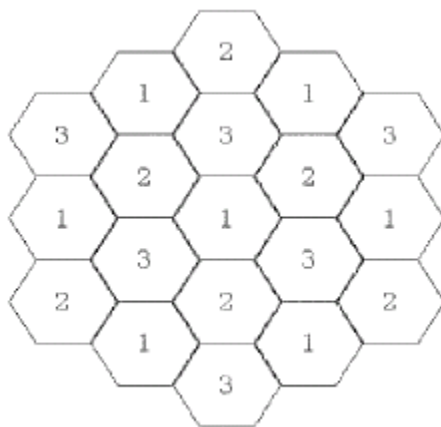
做一个 WLAN 的规划，第一步，应综合考虑覆盖和容量的两个方面的因素，在了解用户覆盖范围和覆盖密度要求的基础上，确定该网络预计的 AP 数量及摆放位置；第二步，再根据各 AP 的摆放位置，根据一定原则来确定各 AP 应设定占用的频点。

首先，从覆盖角度而言，需考虑现场的无线传播环境、空间面积、平面分布、建筑材料来确定单个 AP 在该空间内可能的覆盖范围。

其次，要收集预计该空间内客户端可能的用户数量与密度，应注意用户对数据速率的要求、同时联机数量等种种因素，这些因素都会影响到联机的质量和速率，故依实际环境的不同规划方式会有较大差异。

基于 IEEE802.11 系列标准的 WiFi 拥有 2.4GHz 和 5GHz 两个频段，其中 2.4GHz 频段可选信道有 14 个，每个信道带宽为 22MHz，只有 3 个信道相互之间无干扰，我国选用 1、6、11 等三个信道；5GHz 频段可选信道为 27 个，我国选用 149、153、157、161 及 165 等五个信道。

在 WLAN 的工程部署中，往往需要多个 AP，如果不同的 AP 工作在相同的频道，就可能形成同频干扰。为保证频道之间不相互干扰，在多个频道同时工作的情况下，就要求两个频道的中心频率间隔不能低于 25 MHz。为了扩大覆盖范围和提高频谱利用率，WLAN 也需要引入蜂窝结构，对于 1、6 和 11 三个信道交错使用，具体的覆盖示意图如下：



- 1: 代表信道 1
- 2: 代表信道 6
- 3: 代表信道 11

华为 WLAN 网络覆盖规划包含以下步骤:

由于室内传播环境的复杂性,目前还没有成熟的规划工具可以精确的预测出室内覆盖的情况。另外室内覆盖使用的传播模型相对简单,在实际应用的各种场景需要进行适当的修正、调整以便更准确的进行覆盖预测。

根据方案设计和天线布设的原则将模拟信号源架设好,利用场强测试设备进行信号覆盖情况的测试。主要目的:确定该建筑信号传播特点、确定合适的天线位置。

b) 室内/外系统勘测

通过现场勘测确定站点的基本情况,了解建筑周围的传播环境,以明确选用何种部署方式(室内放装、室内分布和室外覆盖)。各区域的用途,帮助工程师确定容量、覆盖和业务质量要求,避免图上作业的局限。站点勘测可以帮助确定 AP、天线安装位置,以及走线路由。

根据勘查计划,进行站点无线勘测。勘测过程中需要记录以下信息:周围无线传播环境条件(照片)、建筑空间分割等的现场查看,可能的 AP 安装位置,弱电井可能走线位置。

另外勘测中需要询问各空间的用途,判断话务类型、高峰时间。另外注意电梯、出入口人员移动路线。帮助确定容量、切换区域的设置。

c) 覆盖设计与预测

覆盖预测过程和无线站址勘测过程是紧密关联的。在网络规划过程中,覆盖预测通常并不是一次就可以达到网络规划目标,需要进行若干次的反复调整。预测的主要内容包括:输入数据采集,预测工作,预测报告。

d) 解决方案和拓扑结构

根据建筑的情况确定使用的产品方案,主要方案:室内放装 AP,室内 AP+DAS 覆盖。还需要确定能否共享存在的室内分布系统,以及共享的方案。并且根据建筑的情况设计室分系统的拓扑、路由等。

根据建筑的面积、用途、结构特点,确定信号源的选取和具体的覆盖方案。确定功分器、合路器、天线的射频器件选用。

绘制 WLAN 室分系统的系统原理图(拓扑图)。

该部分工作一般是基于建筑的图纸和用途等信息的基础做出,一般没有经过现场勘测,或者少量的勘测。

3.4 链路预算

WLAN 链路预算一般经过以下步骤:

- 确定边缘场强

- 分析传输模型，确定空间传播损耗公式
- 确定空间传播损耗
- 根据公式计算覆盖距离，判定是否满足覆盖要求

3.4.1 确定边缘场强

一般地，在 WLAN 工程部署中，要求重点覆盖区域内的 WLAN 信号到达用户终端的电平不低于 -75dBm 。

3.4.2 分析传输模型，确定空间传播损耗公式

对接收电平的估算通常采用如下公式：

$$Pr[dB] = Pt[dB] + Gt[dB] - Pl[dB] + Gr[dB]$$

其中：

$Pr[dB]$ 为最小接收电平，即为 AP 在不同传输速率下的接收灵敏度；

$Pt[dB]$ 为最大发射功率；

$Gt[dB]$ 为发射天线增益；

$Gr[dB]$ 为接收天线增益；

$Pl[dB]$ 为路径损耗（包括空间传播损耗、馈线传播损耗、墙体/玻璃阻挡损耗）；

3.4.3 确定空间传播损耗

实际部署中终端天线增益不可知，为方便计算常忽略接收天线增益，而采用如下公式：

到达用户端的信号电平 = AP 发射功率 + AP 天线增益 - 路径损耗

路径损耗包括：

- **AP 到天线间的馈线损耗：**适用于室内分布式部署，在室外部署时如果馈线过长也需考虑
- **WLAN 信号的空间损耗：**适用于所有部署方式，根据电磁波空间衰减公式计算。

空间损耗 = $92.4 + 20\lg f + 20\lg d$ (f: GHz, d: km)

由公式推算可知:

空间传输距离	100m	200m	300m	400m	500m	600m	1000m
2.4GHz 信号的空间衰减 (dBm)	80	86	89.5	92	94	95.5	100
5.8GHz 信号的空间衰减 (dBm)	87.6	93.6	97.1	99.6	101.6	103.1	107.6

- **墙体/玻璃阻挡:** 适用于所有部署方式, 一般根据经验值判定。

2.4GHz 电磁波对于各种建筑材质的穿透损耗的经验值如下:

钢筋混凝土墙: 20-30dB;

木制家具、门和其它木板隔墙阻挡 2-15dB;

厚玻璃 (12mm): 10dB

3.4.4 根据公式计算覆盖距离, 判定是否满足覆盖要求

为便于理解链路估算的过程, 这里给出一个室外场地覆盖的预算案例:

根据 WLAN 覆盖边缘场强的要求, 到达终端用户的信号电平不低于 -75dBm, 500mW AP 的输出电平 27dBm, 天线增益 9dBi, 距离 AP 500m 时信号的衰减量 94dBm, 可知:

$27 + 9 - 94 = -58\text{dBm}$, 大于 -75dBm,

因此在正常情况下, AP 可以为 500M 处用户可以提供满速率接入

第四章 产品介绍

第五章 项目实施方案

5.1 到货及施工验收

5.1.1 设备到货后验收

设备到货后，公司和用户一起进行货物接收，并存放在甲方仓库，等待工程实施。

5.1.2 项目施工及验收

验货后工程正式开始启动，在经过详细方案设计等前期准备后，将根据实际情况安排设备及软件的安装和调测。

5.2 项目人员组织管理

5.3 工程实施流程

5.3.1 实施流程概述

5.3.2 工程实施流程

第六章 校方配合

第七章 运维及售后服务