

# 基于 MPLS 的移动 IP 组播技术的研究

宗平<sup>1</sup>, 王丽莉<sup>2</sup>

(1. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210023)

**摘要:**文中介绍了 MPLS(多协议标签交换)网络与移动 IP 网络以及 IP 组播相结合的技术,设计了一种适合移动节点通过隧道传输组播数据的技术。介绍了 MPLS 网络的网络体系结构,一些重要的概念,如标签以及转发原理。讲述了移动 IP 组播技术的基本原理和相关知识,指出了其存在的不足之处。着重研究了移动 IP 和组播技术相结合的技术途径。给出了一种基于 MPLS 的移动 IP 组播的技术设计方案,具体描述了相关的实现方法。并在 NS2 环境下进行了仿真实验,验证了改进算法的正确性和有效性。

**关键词:**多协议标签交换;移动 IP;移动组播

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)09-0051-04

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2013.09.013

## Study of Mobile IP Multicast Technology Based on MPLS

ZONG Ping<sup>1</sup>, WANG Li-li<sup>2</sup>

(1. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** It discusses the combination of MPLS, mobile IP and multicast technology. And it designs a technology of mobile node transferring data by tunnel. Introduce the network architecture of MPLS and some important concepts, such as label and the principle of transmitting. Then present the basic principle of mobile IP multicast technology and related knowledge, and point out the deficiency. It studies the technical approach of the combination of mobile IP and multicast technology. Propose a design scheme of mobile IP multicast technology based on MPLS. The detailed descriptions of the related realization algorithm are given. With the NS2, the simulation experiments verify the correctness and effectiveness of the improved algorithm.

**Key words:** MPLS; mobile IP; multicast

## 0 引言

随着科技时代的不断发展,通讯技术也在迅猛发展。无线通讯技术和移动设备正在飞速的普及中,这些技术的用户们都想要随时随地地通过方便快捷的方式访问因特网,于是因特网发展的一个必然趋势就是移动性的支持。所以,为移动设备提供更好的网络接入技术的支持成为人们普遍关注的事情。另外,组播技术在实践中不断被应用,使用者也不断增加,对于组播技术的研究也越来越被广泛关注。组播技术有很多优势如可扩展性强、传输效率高等,而这些优势对于移动环境下的数据传输非常关键,因此将移动 IP 与组播技术结合(即移动 IP 组播)越来越引起人们的重视,在

该领域展开了大量的研究,其中以 IETF 下属的移动 IP 工作组 UP Routing for Wireless/Mobile Hosts 制定的移动 IP 及其他相关技术为主要的研究内容<sup>[1-2]</sup>,这在业界也是占有主导地位,而且已经取得了相关的研究成果。

## 1 MPLS 技术

MPLS(Multi-Protocol Label Switching)的这种标签交换思想来源于 IP over ATM,在计算机通信领域是一种常用的标签交换协议<sup>[3]</sup>。多协议标签交换结合了链路层交换与网络层路由的特性,具有良好的可扩展性和兼容性。当数据包分组进入隧道时,在入口处会打

收稿日期:2012-12-09

修回日期:2013-03-12

网络出版时间:2013-05-09

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX03005-004-03);江苏省科技支撑项目(BE2009157)

作者简介:宗平(1956-),男,教授,博士生导师,研究方向为计算机网络技术、智能数据处理技术、软件工程等;王丽莉(1987-),女,硕士研究生,研究方向为计算机网络技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130509.1059.047.html>

上固定长度并分配好标签,而在 MPLS 的网络域中,转发过程只需要使用标签信息,而不需要像三层转发那样进行路由表查询、选路等操作。理论上只要在 MPLS 网络域入口处根据数据分组所归属的转发等价类(FEC)<sup>[4]</sup>分配一次标签,那么在整个隧道转发过程中只需按照标签交换转发表进行简单而又快速的标签交换。

MPLS 骨干网可以用来构建大范围的移动 IP 网络。标签边缘路由器(LEP)能够封装数据包,分配标签并转发,标签核心路由器(LSR)能够根据标签转发表进行标签交换。所以经过 LER 转发之后,带有标签信息的数据包分组可以根据标签转发的信息,在已经建立好的标签交换路径(LSP)上进行可靠而迅速的传输<sup>[5]</sup>。

多协议标签交换是一种面向连接的协议,能够提高移动网络中各种应用程序的服务质量。

## 2 移动 IP 组播技术

在移动 IP 组播技术<sup>[6]</sup>中,将所有的目标移动节点合并为一个组,用一个含有多目标的地址来标识这个组,这个多目组的成员既可以属于同一个子网络,也可以属于不同的子网络,而每个子网络内都有一个管理组成员的组管理员,而它们管理组成员是通过计算机网络中的组管理协议即 IGMP<sup>[7]</sup>(Internet Group Management Protocol):

(1)组“管理员”定期向子网络发送询问消息,如果某移动节点想加入某个组,就在收到询问消息后向管理员发送回应信息。管理员收到回应后记录下来,并且告知其他 MCR(多目投送路由器)。

(2)组“管理员”还会在其组内定期发送询问消息,查看其多目组内的成员是否还在,有没有主机已经退出。凡是没有退出多目组的成员在收到管理器发来的询问消息后,需要向管理员作出回应。如果管理器向某多目组发送了询问消息后没有收到该组成员回应,就认为这个多目组的成员都已经全部退出,将该多目组删除。

其实在本质上,MN(移动节点)不管是接收组播数据报还是接收点对点发送来的数据报,都没有多少差别。移动节点向其本地代理(HA)登记它已经加入某个多目组,组管理器在收到发往该多目组成员的组播数据包后,再利用 MPLS 技术把这些数据转发给移动节点。这种发送组播数据包的技术不仅与现有移动网络有很好的互操作性,而且对移动节点的外地代理完全透明,安全性高。

移动 IP 组播技术<sup>[8]</sup>是一种允许某个发送者即组播源(可以是一个也可以是多个)发送一份数据到多个接收者的网络技术,并且多个接收者是一性同时

接收到数据包。组播可以大大地节省网络带宽,因为无论有多少个目标地址,在整个网络的任何一条链路上只传送单一的数据包。所以说组播技术的核心就是在节约网络资源的前提下保证服务质量。

## 3 MPLS 与移动 IP 组播的结合

### 3.1 基于 MPLS 的移动 IP 组播总体架构

基于 MPLS 的移动 IP 组播的总体设计框架由 MPLS 网络、源终端和移动节点组成,其中 MN0、MN1、MN2 均是移动节点,而 HA0、HA1、HA2 分别是 MN0、MN1、MN2 的本地代理。MPLS 网络由标签边缘路由器(LEP)和标签交换路由器(LSR)组成。基于 MPLS 的移动 IP 组播总体架构如图 1 所示。其中 LER1、LER2、LER3、LER4 是标签边缘路由器,LSR1、LSR2、LSR3 是标签交换路由器。

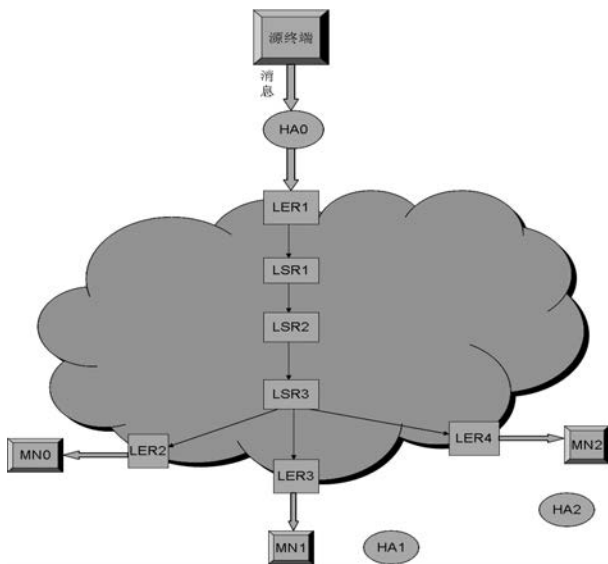


图 1 基于 MPLS 的移动 IP 组播总体架构

MPLS 组播网络可以使得数据包快速高效的传输,既提高了传输速度,又可以保证网络资源的最优化应用。多协议标签交换技术适用于多种通信业务,并且具有很高的性价比。因为它没有传统的 IP 数据分组交换的局限性,具有非常快速灵活的转发功能以及高度的安全性,所以能够完成涉及多个网络层次集成的控制与管理的技术。尽管组播技术能够在很少的带宽资源下提供高效的数据传输,但是它的可伸缩性和可扩展性不好。而 MPLS 技术恰好可以解决组播的这一缺陷,二者相结合能够提高组播技术的可扩展性和可伸缩性。同时 MPLS 是一种面向连接的协议,能够提高移动网络中各种应用程序的服务质量,减少丢包率。因此,移动 IP 组播和 MPLS 技术的结合可以充分利用其优势来互补。

下面分别介绍各个组成部分的功能。

首先,在 MPLS 网络中标签交换路由器和标签交

换协议在转发过程中起到了关键性的作用。MPLS 分为控制模块和转发模块,其中控制模块是以 IP 为核心,而转发模块是以标签交换算法为核心。转发模块主要就是标签边缘路由器和标签核心路由器,LSR 和 LER 通过 LDP(标签分配协议)<sup>[9]</sup>在各个节点间完成标签的交换以及数据的传送,这里要强调一点就是标签信息的交换只是在相邻路由器之间进行。通过标签交换算法和 LDP,LSR 可以简单而快速找到报文的下一跳并可最终建立一条特定的标签交换路径(LSP)。

标签是 MPLS 中一个很核心的概念,标签和数据包分组是绑定在一起转发的,而在转发之前要对标签进行相应的编码和封装。标签共分为 4 个域:标签(20 个比特)、EXP(保留字,用于试验)、S(多重标签)、TTL(生命周期)。标签的封装格式如表 1 所示。

表 1 MPLS 的标签封装结构

标签(20 比特)	EXP	S	TTL
-----------	-----	---	-----

其次,对于移动节点部分,根据前面的介绍,属于同一个多目组的几个移动节点,它们可能属于同一个子网,也可能分属于不同的子网络。这里讨论后一种情况,即几个组成员属于不同的子网。这种情况下,可以为这几个 MN 选出一名管理员。因为每个移动节点都有各自的主代理 HA,可以从这几个主代理中选出一个作为这个多目组的管理员。而这个组管理器通常选择组内最先登记加入该多目组的移动节点对应的 HA。被选中的这个 HA 如果收到源终端发来的组播消息后,通过 MPLS 网络将组播数据包转发给多目组内的所有移动节点成员。如果这个 HA 对应的组成员 MN 退出了该多目组,那么这个 HA 也会被取消组管理员的资格。而要在剩下的组播成员的主代理中再选择一个管理员。

在图 1 中,HA0 就是 MN0、MN1、MN2 的主代理,HA0 将消息通过隧道分配给其子网内的成员,即 MN0、MN1、MN2。

标签边缘路由器(LER)能够封装数据包,分配标签并转发,标签核心路由器(LSR)能够根据标签转发表进行标签交换。所以经过 LER 转发之后,带有标签信息的数据包分组可以根据标签转发信息,在已经建立好的标签交换路径(LSP)上进行可靠而迅速的传输。因此,HA0 可以将消息通过 MPLS 网络将消息传送给 MN0、MN1、MN2,而这种 MPLS 与组播结合的技术能够改善移动节点上应用程序的服务质量,减少丢包率。

3.2 基于 MPLS 的移动 IP 组播的实现方法

单播与组播的最大区别在于:单播是 IP 数据包点

对点的传送,即只有一个出接口;而组播一般情况下都是一对多的传送数据包,即有多个出接口。因此为了使 IP 组播能够有效地与 MPLS 结合,需要完成以下 3 个工作:

(1)修改 MPLS 的标签信息表,将 MPLS 转发的单一出口变成多出口,适合组播:在单播的情况下,MPLS 中 LIB 和 PFT 两类数据结构就可以实现数据包的转发。而在组播情况下,增加一个新的数据结构 MFT。当源终端发送的数据包到达时,首先根据组播地址判断是否是组播报文,如果是则 MPLS 的标签边缘路由器从 PFT 中检索收到数据包的 FEC 即转发等价类,其中存在着指向 LIB 的指针,然后为组播数据包分发生长的标签。为了实现 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)即组播路由协议<sup>[10]</sup>,需要将通过 MPLS 节点的组播流的信息记录并保存下来,于是新增加的数据结构 MFT 就派上了用场,用于保存(S, G,入标签,出标签)。图 2 说明了 MPLS 组播信息表之间的映射关系。

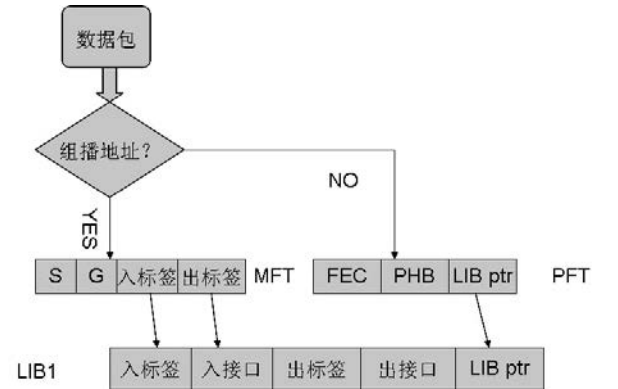


图 2 MPLS 组播信息表及映射关系

(2)因为是组播,所以在 MPLS 网络中不仅要实现数据包的转发,还要实现数据包的复制:MPLS 组播数据包的转发算法可以为每一个出接口复制接收到的数据包。图 2 中可以看到对于 LIB 包含多于一个的输出表项,对应于每一个出接口,都需要复制一份数据包。

(3)组播成员的加入与退出。组管理器通过 IGMP 实现组成员的管理:组“管理员”定期向子网络发送询问消息,如果某移动节点想加入某个组,就在收到询问消息后向管理员发送回应信息。管理员收到回应后记录下来,并且告知其他 MCR(多目投送路由器)。组“管理员”还会在其组内定期发送组内成员是否还在的询问消息,如果发送的询问消息没有得到回应,就认为这个多目组的成员都已经全部退出,将该多目组删除。

4 仿真实验与分析

NS-2 是一个离散事件模拟器,同时也是一个可扩展



展的、容易配置的、可编程的、免费的事件驱动仿真器。以 C++和 OTCL 混和编程实现,其中 C++高效的编译执行性能可以用于实现功能的模拟。

根据文中的设计思路,在 NS-2 的源程序中,加入 LIB 表项、MFT 表项,以及相应的程序代码,来达到模拟指定信源的 MPLS 组播的目的。根据总体设计架构,MPLS 内部的网络根据图 3 中的模拟拓扑结构,可以设定各个路由的参数如下:

- (1) 目的地址 G 设定为:100;
- (2) LSR1 设定为信源;
- (3) 数据包的大小 packetize 设为 200;
- (4) 目的端口号为 0;
- (5) LER3 加入组播,信源为 LSR1;
- (6) LER4 加入组播,信源为 LSR1;
- (7) 信源的起始地址是 10;
- (8) LER4 退出信源为 LSR1 的组播组;
- (9) LER2 加入组播组,信源为 LSR1;
- (10) 信源的地址到 10 结束。

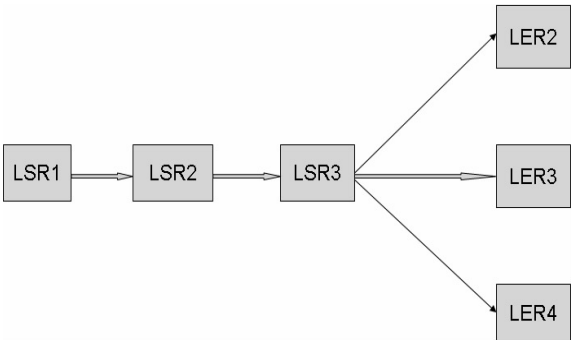


图 3 MPLS 网络内部拓扑结构

根据参数设置,可以知道信源为 LSR1,目的地址即组地址为 100,刚开始 LER3 和 LER4 加入了组播组成为组播成员,最后 LER4 退出了组播,而 LER2 加入了进来。分支节点 LSR3 中 LIB 表项和 MFT 表项中标签的分配情况分别如表 2 和表 3 所示。

表 2 LSR3 中的 LIB 表

#	入接口	入标签	出接口	出标签	LIBptr
1	-1	3	4	2	-1
2	-1	4	0	2	-1
3	-1	5	1	2	-1
4	-1	6	2	2	-1
5	0	7	4	4	-1
6	5	8	3	2	-1
7	5	8	2	2	-1

从表 2 中可以看出,当 iLabel=6、iface=4 时,MFT 表则被填入源地址 Source=1,组播地址 Group=10,因为 LSR3 是分支节点;而 LIB 对应两个出口(1,1)和(2,1),于是实现了组播数据包的复制与转发功能。

表 3 LSR3 中的 MFT 表

#	入接口	入标签	source	Group
1	5	8	10	100

通过仿真实验,数据包发送和接收的数据包对比结果如表 4 所示。通过多次试验,数据包在传输的过程中,每个移动节点收到的数据包数量都基本等于发送的数据包数量。因此,文中给出的改进算法可以成功实现基于 MPLS 的移动组播功能。

表 4 数据包发送接收记录结果

源终端发送数据包/个	100	250	400	550	700	850	1 000
移动节点 1/2/3 接收数据包/个	100	250	400	550	700	850	998

5 结束语

文中通过研究移动 IP 和组播技术相结合的技术途径,给出了一种基于 MPLS 的移动 IP 组播实现方法,借助于 MPLS 技术与移动 IP 组播的结合,通过 MPLS 来传送消息,其可靠性高,与 IP 组播衔接性良好,实现更加容易,并且便于组播成员的管理,为工程实现 MPLS 移动组播提供了有效的技术途径。

参考文献:

[1] Qiu Yimin, Zhu Hongbing, Zhou Yi, et al. A Research of MPLS-based Network Fault Recovery [ C ]//Proc. of the 2010 Third International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2010: 699-702.

[2] Stachowiak K, Pawlak T, Piechowiak M. Performance evaluation of multicast overlay routing protocols [ C ]//Proc. of CSNDSP. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2012: 1-6.

[3] 李海华. BGP MPLS VPN 数据转发过程分析 [ J ]. 计算机技术与发展, 2011, 21 ( 6 ): 4-8.

[4] Polvichai S, Chumchu P. Mobile MPLS with route optimization: The proposed protocol and simulation study [ C ]//Proc. of 2011 Eighth International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2011: 34-39.

[5] Liu Xiao, Yang Yun, Yuan Dong, et al. A Generic QoS Framework for Cloud Workflow Systems [ C ]//Proc. of DASC. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2011: 713-720.

[6] Lee D W, Lee H M, Chung K S, et al. The Idle Mobile Resource Discovery and Management Scheme in Mobile Grid Computing Using IP-paging [ C ]//Proc. of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2009.

[7] Xiang Zheng, Ma Zhengming. Research on application based

3 的一次实验外,在每次实验中,GAKHM 的 F-measure 都明显高于 GAKM 和 KHM 的 F-measure,表明 GAKHM 有较好的聚类效果。因为 GAKHM 和 KHM 均不受初值的影响,所以图中 GAKHM 和 KHM 的 F-measure 曲线波动很小;而 GAKM 受初值的影响,所以它的 F-measure 曲线波动较大。说明 GAKHM 和 KHM 的聚类结果比 GAKM 的聚类结果稳定。综上可得,GAKHM 在聚类中心优化,聚类精确度,算法稳定性上都比其他两种算法占优势。

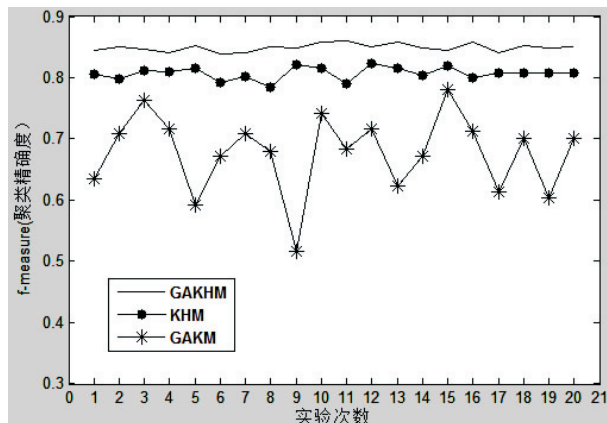


图 3 三种算法 20 次实验的 F-measure (Glass)

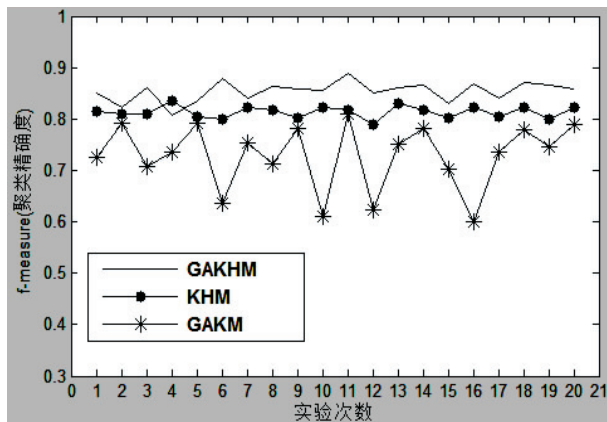


图 4 三种算法 20 次实验的 F-measure (Wine)

## 4 结束语

文中根据 K 调和均值和遗传算法各自的优缺点,提出了一种新的算法:基于遗传算法的 K 调和均值聚类算法(GAKHM)。接着通过实验证明了 GAKHM 优于 KHM 和 GAKM,最终得出 GAKHM 是一种聚类精确

度高,稳定,能够优化聚类中心的聚类算法。虽然 GAKHM 是一种较好的聚类算法,但也存在缺点,比如要事先确定  $K$  值,并且在做实验的时候,GAKHM 算法的运行速度明显慢于 KHM 和 GAKM,说明 GAKHM 有较大的时间复杂度。接下来将对 GAKHM 的这些缺陷进行改进。

## 参考文献:

- [1] 毛国君,段立娟,王 实,等.数据挖掘原理与算法[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [2] 陆林花.一种新的基于遗传算法的动态聚类算法[J].计算机仿真,2009,26(7):122-125.
- [3] 沈明明,毛 力.融合 K-调和均值的混沌粒子群聚类算法[J].计算机工程与应用,2011,47(27):144-146.
- [4] 毛 力,刘兴阳,沈明明.融合 K-调和均值和模拟退火粒子群的混合聚类算法[J].计算机与应用化学,2011,28(2):177-180.
- [5] 赵 恒,杨万海.一种基于调和均值的模糊聚类算法[J].电路与系统学报,2004,9(5):114-117.
- [6] 刘国丽,甄晓敏.基于模拟退火的 K 调和均值聚类算法[J].计算机系统应用,2011,20(7):90-93.
- [7] 徐家宁,张立文,徐素莉,等.改进遗传算法的 k 均值聚类算法研究[J].微计算机应用,2010,31(4):11-15.
- [8] Fogel D B. An introduction to simulated evolutionary optimization[J]. IEEE Trans. on Neural Network,1994,5(1):3-14.
- [9] Bhuyan J N, Raghavan V V, Elayavalli V K. Genetic algorithm for clustering with an ordered representation[C]//Proc. of 4th Int. Conf. on Genetic Algorithms. San Mateo: Morgan Kaufman,1991:408-420.
- [10] Guo Haixiang, Zhu Kejun, Gao Siwei, et al. An improved genetic k-means algorithm for optimal clustering[C]//Proc. of Sixth IEEE International Conference. Leipzig: IEEE Press, 2006.
- [11] Jones D R, Beltramo M A. Solving partitioning problems with genetic algorithms[C]//Proc. of 4th Int. Conf. on Genetic Algorithms. San Mateo: Morgan Kaufman,1991:442-457.
- [12] 王 颖,刘建平.基于改进遗传算法的 K-means 聚类分析[J].工业控制计算机,2011,24(8):78-79.
- [13] 赖玉霞,刘建平,杨国兴.基于遗传算法的 K 均值聚类分析[J].计算机工程,2008,34(20):200-202.
- [14] 王 康,颜雪松,金 建,等.一种改进的遗传 k 均值聚类算法[J].计算机与数字工程,2010,38(1):18-20.

(上接第 54 页)

- on MIP table in IPv4/v6 mixed networks[C]//Proc. of International Conference on Computer Science and Network Technology. [s. l.]:[s. n.],2011:1026-1030.
- [8] Jabid T, Kabir M H, Chae O. Facial expression recognition using Local Directional Pattern[C]//Proc. of ICIP. [s. l.]:[s. n.],2010:1605-1608.

- [9] 柏 勇,何 春,王 赏.基于 IP 组播的 MPLS 组播架构[J].通信技术,2010,43(10):62-64.
- [10] Ko J, Park S, Lee E. An extended PIM-SM for efficient data transmission in IPTV services[C]//Proc. of IC-NIDC. [s. l.]:[s. n.],2010:115-119.

基于MPLS的移动IP组播技术的研究

作者：

宗平，王丽莉，ZONG Ping，WANG Li-li

作者单位：

宗平,ZONG Ping(南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京, 210023)，王丽莉,WANG Li-li(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210023)

刊名：

计算机技术与发展

ISTIC

英文刊名：

Computer Technology and Development

年，卷(期)：

2013(9)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201309013.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201309013.aspx)