

文章编号:1001-9081(2006)12-2796-04

基于移动通信切换特性的 L2-Trigger 方法

唐 宏¹,陶京涛¹,王柏丁¹,韦 泉¹,吴中福²

(1. 重庆邮电大学 移动通信重点实验室,重庆 400065; 2. 重庆大学 计算机学院,重庆 400044)

(tangh@cqupt.edu.cn)

摘要:有文献提出采用二层触发器提前触发三层切换的方法以适应移动 IP 中的实时应用,但是现有的方法存在指示不准确、触发方法不明确等问题。为此,给出了新的二层触发器方法,并给出具体的路由更新协议 DRPR,从而消除了移动节点(MN)切换时的注册时延。

关键词:移动 IP;二层触发器;双路由提前注册

中图分类号: TP393.04 **文献标识码:**A

New method of L2-Trigger based on the Handoff of mobile communication systems

TANG Hong¹, TAO Jing-tao¹, WANG Bai-ding¹, WEI Quan¹, WU Zhong-fu²

(1. Mobile Communications Research Laboratory, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;

2. Department of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In order to satisfy real-time applications, L2-Trigger has been proposed to trigger layer 3 handoff ahead to decrease the handoff delay of mobile IP. But some problems such as misty indications and ambiguous trigger techniques have been found in former methods. A new L2-Trigger method and a routes updating protocol named Double Routes Pre-Registration were put forward. This method will eliminate the registration delay when Mobile Node (MN) moves from one network to another.

Key words: mobile IP; L2-Trigger; Double Routes Pre-Registration(DRPR)

0 引言

在标准的移动 IP^[1]中规定,每次移动节点(Mobile Node, MN)改变了接入的子网,就需要向归属代理(Home Agent, HA)进行注册(三层切换,L3 切换),这样会带来较多的网络信令开销和较大的注册时延,对于实时应用的影响非常大。为了尽量减少这些影响,学者们提出了很多微移动协议来处理移动节点在管理域内的移动^[2,3],从而可以大大减少注册时延。但是对于实时应用还需要进一步减少甚至消除注册时延,于是又有学者们提出了 L2-Trigger(以下简称 L2T)的概念^[4~7]。经过对已有的 L2T 方案的研究,发现存在一些问题^[8]:引入的 L2 触发器太多,部分触发器在移动节点的切换过程中不能给出正确的指示,且未给出明确的触发方法。文献[8]中提出了新的 L2T,改善了这些不足,本文将在此基础上,利用新的 L2 触发器,给出具体的路由更新和维护方案。

先简单介绍一下文章中要用到的英文缩写:

Foreign Agent(FA),外地代理;

Domain FA(DFA),域外地代理,所处地位类似于某一局域网的网关;

Access Router(AR),接入路由器,MN 接入网络时的路由器;

Access Point(AP),网络接入点,MN 接入网络时直接连接

的物理节点;

Base Station(BS),基站,无线通信系统中提供空中接口的物理节点。

如果缩写前面加字母“o”,则表示 MN 当前连接的各类实体,加字母“n”则表示 MN 期望连接的各类实体。

更详细的含义可参看文献[4~7,14]。

1 L2-Trigger

移动 IP 的实现有赖于二层链路的建立,无论在什么时候,移动节点要进行通信,必须有可用的链路层连接,因此当 MN 由一个 AP 改接到另一个 AP(可能同属一个子网,也可能分属不同子网)时,需要进行数据链路层的切换(二层切换,L2 切换),在链路层切换完毕后,才会进行 IP 层的切换,也就是移动 IP 的切换,这样显然会造成较大的时延。

通过对移动通信系统中切换过程^[9~13]的分析知道:在真正的切换开始之前,MN 和网络都要不断地监测相应的信道质量,并且要根据系统确定的各种门限来决定何时启动切换过程。通常情况下,移动 IP 的切换总是在链路准备好了的情况下才可以进行,这样造成的时延将会比较大,为了减少 L3 切换的时延,有研究者提出了 L2T 的概念,让 L3 切换在 L2 切换发生之前就启动,一旦 L2 切换完成,那么由于 L3 切换已经准备了相应的三层路由,可以基本不受影响地沿着新

收稿日期:2006-06-20;修订日期:2006-08-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60572089);重庆市教委科技基金资助项目(040506);重庆邮电大学 4G 研究项目

作者简介:唐宏(1967-),男,四川南充人,副教授,博士,主要研究方向:移动通信、计算机网络、数据挖掘;陶京涛(1981-),男,河南滑县人,硕士研究生,主要研究方向:移动通信;王柏丁(1981-),男,四川南充人,硕士研究生,主要研究方向:移动通信;韦泉(1981-),男,广西柳州人,硕士研究生,主要研究方向:移动通信;吴中福(1938-),男,四川安岳人,教授,博士生导师,主要研究方向:计算机系统结构、计算机网络及综合业务数字网。

路径进行报文收发,从而降低甚至消除注册时延。

所谓 L2T 就是一个特定的事件已经发生或者即将发生时,从 L2 得到的相关信息,可能包含一些参数的取值等。其描述包括:触发器名、触发该触发器的事件、何种实体接收该触发器以及必须的参数。接收者必须是在 IP 移动协议中发挥作用的实体。如果接收者没有 AP 的功能(也就是接收者没有直接面向无线链路的接口),那么触发器信息必须通过 L2 或者 L3 协议^[7]从发生处的 AP 转发到接收者,具体定义参考文献[4~7],表 1 给出了简单的描述。

表 1 L2T 列表

名称	触发事件	接收者	参数(L2 地址)
Link Up	MN 和 nBS 之间 L2 链路建立时	nAP/nAR/nFA MN	MN
		AP/AR/FA	
Link Down	MN 和 oBS 之间 L2 链路失效时	oAP/oAR/oFA MN	MN
		AP/AR/FA	
Source Trigger	L2 切换开始前一段足够长时间	oAP/oAR/oFA	nAP/nAR/nFA / MN
Target Trigger	L2 切换开始前一段足够长时间	nAP/nAR/nFA	oAP/oAR/oFA / MN
Mobile Trigger	L2 切换开始前一段足够长时间	MN	nAP/nAR/nFA

2 新的 L2T 方法

根据对移动通信系统中切换过程及其切换准则的研究,提出了一种新的 L2T 方法,如表 2 所示。从数量上来说比目前的文献少了一个 L2T,而且 4 个 L2T 中除了 L2-MN(与 Mobile Trigger 相对应)之外与文献都有很大的不同,控制方法也相对简单,主要特点或者优势描述如下:

1) 设置 L2-MN 的理由

对于 MCHO^[13](移动台控制切换),切换信令是通过移动节点发给网络的,由网络和移动节点同时执行切换过程,此时只有 MN 可以触发 L2T,所以必须有一个由 MN 产生的触发器 L2-MN,该触发器的接收者就是 MN。

2) 设置 L2-NET 的理由

对于 NCHO^[13](网络控制切换)和 MAHO^[13](移动台辅助切换)来说,切换何时开始是由网络决定的,而且在切换过

程中,网络是通过 oBS 把切换结果通知 nBS 和 MN 的,因此,L2T 只能由网络产生,而且应该通过 oBS 通知给 oFA,由 oFA 要求 MN 开始相应的 L3 切换过程,nFA 作为接收者没有任何意义,因此 L2-NET 的接收者为 oFA。

3) L2-CA 和 L2-CO 设置的理由

摈弃了原来的 Link Up 和 Link Down 两个 L2T,代之以 L2-CA 和 L2-CO,这是因为以前的两个 L2T 无法对 L3 切换起到明确的控制作用。比如已经触发了 L2T,然后开始进行 L3 切换,这时如果 MN 的链路质量不再满足监控条件,也就是说

MN 短期内不可能发生二层切换了,那么 Link Up 和 Link Down 都无法明确指示 MN 或者 FA 取消正在进行或者已经完成的三层切换,而采用 L2-CA 则可以在上述情况下作出正确的反应。对于新链路已建立的情况,Link Up 可以正确指示,但是和可能采取的措施(是否拆除旧的路径)无必然的联系,因此,采用 L2-CO 来指示三层何时结束与 oFA 之间的通信就更加合适。

4) 参数的改变

在参数部分只提供了 IP 地址,这是考虑到很多系统中都有专门的地址解析协议可以得到匹配的 L2 地址,而且对于 L3 切换来说,重点是路由的建立,通过一些默认的方法(例如 ARP 等)可以得到相应的 L2 地址,如果不能方便地获得 L2 地址,那么在 L2T 中就应该同时包含 L2 地址和 IP 地址。关于 L2 地址进一步考虑可以参考文献[6]。

5) 信令交换的实体

只考虑 MN 和 FA 之间的信令交换,而且 L2T 只提供给 MN 和 FA,而忽略了 AR 和 AP。对于 AR 来说,通常 FA 都是与之等价的;对于 AP 来说,如果 MN 的切换发生在同一个 FA 管理下的 AP 之间,那么仅仅只需要 L2 的切换,只有发生在不同的 FA 管理的 AP 之间的切换才存在路由重建过程,即需要 L3 切换,这样我们可以忽略 AP,只专注于怎样在 FA 之间建立相应的路由。

表 2 新的 L2T 列表

名称	触发事件	接收者	参数
L2 - CA(cancel)	信道质量不再满足监控门限	FA MN	MN 的 IP 地址 FA 的 IP 地址
		FA MN	MN 的 IP 地址 FA 的 IP 地址
L2 - CO(complete)	当 L2 切换完成时	FA MN	MN 的 IP 地址 FA 的 IP 地址
		oFA	nFA 的 IP 地址 nAP 的地址(L2 或者 L3) MN 的 IP 地址
L2 - NET	满足信道质量预测中的条件	oFA	nFA 的 IP 地址 nAP 的地址(L2 或者 L3) MN 的 IP 地址
L2 - MN	满足信道质量预测中的条件	MN	nFA 的 IP 地址 nAP 的地址(L2 或者 L3)

3 新的路由方案 DRPR

利用以上的 L2T 方法,给出一种利用 L2T 提前触发 L3 切换的双路由提前注册方案(Double Routes Pre-Registration,DRPR)。在路由方案中,利用了文献[14]中提出的 sCOA(单转交地址)和 tCOA(双转交地址)的概念。

现在假设网络或者网络中相应的节点可以按照需要在 L2 切换发生之前触发相应的 L2T,那么 MN 或者 oFA 接收到触发信息后就应该开始进行三层切换,在后面的描述中,将根据接收者是 MN 或 FA 的情况分别描述。

3.1 MN 作为 L2T 的接收者

MN 作为接收者,是因为发生了如下的情况:

- 1) 切换的控制方式是 MCHO,这样 MN 的二层实体在实

际的二层切换发生前触发 L2-MN;

2) 在 MAHO 和 NCHO 中,虽然是由网络而不是 MN 作出切换决策,但是作出该决策的依据—信道质量是由 MN 测量后报告给网络的,所以 MN 可以决定是否触发 L2-MN。

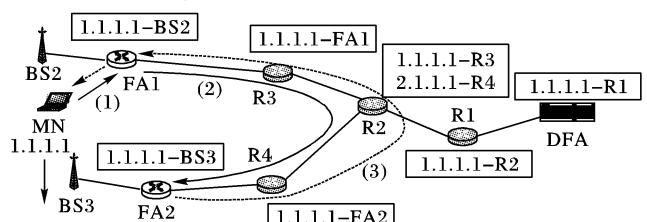


图 1 sCOA 方式中的三层切换过程

如果 MN 收到 L2-MN,则由 MN 主动发起注册以便完成

三层切换,参看图 1、图 2,其中节点旁边方框里面的条目表示节点上关于 MN 的路由信息或者绑定,带箭头的曲线表示切换请求报文和应答报文,括号中的数字表示各个报文的先后顺序。

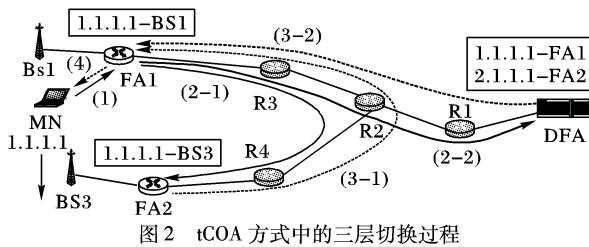


图 2 tCOA 方式中的三层切换过程

切换过程的详细流程参看图 3、图 4,如果 nBS 同意切换请求,则可以建立到 MN 的双路由。当有报文发送给 MN 时,报文会同时发送到 oFA 和 nFA 处,再转发给 MN,如果 nFA 尚未建立到 MN 的二层链路,则丢弃报文。

上面的介绍中,默认 oFA 和 nFA 处于同一个管理域中,如果 oFA 和 nFA 处于不同的管理域中,不管是 sCOA 方式还是 tCOA 方式,切换请求报文都会到达 oDFA,oDFA 检查后发现该报文的目的地址在管理域外,则添加一个关于 MN 的绑定,并把报文转发出去。而 nFA 所在管理域的 nDFA 接收报文后也要添加相应的绑定项,然后再向 nFA 转发报文,处理方式和域内的一致,如果需要撤销新增路由,也可类推,这里不再赘述。

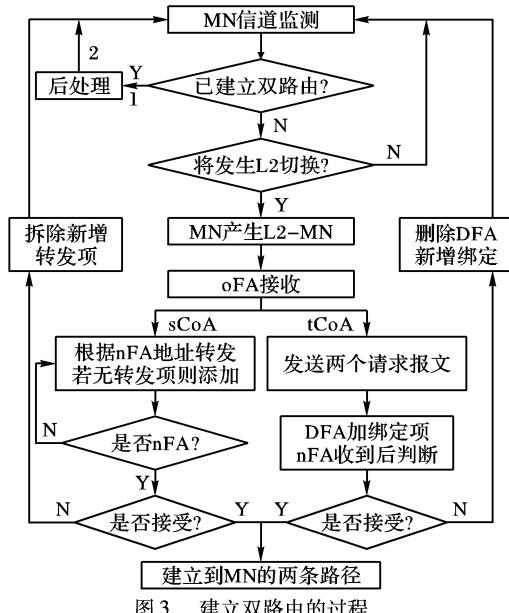


图 3 建立双路由的过程

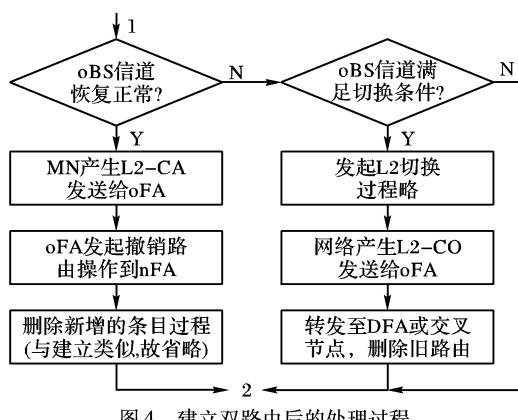


图 4 建立双路由后的处理过程

3.2 oFA 作为 L2T 的接收者

oFA 作为接收者时,需要接收 L2-NET。L2-NET 的产生

有两个原因:

1) 网络根据自己的判断,选定了一个优先级最高的基站,并且在决定发起 L2 切换前触发 L2-NET,由 oFA 接收;

2) 网络根据当前的网络状况和 MN 的应用需求,确定 MN 需要向其他基站进行切换,在通知 MN 进行相应动作的同时(或者可以根据某些参考条件提前)触发 L2-NET,由 oFA 接收。

oFA 接收到 L2-NET 后,需要进行的有关路由或者绑定的添加与 MN 作为 L2T 的接收者时基本一样,不再赘述。

这种情况下,可能存在两种切换请求方式:由 oFA 要求 MN 发起切换请求,再由 oFA 转发到 nFA 进行相应的处理;或者直接由 oFA 向 nFA 发起切换请求报文。可以看出,前者的信令数量多、延迟时间长,但由于需要 MN 的配合,因此安全性很高,后者则恰好相反。

4 性能分析

本文中新的 L2T 方法,对于 MN 的 L3 切换指示作用更加明确,可以在 oBS 信道质量恢复后迅速指示 MN 和网络删除已经建立的新路由,也可以在 L2 切换完成后,立即要求网络删除原来的旧路由,从而尽可能地减小双路由增加的网络开销,使得在实时性和网络开销方面能够达到较为理想的状态。基于新的 L2T 方案,本文提出了 DRPR 的路由方案。

4.1 DRPR 的优势

DRPR 路由协议采用了 L2T 方法,可以在移动节点尚未进行实际的 L2 切换时就把三层的路由准备好。这时,从通信对端节点发来的数据包,可以在 DFA 或者交叉节点处进行数据拷贝,同时沿两条路径向前传递,分别到达 oFA 和 nFA 处,再通过相应的 BS 发送给 MN。这样,无论 L2 切换是硬切换还是软切换,都可以保证通信时数据不会丢失,而且注册的时延已经消除。因为 L3 的路由是在 L2 切换尚未开始时就建立的,一旦 MN 和 oBS 断开转而连接上 nBS(或者同时连接 oBS 和 nBS),都可以立即从 nBS 处得到所需的数据包,从而达到平滑切换的目的,对于一些实时性要求较高的应用非常合适。当然,实时性的改善是以增加网络开销和节点内存为代价的,所以对于不同场合的应用,要根据需要选择合适的路由方案。

4.2 基于信道质量预测的 L2T 的仿真数据

以上方法的实现必需依赖于 L2T 的正确和及时触发,因此对于基于信道质量预测的 L2T 的情况需要进行仿真分析,本文以宏小区和微小区中不同用户的移动模型为例进行了仿真分析。

为了衡量 L2 触发的效率,引入两个参数:

多余切换 因为提前触发了三层切换,而有可能紧接着不会发生 L2 切换,它会带来撤销三层切换的额外开销。

不足切换 预计在某一时刻触发三层切换,有可能还没到该时刻二层切换就发生了,这样就不会提前触发 L3 切换,它会使得引入 L2T 方法的目的无法达成。

因此,要求实现方案中多余切换和不足切换越小越好。

仿真过程: 在移动节点进入切换区域后,开始计时,如果离开,则计时器复位。达到触发 L2T 的时刻则触发 L2T,达到发生 L2 切换的时刻则开始 L2 切换。如果在发生 L2 切换之前就离开切换区域并且是进入了新小区,那么此时也发生 L2 切换。

为了仿真移动节点的切换过程,必须知道移动节点的行为模式,本文仿真选取的移动模型可以参看文献[15],仿真参数如表 3 所示,方向初值采用均匀分布。小区的半径选择两种:100m 和 1000m,基站的覆盖范围半径为 110m 和 1100m,

分别对应微小区和宏小区, 同时认为行人移动过程中的切换发生在相邻的微小区, 车辆移动过程中的切换发生在相邻的宏小区。

仿真结果见表 4, 结果中样本数差距较大, 是因为在仿真过程中, 对于每个 MN, 如果观察时间达到规定的上限值依然没有进入切换区域, 则放弃。从结果中可以看到, 对于车辆和行人 1 来说, 多余切换和不足切换非常小, 而行人 2 和 3 相对大点, 但最多不到 10%。从这点可以看出, 我们提出的方法其指示作用非常明显, 对于 L3 的路由准备给出了充分的准备时间, 因此可以说 DRPR 是完全可行的。

表 3 仿真参数设定

类别	r/m	r_1/m	$v(m/s)$	$\Delta\phi$	d/m
车辆 1	1 000	1 100	5	文献[15]	$d = 150$, $\sigma_d = 119.7$
车辆 2	1 000	1 100	3	文献[15]	15 ~ 40
行人 1	100	110	1.2	文献[15]	10 ~ 20
行人 2	100	110	1.2	文献[15]	1
行人 3	100	110	0.1 ~ 1.2	均匀	1

表 4 信道预测仿真结果

MN 类型	测量间隔/s	样本数	多余切换	不足切换
车辆 1	0.2	1 000	0	0
	0.5	1 000	2	1
车辆 2	0.2	737	6	0
	0.5	725	4	1
行人 1	0.2	992	6	0
	0.5	992	4	0
行人 2	0.2	679	21	0
	0.5	666	32	10
行人 3	0.2	151	9	0
	0.5	144	13	2

5 结语

通过对现有 L2T 方法和移动通信的切换过程的深入研究, 提出了新的 L2T 方法, 并以此为基础给出了 MN 发生切换时采用的 DRPR 路由方案, 该方案利用了新的 L2T 的特点, 在消除时延方面达到了较为理想的结果, 而且由于 L2-CA 和

(上接第 2795 页)

子空间法等, 都是基于接受端样本自相关矩阵的 EVD 或 SVD 来实现信道估计的, 而基于 QR 分解的信道盲估计方法是一种性能优良的新算法。将该算法推广到空时分组码系统的信道盲估计中, 将基于 QR 分解的盲信道估计方法同空时分组码的正交特性有机结合, 较好地解决了空时分组码系统的信道估计问题。由于给出的盲估计算法只利用信道接收端数据的统计特性进行信道估计, 不需要求接收信号的自相关矩阵, 因此使整个盲估计算法的计算量大为降低。Monte-Carlo 仿真表明, 在信噪比较低时, 本文算法比子空间法有更好的性能。

参考文献:

- [1] ALAMOUTI SM. A simple transmit diversity technique for wireless communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1998, 16(8): 1451 ~ 1458.
- [2] GANNESAN G, STOICA P. Space - time block codes : A maximum SNR approach[J]. IEEE Transactions Information Theory, 2001, 47(4): 1650 ~ 1656.
- [3] LI L, YAO YD, LI HB. Channel estimation and equalization for space-time block coded systems in frequency selective fading channels[A].

L2-CO 的引入, 还可以尽可能地减小网络开销。本文给出了具体的实现方法, 并且通过定性分析和计算机仿真得出了该方法的优势及可实现性, 将来还可以就此方法和仿真结果继续深入研究, 以便对此方案进一步完善。

参考文献:

- [1] PERKINS C. IP Mobility Support, RFC3344[S]. 2002.
- [2] 唐宏, 吴中福, 聂能, 等. 改进的移动 IP 协议分析[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(16): 43 ~ 45.
- [3] 唐宏, 吴中福, 聂能, 等. 移动 IP 的移动性管理研究[J]. 计算机科学, 2002, 29(8): 136 ~ 138.
- [4] YEGIN A. Link-layer Triggers Protocol[Z]. draft-yegin-L2Ts-00.txt, a work in progress, 2002.
- [5] KOODLI R. Fast Handovers for Mobile IPv6, RFC4068[S]. 2005.
- [6] KEMPF J. Requirements for Layer 2 Protocols to Support Optimized Handover for IP Mobility[Z]. work in progress, draft-manyfolks-l2-mobilereq-02.txt, 2002.
- [7] EL-MALIKI K, CALHOUN P, HILLER J, et al. Low Latency Handoff in Mobile IPv4[Z]. work in progress, draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-11.txt, 2005.
- [8] 唐宏, 陈前斌, 吴中福, 等. 移动 IP 技术中 L2-Trigger 方法研究 [J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版), 2003, 15(4): 88 ~ 91.
- [9] KAPOOR V, EDWARDS G, SANKAR R. Handoff Criteria for Personal Communication Networks[A]. Proceedings of ICC'94[C]. New Orleans, LA, 1994. 1297 ~ 1301.
- [10] GUDMUNDSON M. Analysis of handover Algorithms[A]. Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference'91[C]. St. Louis, USA, 1991. 537 ~ 542.
- [11] HOLTZMAN J. Adaptive Measurement Intervals for Handoffs[A]. Proceedings of the International Conference on Communications'92[C]. 1992. 1032 ~ 1036.
- [12] VIJAYAN R, HOTLZMAN J. A model for Analysis Handoff Algorithms[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1993, 42(3): 351 ~ 356.
- [13] 李建东, 杨家伟. 个人通信[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999.
- [14] 唐宏, 安勇, 陶京涛, 等. 应用于多层小区结构的移动 IP 方案 [J], 计算机应用, 2005, 25(6): 1237 ~ 1240.
- [15] BRATANOV PI. User Mobility Modeling in Cellular Communications Networks[D]. PhD Thesis, Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering: Vienna University of Technology, Austria, 1999.

- Proceedings of 2001 IEEE Global Telecommunications Conference [C]. San Antonio, TX, USA, 2001. 300 ~ 304.
- BUDIANU C, TONG L. Channel estimation for space-time orthogonal block codes[A]. Proceedings of 2001 IEEE International Conference[C]. Helsinki, Finland, 2001. 1127 ~ 1131.
- LI XH, FAN H. QR factorization based blind channel identification and equalization with second -order statistics[J]. IEEE Transactions On Signal Processing, 2000, 48(1): 60 ~ 69.
- ZARZOSO V, NANDI AK, GARCIA JG, et al. Blind identification and equalization of MIMO FIR channel based on second order statistics and blind Source separation[A]. Proceedings IEEE DSP[C]. 2002. 135 ~ 138.
- GOROKHOV A, LOUBATON P. Blind identification of MIMO-FIR system: A generalized linear prediction approach[J]. IEEE Transactions On signal Processing, 1997, 45(1): 254 ~ 258.
- 赵铮, 殷勤业, 张红. 空时分组码系统的盲信道估计[J]. 电子学报, 2004, 32(4): 557 ~ 561.
- SHAHBAZPANAH S, GERSHMAN AB, MANTON JH. Closed-form channel estimation for blind decoding of orthogonal space-time block codes[A]. IEEE ICC2004[C]. 2004, Vol 1: 603 ~ 607.