

MANET 中路由算法对通信流自相似特性的影响

赵 露, 白光伟, 沈 航

(南京工业大学 计算机科学与技术系, 江苏 南京 210009)

摘 要: 着重分析无线多跳移动网络中, 不同路由算法对多媒体通信流自相似特性的影响. 通过 NS2 仿真产生基于不同路由算法的通信流数据, 运用 V-T 法和 R/S 图法分别分析其突发性参数. 结果表明, 基于表驱动的 DSDV 自相似参数最大, 而分簇路由算法 CBRP 自相似参数最小, 更有利于实时流媒体的传输. 研究对提高无线网络路由协议的性能和多媒体服务的质量具有重要意义.

关键词: 实时流媒体; 无线移动网络; 自相似特性; 路由协议; NS2 仿真

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)02-0094-04

The Analysis of Routing Algorithms Based on Self-similarity in Wireless Mobile ad hoc Network

ZHAO Lu, BAI Guang-wei, SHEN Hang

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: This paper focuses on a detailed analysis and investigation of the impact of selected routing algorithms on the self-similarity of multimedia traffic in multi-hop mobile ad hoc networks (MANETs). We use Variance-Time plot and R/S plot to analyze the time series of multimedia traffic generated using NS2, based on typical routing algorithms. Our analyses demonstrate the largest degree of self-similarity of the traffic based on a table-driven routing algorithm such as DSDV, however, the least self-similar degree in cluster-based routing protocols such as CBRP, reflecting the suitability for real-time multimedia streaming. We believe that this conclusion could contribute to elaborate efficient routing protocols supporting QoS in dynamic wireless multimedia network environment.

Key words: real-time multimedia streaming; MANET; traffic self-similarity; routing protocols; NS2 simulation

1 引言

作为网络业务流的一个普遍特性, 人们纷纷探讨自相似特性产生的原因, 包括通信源特性、现有的 TCP/IP 体系中各层协议控制机制等^[1-4]. K. Park 等人研究了文件大小(长度), TCP 传输协议及拥塞控制与网络流量自相似之间的关系^[5-6]. 但关于无线移动多跳网络中路由算法对通信流自相似特性的影响研究甚少.

本文在以上研究的基础上, 深入分析、研究无线移动网络中基于不同路由协议传输多媒体通信流

时, 通信流的自相似特性的差异.

2 通信流自相似特性

自相似性是网络不可避免的内在性质. 无论网络的拓扑结构、用户数量、协议类型、传输介质、业务地点、编码方式、服务和业务类型如何变化, 这种自相似性都始终存在.

考察一个广义平稳过程 $X = \{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$, 在网络研究中, X_t 表示第 t 个单位时间里通信到达(如数据包数目), 记平稳时间序列 X_t 的数学期望和方差分别为: $u = E[X_t]$, $\sigma^2 = E[(X_t - u)^2]$.

收稿日期: 2010-03-13; 修回日期: 2010-06-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(60673185); 教育部留学回国人员科研启动基金项目([2007]1108); 江苏省青蓝工程中青年学术带头人培养对象资助项目([2007]2)

自相关函数记为

$$r(k) = \frac{E[(X_t - u)(X_{t+k} - u)]}{\sigma^2} \quad (1)$$

对每个 $m = 1, 2, 3, \dots$,

$$\text{令 } X_k^{(m)} = \frac{X_{kn-m+1} + X_{kn-m+2} + \dots + X_{kn}}{m} \quad (2)$$

$k = 1, 2, 3, \dots$.

$X^{(m)} = \{X_k^{(m)}, k = 1, 2, 3, \dots\}$ 是一个根据 X 所得到的聚合过程,记 $r^{(m)}$ 为 $X^{(m)}$ 的自相关函数.

如果 $X = \{X_t, t = 0, 1, 2, \dots\}$, 满足下面的等式,则称其为严格二阶自相似过程,设其功率谱密度为 $f(\lambda)$.

$$\text{Var}[X_t^{(m)}] = m^{2H-2} \text{Var}[X_t] \quad (3)$$

$$r_k = r_k^{(m)} = [(k+1)^{2H} - 2k^{2H} + |K-1|^{2H}]/2 \quad (4)$$

$$f(\lambda) = c(1 - \cos\lambda) \{ |\lambda|^{2H-1} + \sum_{j=1}^{\infty} [(2\pi j + \lambda)^{-2H-1} + (2\pi j - \lambda)^{-2H-1}] \} \quad (5)$$

其中,式(3),(4)和(5)是等价的,任何一个式子都可以用来验证某个随机过程是否是严格的二阶自相似的随机过程.

$H \in (0.5, 1)$, 称为 Hurst 参数,它表征相似性的强弱, $-\pi < \lambda < \pi$. H 值越大,经过时间平均后的随机过程的方差减小速度越慢.业务流的相关性也就越强.

由于二阶自相似随机过程的定义十分严格,通常实际中具有自相似的随机过程都不是严格的二阶自相似随机过程,而属于渐进二阶自相似随机过程.如果满足下面的条件:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r_k^{(m)} = [(k+1)^{2H} - 2k^{2H} + |k-1|^{2H}]/2 \quad (6)$$

就称其为渐进二阶自相似随机过程.

产生网络流量自相似特性的原因很多,以下我们将研究无线路由协议对通信流自相似特性的影响.

3 MANET 中路由协议对通信流自相似特性的影响

3.1 路由协议的选择

根据网络拓扑结构的不同,可以相应地将无线网络的路由协议分为平面路由协议和分簇式路由协议.

平面式路由协议又分为表驱动路由协议和按需路由协议.

而在层次型路由协议中,网络中的节点被划分成了簇,每个簇结构中需要选取一个节点作为簇头.簇头对簇内节点进行集中式管理,簇内其它节点均能与簇头直接通信.典型的层次化路由协议包括 CBRP、MOBIC 等.

在众多路由协议中,本文选取具有代表型的路由协议进行分析,分别选了在平面路由协议中基于表驱动的路由协议 DSDV 和按需路由协议 DSR,以及分簇路由协议 CBRP,进行通信流自相似特性分析.

3.2 网络参数配置

我们使用集成 CMU(Carnegie Mellon University)的无线模块的 NS-2 工具仿真产生时间序列.为了减少仿真实验结果的随机性,我们随机产生了多个移动场景,每次仿真持续 3 700 s.

这里采用了一个中等质量的 MPEG-4 视频片段 Star-Wars^[7] 作为多媒体数据源.该片段包含 89 998 个视频帧, GOP 结构为 IBBPBBPBBPBB ($N=12, M=3$), 视频帧的发送速率为每秒 25 帧 (25 f/s). 表 1 给出该视频的相关统计参数.

表 1 视频统计参数

参数	单位	值
压缩比	YUV:Mp4	97.835 002 783 719
平均帧长	byte	388.598 491 077 58
最小帧长	byte	26
最大帧长	byte	4 690
平均比特率	b/s	77 720.561 796 503
峰值比特率	b/s	938 000

实验的基本设置如下:

在拓扑边界为 1 200 m × 800 m 的区域内设置了 60 个节点;

传输层最大传输单元(MTU)设为 1 000 字节;

设置 1 个流媒体数据源和 5 个干扰源;

干扰源发送速率为 12 kb/s;

MAC 层协议为 IEEE802.11;

节点单跳通信距离为 250 m.

3.3 路由协议对通信流自相似特性的影响

本节研究在传输多媒体通信流时,分别采用 DSDV、DSR 和 CBRP 路由协议时造成的网络流量的自相似特性的差异.假定节点的最大移动速度为 5 m/s,干扰源数目为 5.为了进行统一分析,我们截取了仿真实验的前 3 000 s 的数据,给出了两组图描

述了分别基于三种路由协议传输多媒体数据流时通信流的自相似特性。

分析通信流自相似特性,常用的两种方法是,方差—时间图和 R/S 图。

图 1 所示为采用不同路由协议传输多媒体流时的方差—时间(V-T)图。

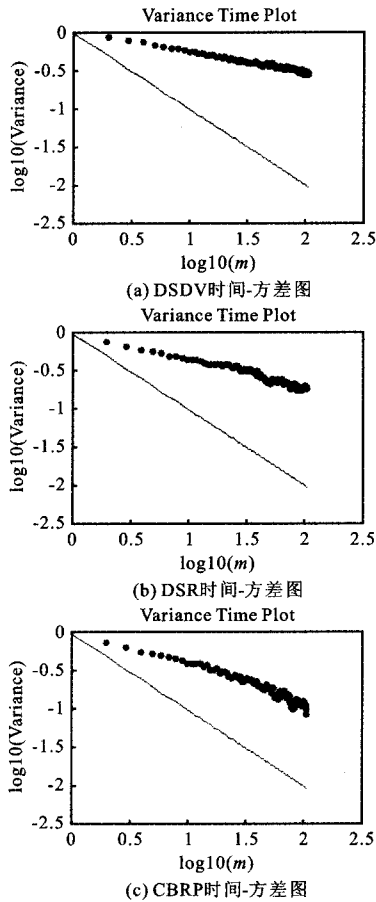


图 1 通信流的时间—方差图

由本文第 2 节的讨论可知,严格二阶自相似随机过程满足式(3),也就是说,经过时间集合的随机过程的方差是原来随机过程方差的 m^{2H-2} 倍.渐进的二阶自相似随机过程的时间集合序列,随着时间块的增大,也渐进地满足式(3).对等式两边取对数有:

$$\log(\text{Var}[X_i^{(m)}]) = (2H-2)\log m + \log(\text{Var}[X_i]) \quad (7)$$

如果对随机过程不同集合块大小 m 下的方差取对数,图 1 则是以 $(\log m, \log(\text{Var}[X_i^{(m)}]))$ 为坐标轴画成曲线,就得到了方差—时间曲线.直线的斜率为 $2H-2$.

图 2 所示为采用不同路由协议传输多媒体流时的 R/S 图。

Hurst 在 1991 年和 1995 年间发现大多数自然

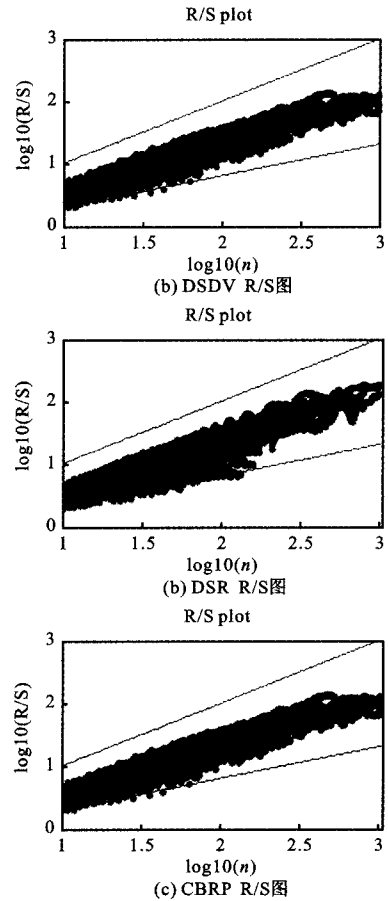


图 2 通信流的 R/S 图

产生的时间序列,当 $n \rightarrow \infty$ 时,重新调制尺度权差满足:

$$E[R(n)/s(n)] \sim cn^H \quad (8)$$

其中 $c > 0$,

$$R(n) = \max(0, w_1, w_2, \dots, w_n) - \min(0, w_1, w_2, \dots, w_n)$$

$$w_k = \sum_{i=1}^k (X_i - X(n)), k = 1, 2, 3, \dots, n$$

而 $X(n)$ 和 $s^2(n)$ 为观察过程 $\{X_k, k = 1, \dots, n\}$ 的样本均值和样本方差,

对式(8)两边同时取对数可得

$$\log(E[R(n)]/s(n)) \sim H\log(n) + \log(c), n \rightarrow \infty \quad (9)$$

由式(9),我们对真实网络数据进行基于 R/S 的统计时域分析.图 2 则是以 $(\log(n), \log(E[R(n)]/s(n)))$ 为坐标轴画成的图形,采用最小二乘法进行拟合后,直线的斜率即是所需的 Hurst 参数。

进一步的结果分析表明,分别采用 DSDV、DSR 和 CBRP 路由协议传输多媒体流,通信流都呈现出不同程度的自相似特性。

采用 DSDV 协议传输通信流时,自相似程度最高,突发性最强,由计算可得的自相似参数 H 为 0.841 1. 主要原因在于 DSDV 需要周期性更新路由,消耗了较多的带宽。

DSR 的按需特性克服了这一问题。但是随着网络拓扑结构的复杂,DSR 路由中断频率增大,网络重传次数变多,突发性增强,其自相似参数为 0.802 6。

而采用 CBRP 协议传输导致的通信流的自相似突发性程度最小,自相似参数为 0.771 9。主要是因为 CBRP 对节点进行分治管理,能够较好地适应网络状况的变化,维持较好的通信性能。

4 结束语

本文研究了在无线网络中,采用不同的路由算法传输多媒体数据时,对通信流自相似特性的影响。结果是平面路由协议中的基于表驱动的路由的 DSDV 的自相似参数最高,不适合实时流媒体的传输,DSR 协议和 CBRP 都优于 DSDV,其中分簇路由协议 CBRP 的 H 参数相对较小,用于实时流媒体传输时,能够提供较好的通信性能。通过比较,为我们选择路由协议又提供了参考,同时这对我们根据其突发参数,选择更好的模型对其建模,进一步提高网络性能有重要意义。

参考文献:

- [1] Tang D, Baker M. Analysis of a local-area wireless network[C]// Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. Boston:IEEE, 2000: 1-10.
- [2] Balachandran A, Voelker G M, Bahl P, et al. Characterizing user behavior and network performance in a public wireless LAN[C]// Proceedings of ACM SIGMETRICS. Marina Del Rey:ACM, 2002: 195-205.
- [3] 胡英,谭献海,肖中卿,等. 自相似业务下资源分配研究[J],微电子学与计算机,2008,25(4):22-25.
- [4] Crovella M, Bestavros A. Self-similarity in World Wide Web traffic: evidence and possible causes[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1997, 5(6): 835-846.
- [5] Park K, Kim G, Crovella M. On the relationship between file sizes, transport protocols, and self-similar network traffic[C]// Proceedings of ICNP'96. Columbus:IEEE, 1996: 171-180.
- [6] 刘向东,张俊星,张金海,等. TCP 批量业务的自相似特性[J]. 微电子学与计算机,2008,25(5):30-34.
- [7] Video traces research group [EB/OL]. [2009-12-30]. <http://trace.eas.asu.edu/index.html>.

作者简介:

赵露女,(1986-),硕士研究生. 研究方向为网络通信流的特性分析与建模。

(上接第 93 页)

- [2] 单莹,吴建平,王正华. 基于 SMP 集群的多层次并行编程模型与并行优化技术[J]. 计算机应用研究, 2006, 10:254-260.
- [3] Renders. Intel Threading Building Blocks 编程指南[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [4] 胡斌,袁道华. TBB 多核编程及其混合编程模型的研究[J]. 计算机技术与发展,2009, 19 (2):98-104.
- [5] 田翠华. 算法设计与分析[M]. 北京:冶金工业出版社 2007.

作者简介:

顾慧女,(1985-),硕士研究生. 研究方向为并行计算、网络系统。

郑晓薇女,(1957-),教授. 研究方向为网络系统、并行计算。

张建强男,(1981-),硕士研究生. 研究方向为并行计算。

吴华平男,(1984-),硕士研究生. 研究方向为并行计算。