

宽带无线系统楼内传播特性*

李 剑, 赵东风, 余 江, 孙云山
(云南大学 通信工程系, 云南 昆明 650091)

摘要: 楼内无线信道的变参特性是设计宽带无线系统需要考虑的一个重要因素. 在 2.4 GHz ISM 频段上宽带无线信号受到楼内不同类型障碍物影响, 产生了特有的信号衰减. 在测试平台上对宽带无线信号的楼内传播特性进行了测量, 对测试结果和分析数值进行了比较, 讨论了 2.4 GHz 频段楼内无线传输路径衰耗的计算模型, 分析了楼内宽带无线接入的性能, 提出了楼内宽带无线接入网的实现方案.

关键词: 宽带无线接入; 2.4 GHz 频段; 楼内; 传输路径衰耗

中图分类号: TN 923 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-7971(2002)03-0186-06

宽带无线通信系统实现了用户端的高速、移动接入, 因而受到人们的关注, 成为国内外研究的重点. 在互联网的无线接入方式中有两类较为重要的接入系统, 一类是基于蜂窝的接入系统, 如 CD-PP, GPRS, EDGE, IMT2000 等, 系统提供的数据传输速率一般在 2 Mbps 以下. 另外一类是基于无线局域网(WLAN Wireless Local Area Network)的传输技术, 传输协议采用 IEEE802.11b, 工作频段在 2.4 GHz ISM, 提供 1, 2, 5.5, 11, 23 Mbps 甚至更高的传输速率, 这类系统的最大特点是能够提供宽带的传输业务服务, 同时还具有性价比高、发送功率小、电磁干扰小、易于安装维护, 用户终端能够在一定工作范围内实现灵活的移动接入等特点.

宽带无线系统之所以有如此优良的传输特性, 关键在于一些新技术的采用. 扩频技术使无线通信的抗干扰能力大大增强^[1], RAKE 接收机^[2]、智能天线系统^[3,4]以及 DSP 技术^[5]在第 3 代移动通信中的应用使得无线通信的容量和通信质量都得到较大的提高. 虽然无线接入具有有线方式不可替代的优势, 但无线信道的变参特性仍然影响着宽带无线系统的传输质量, 因此, 国内外的研究人员根据不同传输环境, 进行了深入的研究探讨, 提出许多富有创新的思想 and 解决问题的方法. 文献[6]对蜂窝移动基站区的无线信号传播质量进行了分析,

文献[7]对海杂波的混沌特性进行了研究, 国外对无线信号室内传播特性进行了较多的研究讨论, 文献[8]对 914MHz 频段的无线电信号在楼内传播的衰耗进行了测试分析并给出了衰耗模型, 文献[9, 10]对室内无线信道进行了较为系统的分析. 虽然在同一楼层中从 900 MHz 到 4 GHz 的无线信道衰落特性没有太大的区别^[8], 但随频率的变化和楼层的不同, 就会有显著的变化. 目前 2.4 GHz 微波频段上的无线扩频系统, 在楼内的传播特性测试研究还较少. 本文在文献[8]提出的模型基础上, 采用 ORiNOCO AP-1000 无线网桥路由器作为测试平台, 对 2.4 GHz 无线扩频系统在楼内的传播特性进行了测试, 对有关测试结果进行了分析讨论.

1 宽带无线接入系统

宽带无线接入技术提出至今不过短短几年, 还未形成一个统一的标准, 本文讨论的无线接入系统采用的是 IEEE802.11b 协议. IEEE802.11 协议在 1997 年就已经制定定出, 1999 年 8 月, 又得到了进一步的完善和修订, 包括用一个基于 SNMP 的 MIB 来取代原来基于 OSI 协议的 MIB. 另外还增加了两项内容, 一是 802.11a, 它扩充了标准的物理层, 频段为 5 GHz, 采用 QFSK 调制方式, 传输速率为 6 ~ 54 Mb/s. 它采用正交频分复用(OFDM)的独特

* 收稿日期: 2001-11-09

基金项目: 国家教育部骨干教师基金资助项目, 云南省自然科学基金资助项目(1999F0014M).

作者简介: 李 剑(1977-), 男, 云南人, 硕士生, 主要从事宽带无线接入、网络与信息安全的研究.

扩频技术, 可提供 25 Mbps 的无线 ATM 接口和 10 Mbps 的以太网无线帧结构接口, 并支持语音、数据、图像业务。这样的速率完全能满足室内、室外的各种应用场合。但是, 目前在市场上采用该标准的产品还不多。另一种是 802.11b 标准, 采用 2.4 GHz 的 ISM 频段和补偿编码键控 (CCK) 调制方式。该标准可提供 11 Mb/s 的数据速率, 大约是原有 IEEE 标准无线 LAN 速度的 5 倍, 还能够支持 5.5 Mbps 和 11 Mbps 2 个新速率。802.11b 可以根据情况的变化, 在 11, 5.5, 2, 1 Mbps 的不同速率之间自动切换^[11]。同时, 使用直接序列扩频方式来调制, 具有功耗低, 抗干扰性强, 保密性好等特点, 符合目前对无线设备环保性和安全性的要求。它从根本上改变 WLAN 设计和应用现状, 扩大了 WLAN

的应用领域, 大多数厂商生产的 WLAN 产品都基于 802.11b 标准。

宽带无线接入系统利用无线接入点 (AP), 支持无线终端 (WT) 在移动中的高速接入^[12]。由于本文讨论的系统采用的是无线网桥路由器, 所以, AP 之间可以通过常规的局域网通信, 也可以通过无线的方式进行连接, WT 可以在不同的 AP 之间切换而无须更改设置。整个系统的网络结构如图 1 所示。无线接入点的作用是完成 WLAN 与 LAN 或 WLAN 和 WLAN 之间的桥接, 实现无线接口协议到 LAN 协议的转换, 并实现对 WLAN 内无线终端的管理。WT 可以是移动的笔记本电脑, 也可以是普通的台式机, 只要安装有无线网卡即可。

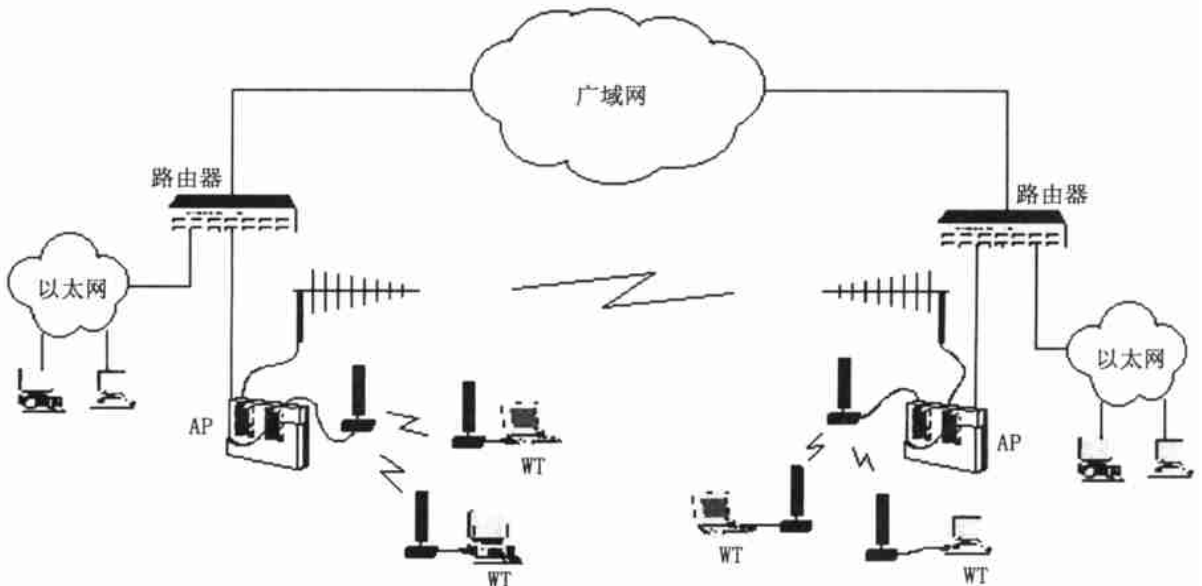


图 1 宽带无线接入网络结构图

Fig. 1 Broadband wireless access network architecture

2 楼内传播测试

测试所用主要设备及其基本性能指标如下:

- * 天线——WaveLAN Range Extender Antenna, 增益 2.5 dB;
- * 无线接入点 (AP)——ORiNOCO AP-1000;
- * 无线网卡——ORiNOCO PC Card, 发射功率 15 dBm;
- * 无线终端 (WT)——笔记本电脑, Pentium

II 300, 64 M 内存, 操作系统为 Windows 98;

* 测试软件——ORiNOCO Client Manager, FTP.

测试主要包括对发射和接收端信号强度的测量, 以及对网络传输速率的测量, 测试的目的是了解不同类型的障碍物对 2.4 GHz 无线扩频信号传输性能的影响。测试信号功率和信噪比使用的是无线网卡自带的测试软件, 使用该软件可以使 WT 和 AP 同时互传信息, 从而得到两端的信号功率和信噪比, 文件传输采用 FTP 协议。

在移动过程中由于障碍物变化的影响,采集到的数据不稳定,为了得到较稳定的数据,作者采集的数据均为移动到计划地点后经过一个小时的观测得到.初始的采集点为 10 个点,考虑了不同距离和障碍物的影响,其中 4 个点由于超出设备接收灵敏度的有效范围,仅通过很小的一部分反射和绕射接受到少量信号,测试过程中信号在接收灵敏度附近波动,得到的数据不够稳定,所以只选取了 6 个点的数据作为下一步分析的依据.

整个测试在一栋 4 层的办公楼内完成.楼形状

为一长方体,层高 5~6 m,走廊宽约为 2 m,房间主要由混凝土墙和木版间隔.楼外有树林,高度与楼顶持平.测试点 1, 2, 3, 4 均在 4 楼,测试点 5 在 3 楼,测试点 6 在室外.测试点 1, 2, 4 和测试点 5 无挡板分隔的小工作间,室内主要放置的设备为计算机且测试时都处于工作状态.测试点 3 有木质挡板分隔的小工作间,面积约为 $2.5\text{ m} \times 1.8\text{ m}$,挡板高为 1.6 m.测试点 6 在室外楼前平地上,有少量树木遮挡.

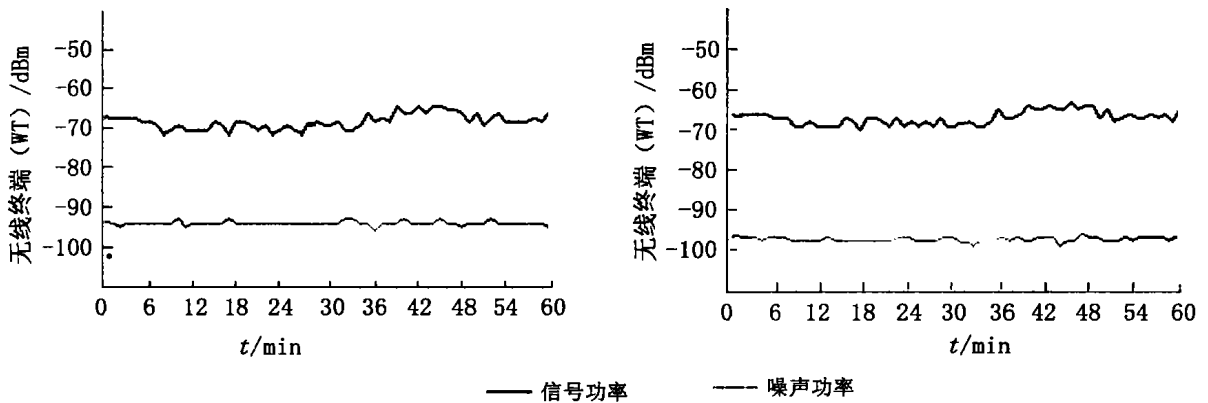


图 2 测试点 3 信号噪声功率曲线

Fig. 2 Signal and noise curve of NO. 3 measurement location

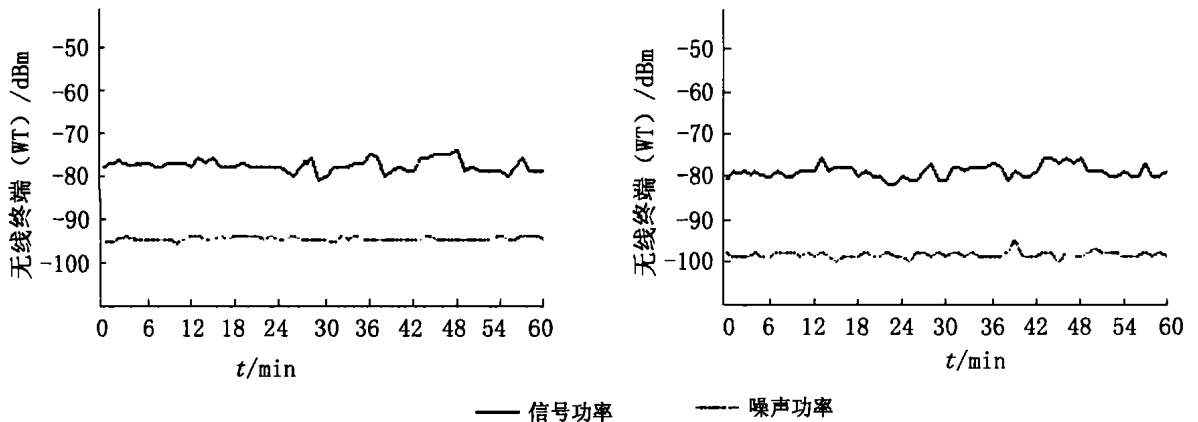


图 3 测试点 4 信号噪声功率曲线

Fig. 3 Signal and noise curve of NO. 4 measurement location

3 结果讨论及分析

测试结果以图形和表格 2 种形式给出,以方便分析比较.信号噪声功率曲线为实时监测获得,测

试时间为 1 h,鉴于篇幅有限,只选取测试点 3, 4, 5 的信号噪声功率曲线作为参考,未给出信噪比曲线.测试环境参数和传输速率测试结果在表 1 中给出,表 1 中的数据是通过对多组测试值进行统计后得出.

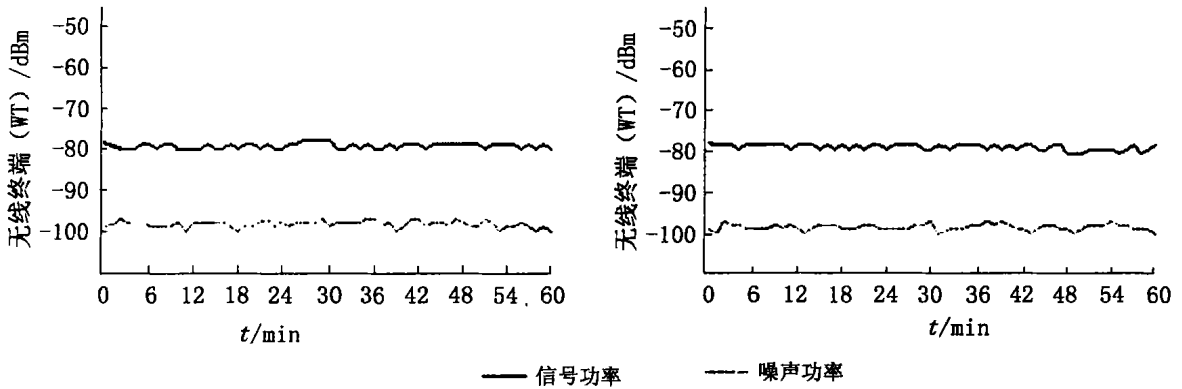


图4 测试点5 信号噪声功率曲线

Fig.4 Signal and noise curve of NO. 5 measurement location

表1 宽带无线接入测试结果

Tab. 1 Measurement result

测试点编号	测试条件描述	WT 信号功率/ dBm	WT SNR/ dB	AP 信号功率/ dBm	AP SNR/ dB	净荷数据传输速率/ Kbps
1	WT 距离 AP 天线 1 m, 两端可视, WT 未加天线	- 34	60	- 38	61	3 737.6
2	WT 距离 AP 天线 3 m, 两端可视, WT 未加天线	- 48	46	- 52	44	3 221.6
3	WT 距离 AP 天线 8 m, 两端分别在不同的房间中, 中间有 2 面木版墙相隔, WT 加有天线且位于一隔间内	- 66	28	- 66	33	578.4
4	WT 距离 AP 天线 15 m, 两端分别在不同的房间中, 中间有 1 面混凝土墙和 2 面木版墙相隔, WT 加有天线	- 66	30	- 68	31	269.04
5	WT 距离 AP 天线 15 m, 两端分别在不同楼层, 中间有 1 层混凝土地板和两面木版墙相隔, WT 加有天线	- 80	18	- 80	18	267.68
6	WT 距离 AP 天线 30 m, WT 在楼外平地, AP 在 4 楼办公室, WT 加有天线	- 85	13	- 86	12	207.84

两端均采用增益为 2.5 dB 的全向天线, 距离指直线距离

无线信道是一种典型的变参信道^[13], 在楼内的传播很多情况下无法实现视距内的直接传输, 因而受到许多因素的影响, 比如: 墙壁、挡板、楼层等, 当然还会有来自其它电器设备的噪声的影响。

根据测试结果, 本文对[8]中的室内无线通信信号衰耗模型及参数进行了改进和修正, 对于距离的衰耗可以用公式(1)来描述, 式中 $P_L(d_0)$ 为自由空间衰耗, d_0 为参考距离, n 为平均路径衰耗指数, n 值随环境的改变而不同。

$$\overline{P_L}(d) = P_L(d_0) + 10.0 \times n \times \log_{10}(d/d_0). \quad (1)$$

对于楼层的衰耗可以用公式(2)来描述, 式中 n 为同一楼层的平均路径衰耗指数, F_{AF} 为楼层衰耗因子。

$$\overline{P_L}(d) = P_L(d_0) + 10.0 \times n \times \log_{10}(d/d_0) + F_{AF}. \quad (2)$$

对于墙壁和小工作间隔板的衰耗可以用下式

来描述

$$\overline{P}_L(d) = 20.0 \times \log_{10}(4\pi d/\lambda) + A_F(\text{隔间})^p + q \times A_F(\text{混凝土墙}), \quad (3)$$

式中 A_F 为衰耗因子, p 为隔间数目, q 为混凝土墙数目, λ 为无线电波波长.

以上公式所用单位均为 dB.

由于路径衰耗从 900 MHz 到 4.0 GHz 都无明显差别, 所以主要对楼层的衰耗和墙壁、隔板的衰耗进行讨论. 根据测量分析, F_{AF} 的取值为: 26 dB (楼层=1), 34.5 dB (楼层=2), 36 dB (楼层=3), 而 $A_F(\text{隔间})$ 的取值约为 3.1, $A_F(\text{混凝土墙})$ 的取值约为 10. 在测试过程中, 由于设备有限, 取得的数据量有限, 所以对几个关键参数的分析结果的误差为 ± 5 . 但从测试结果可以发现, F_{AF} 因子对 2.4 GHz 无线扩频信号有较强的衰耗, A_F 因子次之, 所以在设计楼内宽带无线接入网时, 首先考虑楼层的影响, 其次考虑房间布局的影响, 根据无线接入点的覆盖范围, 在不同的楼层以及房间较多的楼层选择适当的位置, 设置不同的无线接入点, 形成微小区, 确保通信的带宽和质量.

对于传输速率, 能根据信号强度, 按照无线网卡的设置自动在 11, 2 和 1 Mbps 的链路速率之间调整.

4 结束语

由测试结果以及衰耗计算模型可以看出, 2.4 GHz 无线扩频信号的楼内传播受环境影响的因素很多, 其中楼层衰耗和墙壁衰耗尤为显著, 这将在很大程度上影响宽带无线接入如何进一步提高传输质量和传输速率. 对于楼层衰耗、墙壁衰耗以及

其它电器设备的噪声影响的分析将会作为今后工作的重点, 对于模型的形式也需要今后进一步加以完善.

参考文献:

- [1] 查光明, 熊贤乍. 扩频通信[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1990.
- [2] 王文杰, 蒋伯峰, 殷勤业. 非周期扩频系统中频率域多径时延估计[J]. 西安交通大学学报, 2001, 4: 360—364.
- [3] 郑洪明, 朱为君, 毕光国. 基于智能天线阵接收的蜂窝 CDMA 网络性能分析[J]. 通信学报, 2001, 4: 19—25.
- [4] 金梁, 殷勤业. 多用户波束优化设计在智能天线系统中的应用[J]. 通信学报, 1998, 6: 13—19.
- [5] 申敏, 邓矣兵. DSP 原理及其在移动通信中的应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [6] 朱洪波, 高攸纲. 同频道干扰及 Nakagami 衰落环境中的微蜂窝移动系统[J]. 电子学报, 1998, 12: 118—125.
- [7] 杨杰, 姜明启. 混沌研究方法在雷达海杂波分析中的应用[J]. 电子与信息学报, 2001, 6: 552—558.
- [8] SEIDEL S Y, RAPPAPORT T S. 914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings[J]. IEEE Trans Antennas Propag, 1992, 40(2): 207—217.
- [9] HASHEMI H. The indoor radio propagation channel[J]. Proc IEEE, 1993, 81(7): 943—968.
- [10] ANDERSEN J B, RAPPAPORT T S, YOSHIDA S. Propagation measurements and models for wireless communications channels[J]. IEEE Commun Mag, 1995, 33(1): 42—49.
- [11] 李建东, 刘乃安. 宽带无线 IP 实验系统[J]. 高技术通讯, 2001, 7: 49—54.
- [12] 谢希仁. 计算机网络(第 2 版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [13] 郭梯云, 邬国扬, 张厥盛. 移动通信[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998.

Study on radio propagation of broadband wireless system in a building

LI Jian, ZHAO Dongfeng, YU Jiang, SUN Yuirshan

(Department of Communication Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The instability of wireless channel greatly affects the design of the in-building broadband wireless system. A broadband wireless transmission experiment shown the different path loss for 2.4 GHz wireless signal resulted from different obstacle in a building. Then the in-building path loss model for 2.4 GHz wire-

less signal is discussed and the broadband wireless access performance is analyzed by comparing the predicted data and the measured data. Solution of designing a broadband wireless access network in a building is presented.

Key words: broadband wireless access; 2.4 GHz band; irr building; path loss

* * * * *

(上接第 185 页)

[3] LEMMER J F. The causal Markov condition, fact or artifact? [J] . Acm Sogart Bbulletin, 1996, 7(3): 3~ 16. Proc. Of the third International Workshop on Rough Sets and Soft Computing [C] . San Jose: Morgan kaufmann, 1994.

[4] WONG S K M, XIANG Y. Construction of a markov network from data for probabilistic inference[A] . In:

The entropy of Bayesian networks

ZHANG Zhong yu¹, LIU Wei yi¹, ZHANG Yu zhuo²

(1. Department of Computer Science, Yunnan University, Kunming 650091, China;
2. Department of Computer Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: In the view of entropy, that if the graph and probability specification in a Bayesian network are thought of as an agent’s background knowledge, the agent is most rational if she adopts the probability distribution determined by the Bayesian network as her belief function. It shows that the distribution determined by the Bayesian network maximises entropy given the causal and probability distribution of a Bayesian network under the conditional independence.

Key words: Bayesian networks; Agent; conditional independence; entropy

* * * * *

“第九届全国高校固体物理科研与教学研讨会”

将于 8 月在云南省大理市召开

全国高校固体物理研究会将于 2002 年 8 月中旬在云南省大理市召开“第九届全国高校固体物理科研与教学研讨会”。会议由全国高校固体物理研究会主办,南开大学、云南大学、四川师范大学承办.会议旨在交流我国高等院校固体物理领域近年来所取得的创新性的科研和教学成果,以促进我国高等院校固体物理领域的交流与协作,加强固体物理学者之间的学术联系与沟通,推动固体物理的科研与教学.会议将以内容丰富、适应面宽、广聚同行、气氛活跃、讲求实效为指导思想,热忱欢迎固体物理学、材料科学等方面的专家学者,理工、师范、综合性大学的教师、研究生及对固体物理学感兴趣的各界人士参加.

会议内容: 固体的光、磁、电特性; 介观物理和超晶格; 强关联电子系统; 固体及其表面的电子结构; 固体光学性质研究的实验仪器; 新材料、新器件及应用; 固体物理教学研究; 专著及教材交流; 相关的交叉领域.

有关信息亦可参阅《云南大学学报》网页 (<http://yndz.chinajournal.net.cn>)