

移动医疗网络优化方案

宋 阳

(西南医科大学附属医院网络中心 泸州 646000)

〔摘要〕 以西南大学附属肿瘤医院为例, 阐述其移动医疗网络的部署, 通过监控临床业务流量及数据分析, 提出几种无线网络优化方案, 包括无线环境优化、提升信道容量、增加编码效率、接入用户限制几方面, 测试结果显示该方案可以有效提高无线网络的性能。

〔关键词〕 无线局域网; 瘦 AP; 流量分析; 网络优化

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2017.03.006

The Network Optimization Schemes for M-health SONG Yang, Network Center of Affiliated Hospital of South West Medical University, Luzhou 646000, China

〔Abstract〕 Taking Cancer Hospital Affiliated to Southwest University as an example, the paper states the deployment of m-health network, and puts forward several wireless network optimization schemes such as wireless environment optimization, channel capacity improvement, code efficiency increase and user access restriction through clinical business traffic monitoring and data analysis. Through the result, this scheme can improve the performance of the wireless network effectively.

〔Keywords〕 Wireless Local Area Network (WLAN); Fit AP; Traffic analysis; Network optimization

1 引言

随着医院信息化的发展, 移动医疗在医院越来越普及。通过移动医疗平台医生可以在床旁查阅患者病历记录, 实时更新医嘱, 护理人员可以在床旁完成护理操作, 或者采集患者生理指标, 实时更新到系统, 有效提高医护人员的工作效率^[1]。移动医疗采用无线局域网 (Wireless Local Area Network, WLAN) 技术, 在热点覆盖区域提供高速接入率的接入服务。然而受无线环境、发射功率、噪声以及接入用户数量等因素的影响, 无线网络的性能难以得到保证, 直接影响到移动医疗平台的效率, 临床

表现为医护人员使用掌上电脑 (Personal Digital Assistant, PDA) 时出现卡顿、延迟、丢包、丢帧等现象。本文简单阐述了西南医科大学附属医院移动医疗网络的部署。

2 移动医疗网络部署

2.1 网络拓扑结构

西南医科大学附属医院无线网络的部署, 是在现有网络的基础上完成的。在需要部署无线网络的外科楼、内科楼、肿瘤科、传染科以及综合楼等建筑中, 垂直子系统采用两路 4 芯光缆, 分别连接建筑底层的两台汇聚交换机, 水平子系统使用 5 类双绞线接入到各楼层弱电间交换机。无线网络基于 802.11n 协议, 选取了无线接入 POE 供电交换机、瘦 AP 以及超柔馈线, 将无线信号覆盖到整个病区。

〔修回日期〕 2016-11-04

〔作者简介〕 宋阳, 硕士, 助理工程师。

接入无线网络之后的网络拓扑结构, 见图 1。

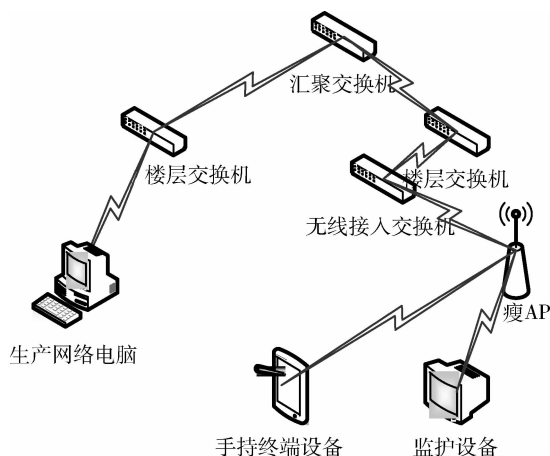


图 1 加入无线网络的网络拓扑结构

2.2 无线部署方案

POE 供电交换机作为接入交换机连接到楼层的交换机。瘦 AP 通过超柔馈线，连接到接入交换机上。瘦 AP 作为无线漫游的基站，下联多个智分单元，以片区为单位分布在楼层的各个位置。智分单元再通过超柔馈线，将美化天线延伸到各个房间。无线网络的部署方案，见图 2。

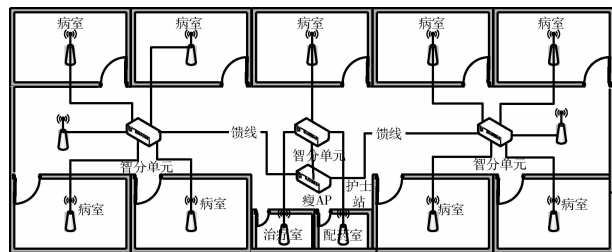


图2 无线网络的部署方案

智分单元是瘦 AP 的延伸，美化天线是智分单元的延伸。整个科室的信号由瘦 AP 发出，由于信号源统一，医护人员在科室内部移动时不会出现漫游的情况。每个病室和走廊上都部署有美化天线，保证无线信号全覆盖及零漫游。为方便无线网络管理，为每栋楼划分一个虚拟局域网（Virtual Local Area Network, VLAN），每个 VLAN 关联一个服务集标识（Service Set Identifier, SSID），用于移动医护平台业务。考虑到业务扩展性，瘦 AP 可根据实际需求，发布多个 SSID，分别对应不同的业务。该

院目前在除了医护人员使用的 PDA 外, 还划分了单独的 VLAN, 用于无线监护仪器、无线床旁 CT 等医疗仪器使用。

3 业务流量监控分析

3.1 临床业务总流量

为了更好地提出无线网络的优化方案,对临床业务流量进行监控、采集与分析。针对使用移动医疗平台的住院楼,于2016年8月29日-9月5日,采用简单网络管理协议监控并采集了一周的业务流量数据,得到的流量分布,见图3。通过流量分析发现:(1)第一和第二住院楼的业务流量明显多于其他大楼。这是由于第一和第二住院楼为该院外科及内科大楼,业务科室、床位和医护人员数量更多,其他住院楼分布的临床科室较少。流量分布与科室及医护人员的数目呈正比。(2)业务流量高峰期通常出现在上午9:00-11:00、下午2:00-4:00、晚上18:00-20:00之间。根据医院《首诊负责制度》、《值班及交接班制度》、《三级医生查房制度》等13个核心医疗制度,上述3个时间段是医生查房、会诊、手术前讨论、疑难病症讨论、书写电子病历、护理人员接诊、“三查七对”及床旁护理、护理文书录入以及医护人员交班的时间段,在该时段内需要频繁访问医院信息系统(Hospital Information System, HIS),电子病历,影像存储与传输系统(Picture Archiving and Communication System, PACS),故网络流量出现高峰。

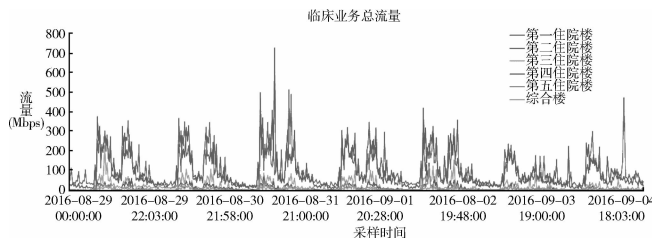


图3 临床业务总流量

3.2 HIS 与 PACS 业务流量

移动医疗平台主要用于医生查房、护理人员“三查七对”和床旁护理阶段,故网络流量高峰期

通常出现上午及下午。医生主要查询患者信息、医嘱信息、检验结果、PACS 影像结果，少有使用移动平台书写电子病历。对于护士，移动医疗平台主要用于“三查七对”，配液及输液管理，录入患者体征。故移动医疗产生的业务流量主要来自 HIS 和 PACS。出于上述考虑，又监控采集了 HIS 以及 PACS 的流量，见图 4 和图 5。通过流量分析发现：（1）HIS 和 PACS 的流量变化趋势与临床业务流量一致。（2）HIS 和 PACS 在高峰时段的流量峰值之和不超过 500Mbps。实际上由于移动医疗平台对 PACS 图像进行压缩，故巅峰流量之和会远小于 500Mbps。针对该性能指标，对无线网络提出几种优化方案。

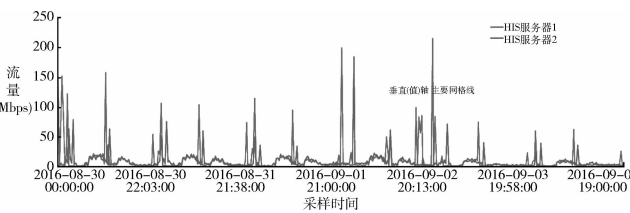


图 4 HIS 业务流量

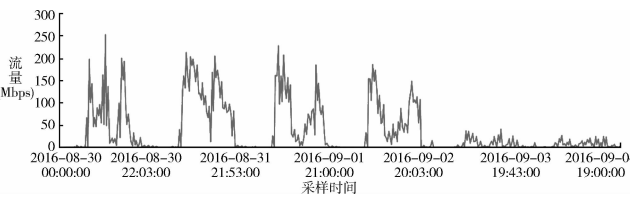


图 5 PACS 业务流量

4 无线网络优化方案

4.1 无线环境优化

无线环境的优化主要是提高无线信号的信噪比。提高信噪比的方法包括增加信号发射功率和降低噪声。由于医院环境的特殊性，无线设备功率过强会影响到医疗仪器或设备的正常使用（如心脏起搏器），中国工业和信息化部无线电管理委员会规定：单个无线接入点设备 RF 发射功率不可超过 100mW，一般无线网络设备的输出功率在 60 ~ 100mW 之间。因此增加发射功率对信噪比的提升有限，要提升信噪比，需要选用降低噪声的方法。降

低噪声的主要办法是降低同信道信号的干扰。相邻的两个楼层使用同一频率的信道，一个楼层的正常信号会成为另一个楼层的噪声，降低两个楼层的无线网络的性能。根据 802.11 协议，无线信号在 2.4 GHz 的频段上可使用 1、6 和 11 信道。在实际优化过程中，通过信道错开的方法，将相邻的两层楼使用不同的无线信道，提升了无线网络性能。

4.2 提升信道容量

4.2.1 多输入多输出技术 在信噪比确定的情况下，要提高无线网络的性能，可通过提升信道容量完成。提升信道容量的最佳方案即多输入多输出技术（Multiple – Input Multiple – Output，MIMO）。MIMO 使用多个发射和接收天线，使信号通过发射和接收端的多个天线传输和接收，充分利用空间资源，在不增加发射功率和频谱的前提下，成倍提高系统信道的容量^[2]，图 6 给出了一个简单的 MIMO 传输系统示意图。

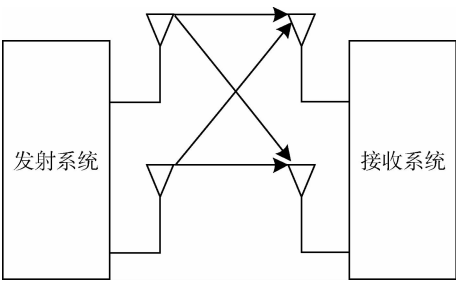


图 6 MIMO 传输系统

数字信号在发射之前要经过一系列处理，包括加冗余校验（通过冗余校验算法，在信号流末尾增加冗余信息，用于收端校验信号），信号加扰（使用伪随机序列对信号进行扰乱，用于数据保密），信号交织（将连续的比特分散开，避免信道出现深衰落时影响到连续的一串比特），调制（将数字信号比特调制到传输的符号上），D/A 变换（通过傅里叶变换，将数字信号变换为模拟信号），信号变换为模拟信号之后，通过发射天线发出。传输的数字信号可以被映射成为多个符号流，每一路符号流通过其中一个天线发射出去。根据实现性能的需要，符号流可以是独立的，部分冗余或者完全冗余。使用独立的符号流通过在同一时间传输不同的

信息，增加信道容量。而部分冗余或者完全冗余的符号流则通过传输部分冗余信息，增加接收端信号的信噪比，牺牲部分容量以保证接收质量。数字信号的接收端处理，是发射端处理的逆过程。

4.2.2 MIMO 信道容量 由于已经在无线环境上做出优化，本文在 MIMO 技术的应用中，考虑使用独立的符号流，提升信道容量。通过使用 MATLAB 仿真，在发射天线数目为 2 时，信道容量随信噪比及接收天线数目的变化趋势，见图 7。

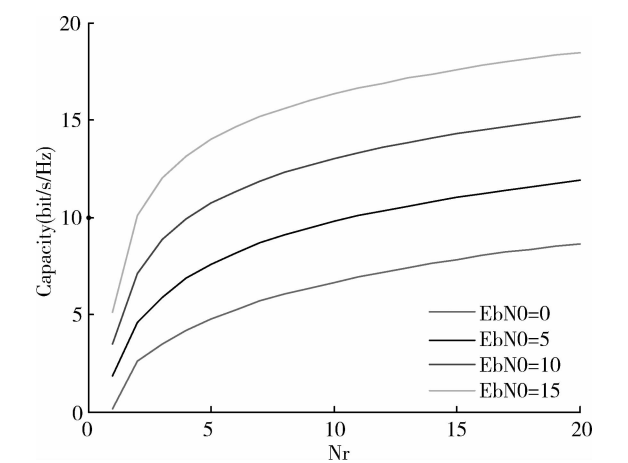


图 7 MIMO 信道容量

通过分析图 7 可知：（1）发射天线和接收天线数目固定时，信噪比的提升可提升信道容量。（2）发射天线数目和信噪比固定时，增加接收天线的数目可提升信道容量。（3）天线数量的增加对信道容量的提升不是无限制的。真实环境中信噪比不可显著提升，可使用 MIMO 技术提高信道容量、增加无线网络性能。在实际优化过程中，使用了 2 发 2 收的多天线技术，完成对信道容量的提升。

4.3 增加编码效率

信道容量一定的情况下，传输的调制符号数目一定，要增加无线网络的性能，则需要提高单位信道容量的效率，即可通过增加编码效率的方法实现。调制和编码策略（Modulation and Coding Scheme, MCS）用于对不同的调制和编码方式进行编号，以便系统调用不同的通信策略。802.11 通信中使用调制与编码策略索引值（MCS Index）对无

线通信进行速率配置，以应对不同的通信环境。20MHz 带宽下的 MCS，见表 1。调制阶数越高，单位符号承载的比特信息越多，BPSK 每个符号只能承载 1 比特的信息，而 64-QAM 可承载 6 比特的信息。高阶调制会增加信号的误码率，但是通过纠错编码等手段，利用一部分冗余信息，可纠正传输错误^[3]。在实际优化的过程中选用 MCS 的值为 15，即 64-QAM 的调制编码方式，提升无线网络的性能。

表 1 MCS 速率表

MCS 索引	空间流数量	调制方式	速率（Mb/s）	
			800ns GI	400ns GI
0	1	BPSK	6.5	7.2
1	1	QPSK	13.0	14.4
2	1	QPSK	19.5	21.7
3	1	16-QAM	26.0	28.9
4	1	16-QAM	39.0	43.3
5	1	64-QAM	52.0	57.8
6	1	64-QAM	58.5	65.0
7	1	64-QAM	65.0	72.2
8	2	BPSK	13.0	14.4
9	2	QPSK	26.0	28.9
10	2	QPSK	39.0	43.3
11	2	16-QAM	52.0	57.8
12	2	16-QAM	78.0	86.7
13	2	64-QAM	104.0	115.6
14	2	64-QAM	117.0	130.0
15	2	64-QAM	130.0	144.4

4.4 接入用户限制

4.4.1 必要性 在信道容量的利用率提升之后，要进一步优化无线网络性能，则通过限制接入用户的数量来实现。无线网络是为移动医疗平台搭建，用于医护人员使用。一方面，为了优化无线网络性能，需要限制用户接入数量，避免患者移动设备或医护人员私人移动设备接入无线网络；另一方面，为了保证内网安全，防止患者隐私以及医疗数据泄露，也需要对接入用户进行限制。

4.4.2 目前限制接入用户的方案 （1）无线网络接入密码。无线网络需要输入密码才能接入。（2）黑白名单控制。是指通过无线控制器（Access

Control, AC), 将所有医护人员使用的 PDA 的 MAC 地址录入 AC 白名单中, 其他未注册的设备默认位于黑名单中。未注册的设备即使知道接入密码, 也无法接入无线网络。设备的白名单由医院信息科技人员管理, 有效限制接入用户的数量。(3) 终端管理软件控制。终端管理软件不仅仅是为了限制接入用户数量, 更集合了设备资产管理、防病毒、PDA 终端软件推送更新等功能。未安装终端管理软件的设备, 即使知晓接入密码, 加入白名单, 也会因为服务器主动攻击, 无法接入无线网络, 是控制用户数量的第 3 层保障。医护人员 PDA 设备安装终端管理软件之后, 由软件限制, 不能改变 PDA 设置, 不能接入科室之外的无线网络, 有效防止了设备私用或者科室混用的情况。终端管理软件还具有杀毒功能, 避免病毒通过无线网络在内网系统中传播。终端管理软件的另一功能是软件推送。当 PDA 设备软件需要更新时, 信息科人员可通过终端管理软件直接推送给设备, 提高信息科人员的工作效率。通过接入密码、黑白名单以及终端管理软件, 有效限制了接入无线网络的用户数, 保证了无线网络的安全。

4.5 优化结果测试

部署完成, 实施无线网络优化方案后, 该院对无线网络进行了测试。测试项包括: (1) ping 包测试。通过选取支持 802.11n 协议的 PDA, 在实际环境中进行 ping 包测试, 测试过程中保持静止和移动状态, 记录丢包率以及平均 ping 包延迟。(2) 信号强度测试。通过信号强度测试软件, 在实际环境中记录信号强度, 与 AC 记录数据进行对比。(3) FTP 上传和下载测试。搭建 FTP 服务器, 在实际环境中通过无线网络进行 FTP 上传和下载测试, 记录

平均速度。(4) PDA 设备使用测试。在实际环境中, 使用多台 PDA 设备同时读取患者 HIS 数据、PACS 影像资料、电子病历等。以医院外科楼肝胆外科为例, 测试结果, 见表 2。通过测试结果可知, 在病房环境中, 静止及移动状态下 PDA 设备未出现丢包情况, 进出病房时无高延迟现象, 实现无线网络零漫游。多台设备可同时读取 HIS、PACS 及电子病历资料, 无卡顿, 符合临床移动医疗使用要求。

表 2 肝胆外科无线网络测试结果

性能指标	参数描述
丢包率	0%
平均时延	5ms
平均信号强度	-45dBm
平均上传速率	35.7mbps
平均下载速率	38.2mbps

5 结语

本文通过监控分析临床业务流量, 按照优化无线环境、增加信道容量、提升信道利用率、控制用户的思路, 提出了移动医疗的无线优化方案, 优化了医院已有的无线网络。通过临床测试, 无线网络掉包率为 0, HIS 和 PACS 使用无卡顿, 有效提升了移动医疗平台的使用体验。

参考文献

- 1 杨宏桥, 吴元立, 李学斯, 等. 移动医疗技术的研究与应用 [J]. 中国数字医学, 2011, 6 (11): 49-51.
- 2 庞继勇. MIMO 相关信道容量研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006.
- 3 啜钢, 王文博, 常永宁, 等. 移动通信原来与系统 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2009.