·移动互联与通信技术·　文章编号：1000-3428(2017)01-0168-04　文献标志码：A　中图分类号：TP393

基于多业务的移动性垂直切换算法

蒋　溢，成　哲，邹　洋

（重庆邮电大学 计算机科学与技术学院，重庆 400065）

摘　要：针对异构网络环境下紧耦合方式中的网络切换问题，提出一种结合通信业务和运动感知的切换算法。根据终端移动性初步筛选出候选网络集，依据终端多业务特性从候选网络集中选择出最优网络进行切换。在不同业务下与基于运动感知的切换算法进行实验对比，结果表明，该算法既能避免不必要的切换，又能降低切换阻塞率。

关键词：异构网络；通信业务；运动感知；无缝切换；候选网络集

中文引用格式：蒋　溢，成　哲，邹　洋. 基于多业务的移动性垂直切换算法[J]. 计算机工程，2017，43(1)：168-171，177.

英文引用格式：Jiang Yi, Cheng Zhe, Zou Yang. Mobility Vertical Handoff Algorithm Based on Multi-business[J]. Computer Engineering, 2017, 43(1): 168-171, 177.

Mobility Vertical Handoff Algorithm Based on Multi-business

JIANG Yi, CHENG Zhe, ZOU Yang

(School of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

【Abstract】Aiming at the problem of network handoff in tightly coupled mode under the heterogeneous network, a handoff algorithm combining communication service and motion perception is proposed. According to the mobility of the terminal, this algorithm screens the candidate network set initially, and then tries to find the best network from the candidate network set on the basis of the multi-business features of terminal network for handoff. After the experimental comparison with the handoff algorithm based on the motion perception under different businesses, the results show that the algorithm can avoid unnecessary handoff and reduce the blocking rate of handoff.

【Key words】heterogeneous network; communication business; motion perception; seamless handoff; candidate network set

DOI:10.3969/j.issn.1000-3428.2017.01.029

0　概述

随着移动通信技术的迅猛发展，在下一代通信系统中，业务需求、接入方式、网络类型将呈现出多样性，不同接入技术在覆盖范围、数据传输时延、带宽等方面各不相同[1-2]。而终端用户不再满足于基本的语音通话业务，还要进行网络浏览、收发文件和电子邮件、可视会话以及访问多媒体数据库等。如何在这种异构网络环境中，融合与协调管理异构网络资源，使移动终端能够在最合适的时刻进行不同网络间的高效快速的无缝切换成为重要的研究课题。

因此，在异构网络中，综合考虑终端的移动性和不同业务的特性才能选择出最适合终端用户业务应用的网络，减少不必要的切换次数和避免切换中的乒乓效应[3]，为终端用户提供最优服务。本文在分析现有的基于运动状态的决策算法基础上，结合业务特征对接入网络的切换判决进行优化，提出一种基于多业务的移动性垂直切换算法。

1　相关研究

目前，国内外对于异构网络的切换技术研究日益增多，取得了很多重要的成果。文献[4]根据接收信号强度（Received Signal Strength, RSS），利用基于模糊逻辑的归一化量化算法选择接入网络，由于对网络属性考虑不够全面，不能满足实际切换要求。文献[5-7]的切换算法虽然都是基于终端运动状态考虑的，但它们都忽略了终端的业务多样性对网络的不同要求，导致切换后并不能满足终端使用需求。文献[8]提出了一种改进型经典比例公平算法

基金项目：重庆市教委科学技术研究项目(KJ1400414)；重庆邮电大学博士启动基金(A2015-17)；重庆邮电大学自然科学基金(A2011-29)。

作者简介：蒋　溢(1969—)，男，教授级高级工程师，主研方向为移动互联；成　哲，硕士研究生；邹　洋，讲师、硕士。

收稿日期：2016-01-08　**修回日期：**2016-02-24　**E-mail:**19377913@qq.com

(Modified Proportional Fair Scheduling Algorithm, MPF),优化了实时业务的分组调度,但是忽略了终端的移动性对实际切换产生的影响。

根据目前的研究现状,本文在异构网络环境下,基于终端的运动状态,再结合业务不同特性对切换策略进行优化。终端周期性获取运动信息计算出在网络中的驻留时间,通过与各个网络切换所必需的稳定期进行比较,初步得到候选网络集,再通过分析层次过程(Analytic Hierarchy Process, AHP)法[2]计算不同业务的多属性权重,通过权重值较高的网络属性来选择最优网络进行切换。

2　算法介绍

本文提出的基于多业务的移动性垂直切换算法分为初步筛选与第 2 次筛选 2 个阶段,算法流程如图 1 所示。

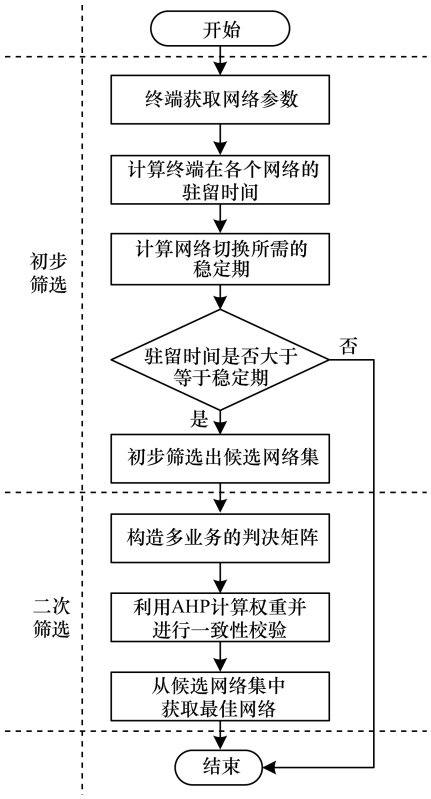

图 1　基于多业务的移动性垂直切换算法流程

2.1　初步筛选

首先根据终端运动特性进行一次初步筛选,能够有效避免类似目标网络性能优于当前网络但终端很快会离开的情况发生,不仅减少不必要的切换次数,还能得到一组候选网络进行进一步选择和切换。

2.1.1　终端网络参数获取

异构无线网络环境下,网络选择和切换是一个多属性决策的问题。网络的性能是由多个属性参数决定的,本文算法考虑到多业务环境下的服务质量(Quality of Service, QoS)要求,将网络带宽 B、时延 D、抖动 J、可用负载 L、丢包率 P 等属性作为多属性参数。

2.1.2　终端在各个网络的驻留时间计算

针对终端用户的运动性,要考虑移动相关性如移动方向和移动速率等,目前可通过全球定位系统(Global Position System, GPS)[9]定位技术获取所需信息。假设目标网络的基站坐标为(0,0),终端通过 GPS 获取位置信息的周期为 T。终端经过一个周期从位置 $A(x_a, y_a)$ 移动到位置 $B(x_b, y_b)$,终端距离目标网络基站的距离分别为 d_a 和 d_b,则可以推导出终端在一个周期内的平均移动速度 v_{average}:

$$v_{\text{average}} = \frac{|d_b - d_a|}{T} \tag{1}$$

继而推导出终端在目标网络一个周期内的驻留时间 T_z:

$$T_z = \frac{\sqrt{(y_b - y_a)^2 + (x_b - x_a)^2}}{v_{\text{average}}} \tag{2}$$

2.1.3　网络切换所需的稳定期计算

稳定期的概念由文献[10]提出,它是指移动终端在垂直切换后整个系统的性能收益必须大于切换造成的性能损耗。基于基本的预测理论,目标网络性能和终端性能在执行切换前的 T_s 时间内和切换后的 T_s 时间内保持一致,并定义 T_s 为稳定期[7,10]。根据此定义,确定终端要切换至目标网络,至少要保证在目标网络的驻留时间不小于稳定期,否则不满足基本切换要求。

对于不同的网络,网络参数的意义不同,不能够进行直接计算,需要通过属性的无量纲化[3]来消除原始属性量纲的影响。切换的目的是为了从当前网络切换至更加优质的网络为用户提供服务,因此,要切换的目标网络的属性要优于当前网络,对于网络带宽 B,令 $f = \frac{B_{\text{better}}}{B_{\text{current}}}(f > 1)$,其中,$B_{\text{better}}$ 和 B_{current} 分别为目标网络和当前网络的网络带宽。推广至其他几个属性,得到了目标网络 i 的通用代价值函数 $Cost_i$:

$$Cost_i = f(B_i, D_i, J_i, L_i, P_i) \tag{3}$$

当前网络和目标网络的代价比 r 为:

$$r = \frac{Cost_{\text{current}}}{Cost_{\text{better}}} \tag{4}$$

假设执行切换过程的时间为 l_{handoff},再结合代价比 r,引入文献[7]中的稳定期 T_s 的表达式:

$$T_s = l_{\text{handoff}} + \frac{l_{\text{handoff}}}{r - 1} \tag{5}$$

2.1.4　初步候选网络集筛选

接着进行终端在各个网络的驻留时间 T_z 和稳定期 T_s 的比较,如果 $T_z \geqslant T_s$,表明终端在该网络的

驻留时间满足稳定期时间的要求,符合切换要求;反之,则说明终端在一个周期的移动后已经不能满足切换的稳定期要求,要排除该网络。

经过对检测到的各个网络进行简单筛选,可以获得一个候选网络集 N。

2.2 二次筛选

经过初次筛选,可以排除因终端移动而不再合适的网络,接下来就需要基于当前业务和网络参数的不同需求[11-12],对候选网络集 N 进行第二次筛选。

2.2.1 多业务的判决矩阵构造

本文考虑了 4 类业务,即会话类、交互类、流媒体类和后台类[1],业务的差异性也导致对 QoS 的要求不同。会话类业务主要强调业务信息的实时性,较大的时延及其抖动都会造成不好的用户体验,而少量的丢包却不会造成终端用户的感知质量。交互类业务对网络带宽的要求不高,目前的网络基本均能满足带宽要求。层次分析法 AHP[2,13]是一种多属性判决算法。由于不同网络属性对于不同业务的影响程度不同,可按照表 1 的 1 ~ 9 标度法[14]构造判决矩阵 $\boldsymbol{A}$。

$$\boldsymbol{A}=(a_{ij})_{n\times n},a_{ij}=\frac{1}{a_{ij}},a_{ij}>0,i,j=1,2,\cdots,n \quad (6)$$

其中,n 表示网络属性的个数;a_{ij}表示 2 个网络属性的相对重要程度。

表 1 1 ~ 9 标度的比重

重要性标度	比重
1	同样重要
3	前者比后者稍微重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者非常重要
9	前者比后者极端重要
2,4,6,8	相邻中间值

2.2.2 一致性校验计算

在构造属性判决矩阵后,采用特征根法求出基于业务类型的网络属性因子的最大特征值及其对应的特征向量,再将其归一化处理,选择出最优网络。最大特征向量的表达式如下:

$$\boldsymbol{A\omega}=\lambda\boldsymbol{\omega} \quad (7)$$

其中,λ 是判决矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的最大特征根;$\boldsymbol{\omega}$ 是对应的特征向量,所得 $\boldsymbol{\omega}$ 进行归一化处理后就是权重向量。

由于判决矩阵是根据用户偏好构造的,因此需要对结果进行一致性校验。首先利用判决矩阵阶数 n 计算出一致性指标 $C.I.$(Consistency Index):

$$C.I.=\frac{\lambda-n}{n-1} \quad (8)$$

然后查找 n 对应的随机一致性指标 $R.I.$(Random Index),计算出一致性比例 $C.R.$(Consistency Ratio):

$$C.R.=\frac{C.I.}{R.I.} \quad (9)$$

当 $C.R.<0.1$ 时,表明判决矩阵的一致性可以接收,反之则需要对矩阵进行修正。

2.2.3 最优网络切换

网络切换算法的结果是由多个网络指标构成的衡量体系,这些指标有一定的异构性,不同指标的单位不同,在不同业务下的优先级也不同。为了综合不同指标,引入效用函数(Utility Function)[15]的概念。求出终端在业务所需的网络属性因子的权重向量 $\boldsymbol{\omega}$ 后,利用式(3)定义网络 i 的多属性代价向量 $\boldsymbol{Cost}_i$,构造出网络 i 的效用函数 U_i:

$$U_i=\boldsymbol{\omega}\times\boldsymbol{Cost}_i^{\mathrm{T}} \quad (10)$$

通过对各个候选网络的效用函数进行比较,选择效用值最大的网络进行切换。

3 仿真实验结果与分析

本节在 Matlab 仿真平台上验证所提算法的性能。仿真网络场景由通用移动通信系统(UMTS)、无线城域网(WiMAX)和无线局域网(WLAN)网络组成,网络属性参数如表 2 所示。用户均匀分布在图中网络覆盖区域,假设用户移动速度为 3 m/s,初始移动方向随机,用户在一次业务类呼叫过程中运动方向不变。

表 2 网络属性参数

网络参数	UMTS	WiMAX	WLAN1	WLAN2
带宽/(Mb·s^{-1})	2	15	10	10
时延/ms	21	30	50	45
抖动时间/ms	5	9	10	12
可用负载比率/%	70	60	60	75
丢包率	0.07	0.05	0.25	0.02

每经过周期 T 的时间,终端就会检测当前网络是否符合当前业务需求,如果当前网络状况良好那么本次不进行切换,如果当前网络状况不再适合当前业务,那么获取剩余几个网络信息并通过 GPS 获取终端运动信息来进行切换判决。

为评估算法性能,基于多业务的移动性垂直切换算法根据以上仿真场景和参数设置,终端业务以会话类业务和流媒体类业务为例,针对平均切换率和平均切换阻塞率,与基于运动感知切换算法进行对比。

从图 2 和图 4 可以看出,随着业务到达率的增加,会导致网络趋于满载并导致切换阻塞率变高。对于不同业务,基于运动感知切换算法下的切换阻塞率并没有显著变化,这是因为该算法仅考虑终端移动性,没有区分不同业务对网络属性的需求。而

本文算法下 2 种业务的切换阻塞率却因业务的不同特性而发生变化并且均低于对比算法。

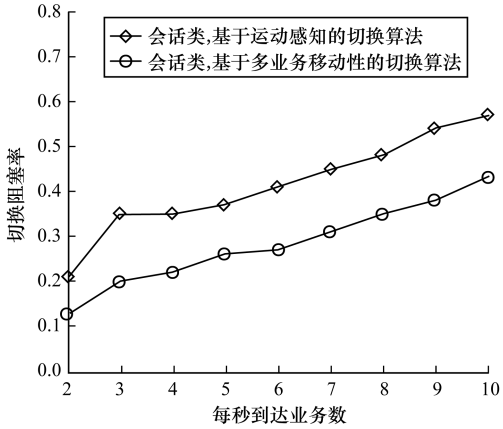

图 2　会话类业务的切换阻塞率

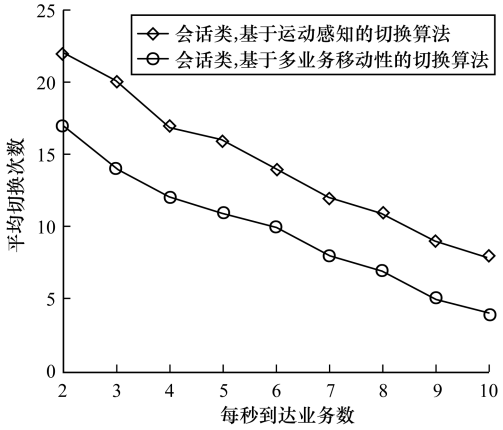

图 3　会话类业务的平均切换次数

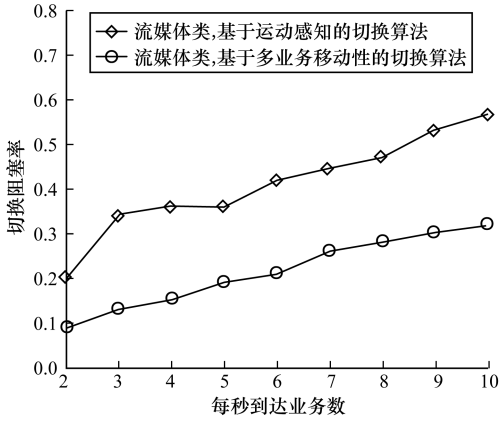

图 4　流媒体类业务的切换阻塞率

从图 3 和图 5 可以看出,随着业务到达率的增加,系统趋于满载情况会导致用户平均切换次数不断降低。基于运动感知切换算法在不同业务下的切换次数因仿真实验的终端速度没有变化而基本不变,而本文算法在考虑运动因素之外,又参考了多业务的不同需求,使得平均切换次数低于对比算法并且因终端业务的不同有明显区别,这种算法在一定程度上降低了乒乓效应的发生。

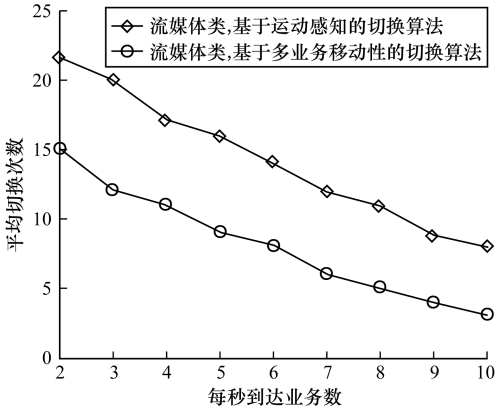

图 5　流媒体类业务的平均切换次数

从以上实验结果可以得出,由于综合考虑了终端的运动状态和业务需求,基于多业务的移动性垂直切换算法在切换时得到了更优的性能,在平均切换率和网络负载等方面有了一定优化,提高了用户体验。

4　结束语

本文基于移动终端在异构网络环境下的切换算法进行优化,针对异构网络环境,提出一种基于多业务的移动性垂直切换算法。实验结果表明,该算法通过计算终端在网络下的驻留时间并考虑不同业务需求来进行切换判决,一定程度上避免了乒乓效应,减少了不必要的切换,并且提高了网络服务,使得切换判决更为高效。在后续研究中,可以考虑多业务的并发性和用户偏好,使得判决更加符合用户使用场景,进一步提升用户体验。

参考文献

[1]　陶　洋,谭　鹏,乔会学,等.一种基于业务切换的垂直切换判决算法[J].广东通信技术,2013,10(9):35-41.

[2]　张　钰,刘胜美.基于多属性判决的网络选择算法[J].计算机科学,2015,42(6):120-124.

[3]　朱　辉.改进的异构无线网垂直切换算法[J].西安邮电大学学报,2012,17(1):38-41.

[4]　凌毓涛,易本顺,吴建斌,等.一种新的异构无线接入网垂直切换方法[J].湖南大学学报(自然科学版),2012,39(6):79-84.

[5]　宁　磊,郭　庆,王振永,等.面向用户体验和速度感知的垂直切换判决算法[J].哈尔滨工业大学学报,2013,45(9):1-6.

[6]　刘　敏,李忠诚,过晓冰.一种基于速度感知的垂直切换算法[J].电子学报,2008,36(6):1198-1201.

(下转第 177 页)

由以上分析可知,当 $\alpha = 0.02, 0.12 < \alpha_c$ 时,系统 GAS 在 DF 平衡点 P^0;当 $\alpha = 0.3, 0.5 > \alpha_c$ 时,系统 GAS 在 ED 平衡点 P^1,且分别为(0.61,0.19),(0.61,0.23)。从图 6 可知实验仿真与理论分析一致,随着免疫失效率 α 的增大,病毒传播速度和稳定后感染节点的规模越大。

4　结束语

本文依据 MANET 节点的移动特性,将节点移动速度、通信半径、免疫成功率和免疫失效率进行统一建模,建立 MANET 中的 SIRS 病毒传播模型,分析 MANET 中病毒的传播行为和病毒是否消除的特性,利用 R_0 分析了系统平衡点的存在性和稳定性。进一步探究节点移动速度、通信半径、免疫成功率和免疫失效率的病毒传播阈值问题,通过仿真实验说明结论的正确性。

参考文献

[1] Chen Kang, Shen Haiying, Zhang Haibo. Leveraging Social Networks for P2P Content-based File Sharing in Disconnected Manets[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing,2014,13(2):235-249.

[2] 关治洪,亓玉娟,姜晓伟,等. 基于复杂网络的病毒传播模型及其稳定性[J]. 华中科技大学学报,2011,39(1):114-117.

[3] 王小明,李成博,李英姝. 移动无线传感网恶意数据包传播随机模型[J]. 电子与信息学报,2013,35(6):1290-1297.

[4] Wang Qing,Leng Supeng,Fu Huirong,et al. An IEEE 802.11 p-based Multichannel MAC Scheme with Channel Coordination for Vehicular Ad Hoc Net-works[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transporta-tion Systems, 2012, 13(2):449-458.

[5] Soundararajan S, Bhuvaneswaran R S. Adaptive Multi-path Routing for Load Balancing in Mobile Ad Hoc Networks[J]. Journal of Computer Science, 2012, 8(5):648-655.

[6] Cho J H, Swami A, Chen R. A Survey on Trust Management for Mobile Ad Hoc Networks[J]. International Journal of Network Security & Its Applications, 2011,13(4):562-583.

[7] Morii K, Taketa K, Taoda Y, et al. The Assessment Information Acquisition and Dissemination System Based on Delay and Disruption Tolerant Mobile Ad Hoc Networks for the Hiroshima National Confectionary Exposition[C]// Proceedings of the 1st International Symposium on Computing and Networking. Washington D. C.,USA:IEEE Press,2013:83-87.

[8] 冯慧芳,王梦茹. 节点移动性对 MANETs 网络拓扑特征的影响[J]. 计算机工程与应用,2014,50(9):73-76.

[9] 戴勇谦,张明武,祝胜林,等. 一种节点自分布最优 Ad Hoc 多播树及其应用[J]. 电子学报,2015,43(7):1449-1456.

[10] 朱　蓉,黄强娟,杨晓珑,等. 基于复杂网络的邮件病毒的传播模型[J]. 数学理论与应用,2012,32(3):60-67.

[11] 庄克琛,张　宏,张　琨,等. 无线传感器网络中的病毒传播动力学研究[J]. 计算机科学,2013,40(3):187-191.

[12] Rouzine I M, Weinberger A D, Weinberger L S. An Evolutionary Role for HIV Latency in Enhancing Viral Transmitssion[J]. Cell,2015,160(5):1002-1012.

[13] Meyfroyt T M M,Borst S C,Boxma O J,et al. A Data Propagation Model for Wireless Gossiping [J]. Performance Evaluation,2015,85:19-32.

[14] Peng Sancheng, Wang Guojun, Yu Shui. Modeling the Dynamics of Worm Propagation Using Two-dimensional Cellular Automata in Smartphones [J]. Journal of Computer and System Sciences,2013,79(5):586-595.

[15] Wang Pu, González M C, Hidalgo C A, et al. Understanding the Spreading Patterns of Mobile Phone Viruses[J]. Science,2009,324(5930):1071-1076.

编辑　顾逸斐

(上接第 171 页)

[7] 金彦亮,邓　伟,方昌立,等. 基于运动状态的切换时刻决策算法[J]. 电信快报,2015(5):12-16.

[8] Lee H Y, Kang Mingyu, Sang Y J, et al. The Modified Proportional Fair Scheduling Algorithms for Real-time Applications in Multiuser Multicarrier Systems [C]// Proceedings of MILCOM'09. Washington D. C., USA: IEEE Press,2009:1-6.

[9] Zhang Xuncai, Wang Yanfeng, Cui Guangzhao, et al. Application of a Novel IWO to the Design of Encoding Sequences for DNA Computing[J]. Computers & Mathematics with Applications,2009,57(11):2001-2008.

[10] Chen W T,Liu J C,Huang H K. An Adaptive Scheme for Vertical Handoff in Wireless Overlay Networks [C]// Proceedings of the 10th International Conference on Parallel and Distributed Systems. Washington D. C., USA: IEEE Press,2004:541-548.

[11] Song Qingyang,Jamalipour A. Network Selection in an Integrated Wireless LAN and UMTS Environment Using Mathematical Modeling and Computing Techniques[J]. IEEE Wireless Communications,2005,12(3):42-48.

[12] 周莲英,陈　凯. 异构网络垂直切换机制研究[J]. 微电子学与计算机,2011,28(9):127-130.

[13] Chen Y S, Lu Yukai, Wu Lidi. Vertical Handoff Technology for Heterogeneous Wireless Network[J]. Computer & Modernization,2011,1(3):81-84.

[14] 陶剑骅,武向农,蒋祥鹏. 基于多属性决策的异构网络选择算法比较研究[J]. 电视技术,2015,39(17):79-83.

[15] 郜　迎,蔡家麟. 无线异构网络的垂直切换算法研究[J]. 通信技术,2012(10):30-32.

编辑　刘　冰