

# 影响最佳 UDP 分组长度的主要因素的研究<sup>\*)</sup>

张文柱 王 炫

(西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室, 信息科学研究所 西安 710071)

**摘 要** 为给无线 Ad Hoc 网络设计者提供参考依据, 本文基于场景, 用仿真方法研究了网络传输 CBR 业务时影响最佳 UDP 分组长度的主要因素。仿真中分别采用了 AODV 和 DSR 路由协议, 并考虑了信道无误码及有误码两种情况。结果表明, 路由协议、业务强度、信道误码率都是影响最佳 UDP 分组长度的重要因素。在无差错信道条件下, AODV 协议对应的最佳 UDP 分组长度比 DSR 协议的要短一些; 随着业务强度的增强, 最佳 UDP 分组长度变长。信道误码率 BER 为  $10^{-4}$  时的最佳 UDP 分组长度比无差错信道条件下的短。当采用的分组长度由最佳长度逐渐增加时, 网络性能迅速变差。

**关键词** 无线 Ad Hoc 网络, 最佳 UDP 分组长度, 网络性能

## Study on Main Factors Affecting the Optimal UDP Packet's Length

ZHANG Wen-Zhu WANG Xuan

(State Key Lab. of ISN and Information Science Institute, Xidian Univ., Xi'an 710071)

**Abstract** To provide reference for mobile Ad Hoc network designers, the main factors which affect the optimal UDP (User Datagram Protocol) packet's length when transmitting CBR traffic is studied by simulation in this paper. Both AODV and DSR routing protocols are adopted in the research. Moreover, the channel BER (Bit Error Rate) is taken into consideration. Extensive simulations are made in a specifically scenario where nodes move randomly. The simulating results show that routing protocol, traffic intension and the BER are all main factors that affect the optimal UDP packet's length. When considering an error free channel, the optimal UDP packet's length corresponding AODV is a little shorter than that corresponding DSR, and it becomes longer when the traffic intension increases. When considering a channel with BER equaling to  $10^{-4}$ , the optimal UDP packet's length is shorter than that under error free channel, and network performance becomes worse quickly when the packet's length increases from the optimal value gradually.

**Keywords** Mobile Ad Hoc network, Optimal UDP packet's length, Network performance

## 1 引言

随着无线 Ad Hoc 网络的发展, 它的很多应用环境目前已经要求其支持实时通信, 如搜索救援中要求的语音通信、军事行动或应急任务中的通信信号等。传送这样的实时信号, 往往需要采用 UDP 协议。我们知道, UDP 一般用于传输实时业务, 像语音和视频业务。当然, 它也可以为非实时应用服务, 如 TFTP 协议。UDP 没有连接建立过程, 没有流控机制和重传机制, 它直接利用 IP 协议进行 UDP 数据报的传输, 因此 UDP 提供的是无连接、不可靠的数据报投递服务。在传输少量数据时, 使用 UDP 协议传输信息流, 可以减少 TCP 连接的过程, 提高工作效率。因此, UDP 常用于数据量较少的数据传输。在 Ad Hoc 网络中应用传统的 TCP/IP 协议时网络性能较差<sup>[1]</sup>, 目前已有很多学者致力于研究如何提高 TCP/IP 的性能差<sup>[2, 3]</sup>。在很多传输场合, 尤其在传输数据量较少的情况下, 用 UDP 代替 TCP 协议, 仍然是有效提高网络性能的一个手段, 研究最佳 UDP 分组长度问题有显著的现实意义。目前, 对无线 Ad Hoc 网络的研究主要集中在研究低开销的路由协议和 MAC 协议。在研究中应用层常常采用固定

速率和固定分组长度的 CBR 业务, 如文[4~6]研究了 Ad Hoc 网络中的最佳分组长度问题, 但该文在研究过程中只采用了一个业务强度, 在所得的结论中也没有体现业务强度对最佳分组长度的影响。我们知道, 业务强度常常是影响网络性能的重要因素之一, 因此我们认为该文在研究过程中所考虑的对结论有影响的因素不够全面, 应该在周全考虑多种相关因素的情况下进一步研究。在进一步研究中不仅要考虑不同的路由协议的影响, 还要考虑业务强度对最佳分组长度的影响。

复杂、恶劣的传播条件是移动信道的特征, 这是由在运动中进行无线通信这一方式本身所决定的。显然, 短分组遭到破坏与长分组遭到破坏所造成的损失是不同的, 从而可以看出: 恶劣的信道条件导致的高误码率(BER)不仅造成信息丢失, 而且对最佳分组长度有直接影响。研究信道差错条件下的最佳分组长度问题具有重要意义。

本文在场景和量化的基础上, 考虑路由协议、业务强度、信道误码等多种因素, 研究了不同因素对无线 Ad Hoc 网络中的最佳 UDP (User Datagram Protocol) 分组长度的影响。研究的内容组织如下: 第 2 节介绍了研究时采用的路由协议

<sup>\*)</sup>国家自然科学基金(No. 60572144, No. 60532060)。张文柱 博士, 主要研究领域为分组交换网络、网络的协议书设计以及无线 Ad hoc 网络性能评估; 王 炫 博士生, 主要研究领域为网络的协议设计、无线 Ad hoc 网络和个人通信系统。

并描述了仿真模型,包括运动模型和业务模型;第3节分别研究了不同路由协议、业务强度、信道误码对最佳 UDP 分组长度的影响;最后给出了有关结论,总结了全文。

## 2 路由协议及仿真模型

研究中采用两种路由协议,分别是距离向量路由协议 AODV<sup>[7]</sup> (Ad hoc On-Demand Distance Vector)和按需路由协议 DSR<sup>[8]</sup> (Dynamic Source Routing)。仿真研究过程中, AODV 和 DSR 路由协议采用的有关参数分别见表 1 和表 2。

表 1 AODV 的参数设置

HELLO 消息广播周期 /s	500
路由的寿命 /s	4n+4
路由请求的重试次数	30
重发路由请求的时间间隔 /s	30
节点等待路由消息时允许分组在发送缓冲区中滞留的时间 /s	1

表 2 DSR 的参数设置

重发路由请求分组的时间间隔/(ms)	500
路由请求分组头在加载 n 个节点地址时的长度/(byte)	4n + 4
搜索本地路由表时允许消耗的时间/(ms)	30
发送分组前等待路由信息时, 节点保留分组的时间长度/(s)	30
发送路由应答分组的最大速率/(s <sup>-1</sup> )	1

MAC 层采用 DCF (Distributed Coordination Function) 的 IEEE 802.11<sup>[9]</sup> 无线局域网标准作为 MAC 层协议。DCF 使用了 RTS 和 CTS。该 MAC 协议采用 CSMA/CA 多址接入方式。

我们给网络中各节点设置的运动场景是这样的:节点总数设置为 50 个;节点分布在 1000m × 1000m 的平坦区域内运动;节点采用 Random Waypoint<sup>[10]</sup> 运动模型,即每个节点在该区域内从一点向另一点运动,运动速度在 [0, V<sub>max</sub>] 内均匀分布;到达目标点后,停留 1s,然后选择一个新的目标点,同时从 [0, V<sub>max</sub>] 再选择一个新的速度,以新的速度向新的目标点运动。依次类推,直至仿真结束。因为节点的运动速度在 [0, V<sub>max</sub>] 内均匀分布,本文研究过程中取 V<sub>max</sub> = 10m/s,所以节点的平均速度为 5m/s,即 18Km/h。考虑到节点运动区域的大小(1000m × 1000m),可以认为这是中等运动速度。

在业务方面,我们设定 CBR 信源速率是 8kbit/s。总共做了三组仿真。在第一、第二和第三组仿真中,我们在 50 个节点中分别随机产生 5、10 和 20 个 CBR 连接,每个 CBR 连接对应一个信源和一个信宿,各节点工作状态是半双工。传输层协议采用 UDP,UDP 报文数据区的长度分别采用:40、50、80、100、150、200、300、400、500、600、700、800、900 和 1000 byte。本文后面提到的分组长度均指 UDP 报文数据区的长度。考虑到仿真时产生的运动场景具有随机性,对一个具体分组长度,我们预先产生 5 个场景,把 AODV 在 5 个场景上仿真结果的平均数值、DSR 在 5 个场景上仿真结果的平均数值作为具体的分组长度时的网络性能指标,这样可以减小节点运动的随机性对仿真结果的影响。在仿真中,我们分别考虑了无线信道是无差错和有差错的情况。有关仿真参数的设置详见表 3。

采用下面指标作为衡量网络性能的标准:

端到端通过率:成功到达目的节点的分组与源节点产生的总分组数的比值;

网络吞吐量:单位时间内目的节点接收到的信息量;

平均端到端分组时延:包括节点寻找路由时分组在缓冲区中的等待时延、MAC 层重传时延、传输时延和传播时延的总和。

我们的研究工作全都在一台 PC 机 (Pentium-IV 2.7GHz, 512MB RAM) 上完成,使用的操作系统是 Red Hat Linux 7.2,仿真平台是 ns-2.1b9 (Network Simulator Version 2.1b9)。

表 3 仿真场景参数设置

传输半径 /m	350
信道速率 /(Mbit · s <sup>-1</sup> )	2
载波频率 /MHz	914
节点数量	50
节点暂停时间 /s	1
环境尺寸 /m <sup>2</sup>	1000 × 1000
业务类型	CBR
信源速率 /(kbit · s <sup>-1</sup> )	8
业务流数量	20, 10, 5
仿真时间 /s	500

## 3 影响最佳 UDP 分组长度的因素

### 3.1 路由协议对最佳 UDP 分组长度的影响

在分析路由协议对最佳 UDP 分组长度影响时,我们将 CBR 连接数设置为 20。图 1 ~ 3 分别是 AODV 和 DSR 的端到端通过率曲线、网络吞吐量曲线、端到端分组传输时延曲线。

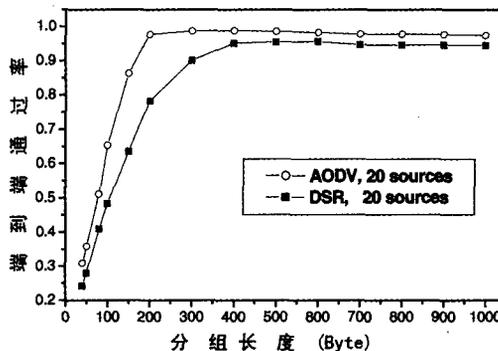


图 1 端到端通过率

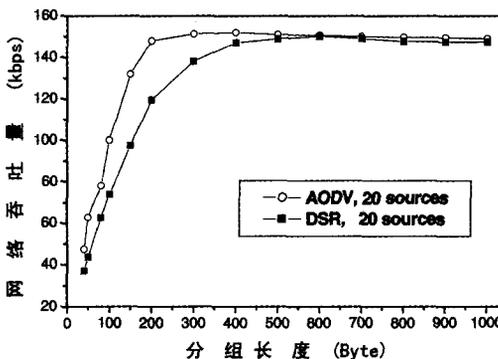


图 2 网络吞吐量

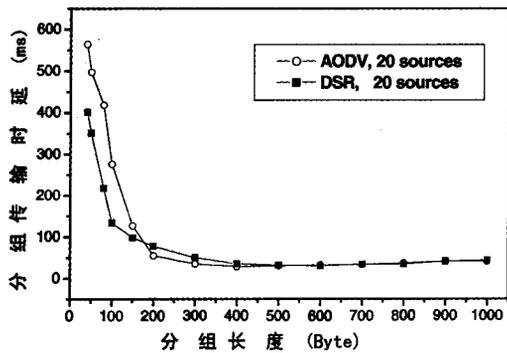


图3 端到端分组传输时延

结合这3个图可看出,对AODV,最佳分组长度是400 byte。此时端到端通过量达到最大值(约98%),相应的网络吞吐量也达到最大值(152kbps),端到端分组传输时延达到最小值(约28 ms);对DSR,最佳分组长度是600 byte,此时端到端通过量达到最大值(约96%),相应的网络吞吐量也达到最大值(约150kbps),端到端分组传输时延达到最小值(约30 ms)。当分组长度超过600 byte时,对于同样的分组长度,AODV对应的端到端通过率或网络吞吐量均略优于DSR。采用AODV时的最佳分组长度(400 byte)小于采用DSR时的最佳分组长度(600 byte)。即使在各自的最佳分组长度下,从端到端通过率来看,AODV仍高于DSR约2%。可见,路由协议是影响最佳UDP分组长度的重要因素之一。

3.2 业务强度对最佳UDP分组长度的影响

在3.1节分析路由协议对最佳UDP分组长度的影响时,我们将CBR连接数设置为20。为研究业务强度对最佳UDP分组长度的影响,我们在下面的仿真中再将CBR连接数分别设置为10和5,此时获得的AODV和DSR的端到端通过率曲线如图4所示。

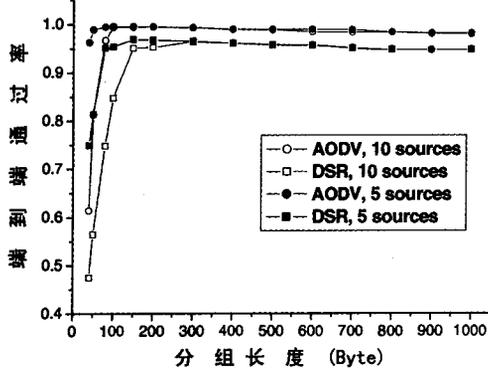


图4 端到端通过率

由图4的端到端通过率曲线(从网络吞吐量曲线或端到端传输时延曲线可获得相同结论,从略)可以看出:当连接数为10时,AODV的最佳UDP分组长度分别是200 byte,DSR是300 byte;当连接数为5时,AODV的最佳UDP分组长度分别是100 byte,DSR是150byte。从而可以得出结论:不仅不同的路由协议对最佳UDP分组长度有影响,业务强度(连接数)对最佳UDP分组长度也有直接影响。

3.3 误码率对最佳UDP分组长度的影响

复杂、恶劣的传播条件是移动信道的特征,这是由在运动中进行无线通信这一方式本身所决定的。恶劣的信道条件导致的高误码率(BER)是造成信息丢失的主要因素。一般情况

下,在不加信道编码时,低于 $10^{-5}$ (包括 $10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}$ 等)的误码率对系统性能的影响不大,而 $10^{-4}$ 或更高的误码率会对系统的性能造成明显影响。我们在研究过程中取 $BER=10^{-4}$ ,应用的路由协议是AODV,业务模型设定CBR连接数为20。除此之外,其它所有仿真条件,包括节点运动模型,均与3.1节中的仿真条件相同。仿真得到的端到端通过率、网络吞吐量以及端到端分组传输时延与分组长度的关系曲线见图5~7。为了与无误码情况下的结果相比,各图中也画出了相应的无误码时的曲线。

图5、6分别是端到端通过率与网络吞吐量曲线。从图5可看出, $BER=10^{-4}$ 时,端到端通过量有明显的最大值点。当分组长度为200 byte时,端到端通过量达到最大值(69%)。此后,随着分组长度的增加,端到端通过量有明显的下降趋势,这一点与无误码条件下的仿真结果有明显的不同。在误码率为BER的条件下,设分组长度为L(bit),分组出错概率FER为

$$FER=1-(1-BER)^L \quad (1)$$

由公式(1)可知,L越大,FER越大。因此,在有误码的信道条件下,长分组遭受破坏的概率大。图5也体现了这一点。图6的曲线变化趋势与图5相似, $BER=10^{-4}$ 时,网络吞吐量有明显的最大值点。当分组长度为200 byte时,网络吞吐量达到104kbps,此后,随着分组长度的增加,网络吞吐量有明显的下降趋势,同样的分组长度情况下, $BER=10^{-4}$ 对应的网络吞吐量明显小于 $BER=0$ 对应的网络吞吐量。

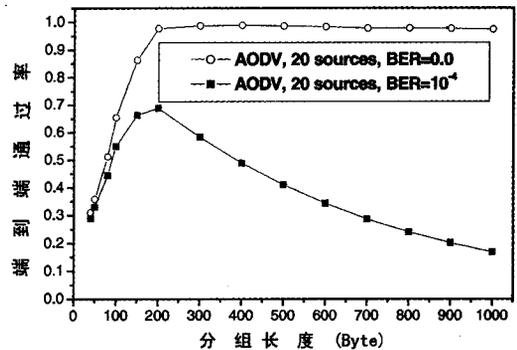


图5 端到端通过率

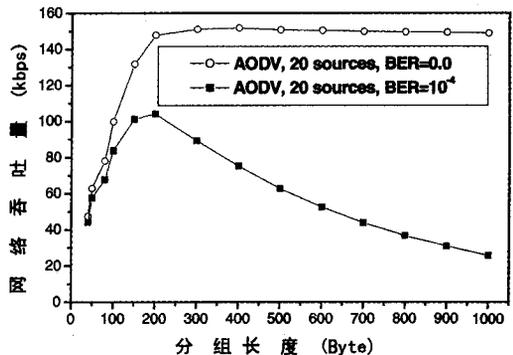


图6 网络吞吐量

图7是端到端分组传输时延与分组长度的关系曲线。从该图可以看出,在分组长度从40 byte到1000 byte的整个变化过程中, $BER=10^{-4}$ 对应的分组传输时延略小于 $BER=0$ 的情况。对 $BER=10^{-4}$ 的情况,当分组长度为400 byte时,分组传输时延达到最小值(约20ms)。从图5和6来看,对

(下转第56页)

P2P 系统,应用该算法能有效地减少由于采用类泛洪方式广播消息、定位对等点的方法造成的急剧增加的网络流量,提高了搜索效率和目标命中率。该算法把基于语义的搜索技术与 P2P 系统相结合,既可充分发挥 P2P 系统的优势,克服传统搜索方式存在的可扩展性瓶颈等局限性,又可克服现有 P2P 信息服务系统对语义的支持度不高的问题,实现 P2P 系统语义信息搜索与共享。

### 参考文献

- 1 Gnutella Website. <http://www.gnutella.com>
- 2 Kalogeraki V, Gunopulos D, Zenalipour-Yazti D. A Local Search Mechanism for Peer-to-Peer Networks. In: CIKM, New York, 2002
- 3 Yang B, Garcia-Molina H. Efficient Search in Peer-to-Peer Networks. In: Proc. of the 22nd IEEE ICDCS'02. Vienna Austria, July 2-5, 2002
- 4 Lv Q, Cao P, Cohen E, et al. Search and Replication in Unstructured Peer-to-Peer Networks. In: Proc. of 16th ACM ICS' 02. New York USA, June 2002

- 5 Saroiu S, Gummadi K P, Dunn R J, et al. An Analysis of Internet Content Delivery Systems. In: Proc. of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI). Boston MA, December 2002
- 6 Joseph SRH. NeuroGrid; Semantically Routing Queries in Peer-to-Peer Networks. In: International Workshop on Peer-to-Peer Computing. Pisa Italy, 2002
- 7 Crowcroft J. Application Level Programmable Inter-Network Environment. <http://www.cs.ucl.ac.uk/research/alpine/alpine.html>
- 8 Cohen E, Fiat A, Kaplan H. Associative search in peer to peer networks: Harnessing Latent Semantics. In: Proc. IEEE INFOCOM. Los Alamitos, 2003
- 9 Sripanidkulchai K, Maggs B, Zhang H. Efficient content location using interest-based locality in peer-to-peer systems. In: Proc. IEEE INFOCOM. Los Alamitos, 2003
- 10 Wang X Y, Ng WeeSiong, et al. BuddyWeb: A P2P-based Collaborative Web Caching System. In: Proc. Int'l Workshop on Peer-to-Peer Computing, Berlin German, 2002
- 11 Handurukande S B, Kermarrec A M, Le Fessant F, et al. Peer Sharing Behaviour in the eDonkeyNetwork, and Implications for the Design of Server-less File Sharing Systems: [Technical Report PI-1697]. Rennes France: Institute de Recherche en Informatique et Systemes Aleatoires, February 2005

(上接第 40 页)

BER=10<sup>-4</sup> 的情况,当分组长度为 200 byte 时,网络的端到端通过量和相应的网络吞吐量达到最大,最佳分组长度应该是 200 byte。再看图 7,对存在信道误码的情况,分组长度为 200 byte 时,分组传输时延约为 41ms,这个数值大于分组长度为 400 byte 所对应的分组传输时延的最小值(20ms)。

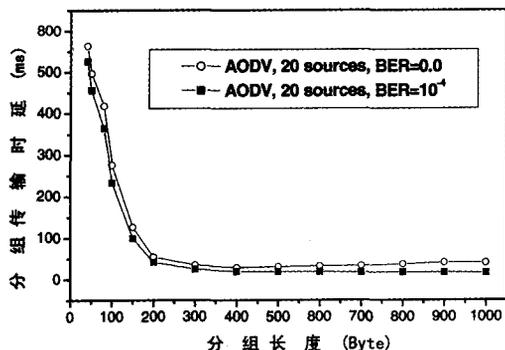


图 7 端到端分组传输时延

怎样解释上述现象呢?在存在信道误码的情况下,当分组长度很小时,信道误码造成分组遭受破坏的概率很小,几乎可以忽略。对于 CBR 业务,分组长度小意味着相同的时间内网络中各节点要处理更多的分组,MAC 层需要更多次的预约,这就会增大分组在缓冲区中的等待时延和 MAC 层的重传时延,缓冲区溢出的概率增大,从而造成端到端通过率和网络吞吐量不高;当分组长度很大时,相同的时间内网络中各节点要处理分组数较小,由于缓冲区溢出导致的分组丢失的概率迅速减小,但信道误码造成分组破坏的概率增大,此时的分组丢失主要是因为分组遭受破坏而被丢弃。在分组长度从小到大的变化过程中,会出现一个适当的长度,分组在这个长度时,由上述两种主要因素(缓冲区溢出和分组遭受破坏)导致分组丢失的概率最小,此时端到端通过率和网络吞吐量达到最高,如本文仿真条件下的 200 byte,这个长度就是存在信道误码条件下的最佳分组长度。需要指出的是,此时分组传输时延不能保证是最小,而是与分组传输时延的最小值比较接近。

**结论** 本文基于场景,用仿真方法研究了不同条件下网络传输 CBR 业务时的最佳 UDP 分组长度问题。仿真中采用了 AODV 和 DSR 路由协议,考虑了不同的业务强度以及有、

无误码的情况,结果表明:(1)在无线信道误码情况下,采用 AODV 时,对于 CBR 连接数等于 20、10、5,最佳分组长度分别为 400、200、100 byte,最佳分组长度与网络中业务强度有关,轻业务强度条件下的最佳分组长度比重业务强度条件下的最佳分组长度短;采用 DSR 时,对于 CBR 连接数等于 20、10、5,最佳分组长度分别为 600、300、150 byte;不同的路由协议对最佳 UDP 分组长度有直接影响,同样条件下,AODV 对应的分组长度比 DSR 的要小一些。(2)在信道误码率 BER=10<sup>-4</sup> 的情况下,从端到端通过量或网络吞吐量的角度来看,最佳分组长度比无误码信道条件下的最佳分组长度要短;从端到端分组传输时延的角度来看,当端到端通过量或网络吞吐量达到最大时,此时分组传输时延不能保证是最小,而是与分组传输时延的最小值比较接近。信道误码率也是影响最佳 UDP 分组长度的重要因素。

### 参考文献

- 1 Chen Xiang, Zhai Hongqiang, Wang Jianfeng, et al. TCP performance over mobile ad hoc networks. Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, 2004, 29(1): 129~134
- 2 Eshak V, Baba M D. Improving TCP performance in mobile ad hoc networks. In: the 9th Asia-Pacific Conference on Communications, Vol 2. Penang, Malaysia, Sept. 2003. 580~583
- 3 Bertocchi F, Giovanardi A, Mazzini G, et al. UDP and TCP performance investigation in energy efficient ad hoc networks. In: PIMRC 2004, Vol 3. Barcelona, Spain, Sept. 2004. 1822~1826
- 4 Cano J C, Manzoni P. Group mobility impact over TCP and CBR traffic in mobile ad hoc networks. In: 12th Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing, Madrid, Spain, Feb. 2004. 382~389
- 5 Petrovic M, Vinod M, Jacobsen H A. Content-based routing in mobile ad hoc networks. In: the Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, San Diego, California, Jul. 2005. 45~55
- 6 Lee Jang Yeon, et al. Optimum UDP Packet Sizes in Ad Hoc Networks. In: Proc. Workshop on High Performance Switching and Routing, Merging Optical and IP Technologies, Kobe, Hyogo, Japan, May 2002. 214~218
- 7 Perkins C E, Belding-Royer E, Das S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. Internet Draft. Available from <http://www.ietf.cnri.reston.va.us/rfc/rfc3561.txt>, Jul. 2003
- 8 Johnson D B, Maltz D A, et al. The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR). Internet Draft. Available from <http://www.ietf.cnri.reston.va.us/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>, Jul. 2004
- 9 LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Std 802.11-1997. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York
- 10 Wu Yueh-Ting, Ho Tsung-Yen, Liao Wanjiun, et al. Epoch, length of the random waypoint model in mobile ad hoc networks. IEEE Communications Letters, 2005, 9(11): 1003~1005