

# EV-DO 网络特性测试研究

陈伟权<sup>1</sup>, 吴镇邦<sup>1</sup>, 王耀光<sup>1</sup>, 秦 勇<sup>2</sup>

(1. 广东省东莞市质量监督检测中心, 广东 东莞 523808;

2. 东莞理工学院 计算机学院, 广东 东莞 523808)

**摘 要:** 移动端应用的高速增长更好地体现了 3G EV-DO 的重要性。为更加准确地测量 EV-DO 网络的带宽, 文中利用 EV-DO 网络嗅探器和 Wireshark2 工具来捕获蜂窝网的通信量进行测量, 进行了数据速率控制、报文封装、包到达时间、分组丢失模式和队列管理等一系列的实验测试以更深层次地理解 EV-DO。实验结果表明: 非移动 EV-DO 用户数据速率比之前短时间内很少变化及长时间内有较多随机行为的用户有更好的稳定性, 有较频繁的低级别数据包封装发生; 定制服务提供商配置、操作系统差异可以混淆相对于 EVDO 规格的网络行为。

**关键词:** 3G; EV-DO; 带宽预算; 测试

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2016)04-0132-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2016.04.029

## Research on Characterization of a EV-DO Network

CHEN Wei-quan<sup>1</sup>, WU Zhen-bang<sup>1</sup>, WANG Yao-guang<sup>1</sup>, QIN Yong<sup>2</sup>

(1. Dongguan Quality Supervision and Inspection Center, Dongguan 523808, China;

2. School of Computer Science, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China)

**Abstract:** The growth of mobile streaming applications has increased the importance of a better understanding of 3G EVDO performance. For a more accurate measurement of EV-DO network bandwidth, EVDO network sniffer and Wireshark2 tool is applied to capture cellular network traffic for measurement, carrying on a series of experimental measurements including data rate control, packet encapsulation, packet interarrival time, packet loss pattern and queue management to offer an in-depth, crosslayer understanding of EV-DO. The results demonstrate that data rates for non-mobile EV-DO users are more stable than previously reported with little variance over short time scales and more random behavior over long time scales; low-level packet encapsulation/combination happens frequently; and custom service provider configurations and operating system differences can obfuscate network behavior relative to EV-DO specifications.

**Key words:** 3G; EV-DO; bandwidth estimation; test

## 0 引 言

到目前为止, 没有专门针对 3G EV-DO 网络的带宽预算技术<sup>[1]</sup>, 原因是 EV-DO 网络和无线 802.11 或有线网络之间的根本差异, 现有的带宽预算工具不能准确地测量 EV-DO 网络的带宽<sup>[2]</sup>。对于 EV-DO 网络的带宽预算根本的挑战是合理的数据包分段和多报文封装、均衡公平的调度、时分多路复用前向链路和高可变性的传输速率<sup>[3-4]</sup>。

目前只有少数文献针对有线、无线 IEEE 802.11 和 EV-DO 网络的现有带宽预算技术的可行性进行研

究<sup>[5-10]</sup>。例如, 文献[11]在移动网络中比较三种带宽预算工具 (TOPP, SLoPS 和 pathChirp), 结果显示, pathChirp 工具的预算效果最好。然而, 该实验只是在 NS-2 平台上模拟, 并不能呈现 NS-2 的结构, 而且文献并没有提供关于移动网络的研究细节 (例如, 网络情况到底是 1xRTT, 1xEV 还是 UMTS)。

文献[12]比较 TCP 吞吐量通过工具调用 npath 得到的带宽预算结果。预算结果持续稳定在约 525 kbps, TCP 吞吐量在 300 ~ 350 kbps 之间变化。虽然作者没有对这些不同做出解释, 但是结果显示 npath 没有

收稿日期: 2015-07-10

修回日期: 2015-10-16

网络出版时间: 2016-03-22

基金项目: 广东省高等院校学科与专业建设专项资金建设项目 (2013KJCX0178); 清远市产学研结合项目 (2012D021212005); 江门市科技计划项目 (2011010050525); 东莞市高等院校科研机构科技计划项目 (2012108102035)

作者简介: 陈伟权 (1979-), 男, 研究生, 高级工程师, 研究方向为信息技术设备安全质量评估。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160322.1520.064.html>

准确地估算出其可达到的吞吐量。文献[13]使用 WBest 来预算一个 EV-DO 终端可达到的吞吐量。该实验结果表明, WBest 未能测量出可达到的最大 TCP 吞吐量或最大 UDP 吞吐量。该研究的结论是由于传输速率的高可变性只在很小的时间范围内显现,所以在 EV-DO 网络的带宽预算并不可行<sup>[14]</sup>。

文中提出目前广泛使用的 3G EV-DO A 版本的蜂窝网络技术的测量研究。通过研究 EV-DO 的特点,有助于实现开发用于移动流应用的高效带宽预算技术的最终目标<sup>[15]</sup>。已发现的重要的 EV-DO 的详细信息包括 EV-DO 数据包开销、传输数据速率的频率和持续时间、EV-DO 数据包的分组分片和封装、EV-DO 甚至更高层的损耗特性、观察到的信号强度。在对部署 EV-DO 网络的大致了解之后,这些特点有利于 EV-DO 模拟器的发展,或者被终端主机用来改进对 EV-DO 的应用性能<sup>[16]</sup>。

### 1 研究背景

文中数据包是指 EV-DO 包,而协议数据包指的是在其他网络层(例如 IP 包)的数据包。

典型的 EV-DO 网络由接入终端(AT)连接到一个接入点(AP),也称为无线节点(RN)。接入点由无线电控制节点(RNC 的)管理,无线电控制节点提供的服务包括资源和移动性管理,分组数据服务节点(PD-SNs)将 RNC 连接到因特网并管理用于 AT 的点对点协议(PPP)会话<sup>[17]</sup>。

EV-DO Rev. A 的 AP 传输数据到 ATs 的速率取决于所接收到的 DRC(数据速率控制)索引。每个 EV-DO 时隙(1.667 ms),根据 AT 所测量得到的信号干扰噪声比,估算每个 AT 接收单个数据包的 DRC 的最高可能性,并将 DRC 索引发送到 AP。更好的无线信道条件产生较高的 DRC,其中,DRC14 对应于最高的数据速率,DRC0 对应于最低的数据速率<sup>[18]</sup>。

EV-DO 网络维护每个 AT 的 PPP 会话。互联网 IP 报文封装在 PPP 数据包,经过几层 EV-DO 层发送到合适的 AT。PPP 包的形成不保留 IP 数据包边界,即 IP 包可被 EV-DO 网络组合或分段。

### 2 测试方法

文中 EV-DO 实验使用一台笔记本电脑与 3G 的 EV-DO Rev. A 网卡作为移动无线客户端,利用 EV-DO 网络嗅探器和 Wireshark2 工具来捕获蜂窝网的通信量进行测量。通过严格控制从一个连接良好的服务器下行通信的 IP 数据包大小和数据包速率,该测试与整个网络层信息和推断 EV-DO 的行为相关。

表 1 列出了 EV-DO 测试所采用的软件工具。

EV-DO 嗅探器在每个 EV-DO 时间片统计一次 DRC\_SINR 和 PER(数据包错误率)。QCAT 出口嗅探器为数据包格式分析跟踪文本文件。由于 AirCard 进入休眠状态后的 5 s 空闲时间,嗅探器没有收到信息,自定义地保持活动状态的工具会每隔 3 s 发送一个 UDP 数据包到服务器。自定义通信产生工具用一个含有序列号的 10 字节大小的 UDP 数据包从服务器发送到客户端。

表 1 软件工具

工具	作者	用途
EV-DO 嗅探器	Airvana	记录 DRC, SINR 和 PER 的 EV-DO 流量踪迹
QCAT	Qualcomm	解析 DRCs 的 EV-DO 流量踪迹和数据包传送格式(每秒)
保持活动工具	WPI	定期发送虚拟流量从而保持无线上网卡通信
流量产生工具	WPI	从服务器发送到客户端以控制包率和尺寸大小

### 3 实验结果分析

文中实验规模的局限可能不会产生普遍存在的具有代表性的结果。然而,以前所提供的大规模的研究大移动网络的数据大多只能来自网络提供商,很可能是因为 AT 需要人工操作来收集数据。文中一些实验(例如吞吐量与采样时间)是在同一位置不同的 DRC 范围内运行,从而得出一些更有代表性的数据。其他实验结果(例如,操作系统所造成的不同的数据包间隔时间)是普遍适用的。

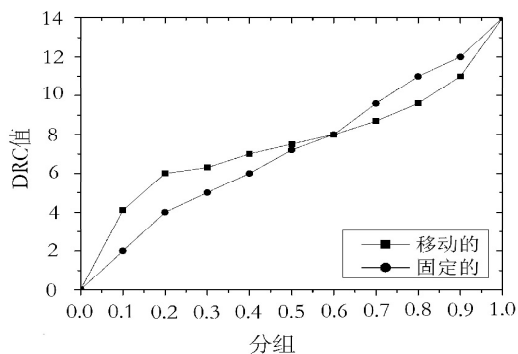
#### (1)DRC 分析。

图 1(a)描述了两个 90 min 实验所得到的 DRC 的 CDF 值。移动实验如前所述,是一辆汽车以 30 km/h 移动和在位置 B 上的静止实验的运行结果。这两种情况下,实验产生了近一个全范围的 DRC 值,DRC 值从 1~13 清晰分布。移动实验中 DRC 的分布稍宽。DRC 在移动实验中偶尔出现数值为 14,在静止实验中却从未出现。

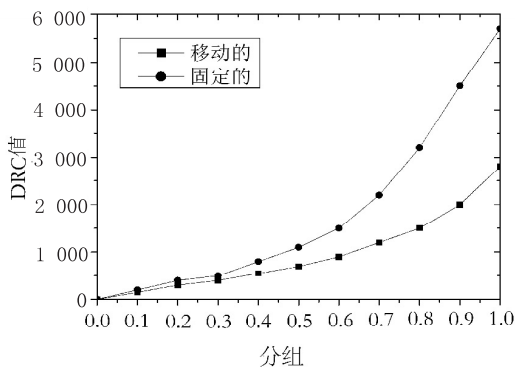
DRC 的波动对 AP 传输速率的可变性,也就是对流媒体应用和带宽预算产生直接影响。一般来说,更稳定的 DRC 分布应产生更稳定的流数据率、更准确的带宽预算和更少的预算时间。

为了检验这个变化规律,每个 EV-DO 时隙(1.667 ms)所产生的 AT DRC 请求被以 800 s 为一个周期记录下来。图 1(b)为这个 DRC 在静止实验和移动实验中的 CDF。在静止的实验中,DRC 值在较长的时间段内保持不变。对于静止的 AT,半数以上的时间的 DRC 停留在 1 000+时间片的(大约 1.5 s)稳定区域,表现得比先前报道的更稳定。DRC 在 3 000+时隙(5 s 以上)的稳定区域大约占 10%。在移动的 AT 的

情况下,DRC 保持停留在 600+时隙(超过 1 s)稳定区域超过一半以上的实验时间。



(a) DRC 的 CDF



(b) DRC 中 CDF 的稳定性

图1 DRC 的 CDF 及其稳定性

## (2) 吞吐量与采样时间。

对于实验和工具,确定所需的精确测量的样本大小是关键,如带宽预算,从采样的最少数量实现吞吐量的预测。为此,选择在三个位置的三个运动轨迹线(代表三种不同的 AT 吞吐量)进行比较。三个运动轨迹持续 200 s,在此期间服务器发送饱和的 UDP 通信到 AT。

平均吞吐量分别为:位置 C 是 285 kbps,位置 B 是 441 kbps 和位置 A 是 813 kbps。用于位置 B 和 C 的数据包的大小是 1 500 字节,用于地点 A 中的数据包大小为 33 字节。

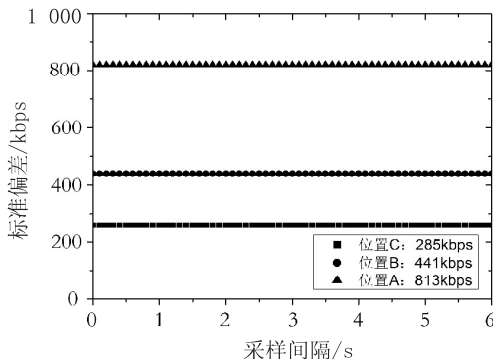


图2 标准偏差与采样间隔

图2 是平均吞吐量标准偏差随着采样间隔以秒为

单位的变化图。正如预期那样,随着采样间隔的变化,标准偏差稳定不变,然而,即使非常少的样品,标准偏差也是相当低的。这表明带宽预算技术在相对较少的测量情况下也能够获得相当准确的预测。注意,三个运动轨迹,变异系数(标准偏差除以平均值)大约都为 1。

## (3) EV-DO 数据包分析。

IP 数据包转移到 EV-DO AT 的过程中可以被分割。图 3 表示从 612 字节到 620 字节的 UDP 包和 EV-DO 数据包每秒到达量比较的实验。在大约 675 s,一些 EV-DO 数据包到达量从每秒 1 个跳至每秒 2 个。这表明,在 617 个字节的 IP 数据包太大,不适合一个 EV-DO 数据包,必须被分割为两个 EV-DO 数据包。除了确认的 EV-DO 数据包分片的存在,该数据也可提供足够的信息来计算 EV-DO 头大小。在 DRC14, EV-DO 每次发送 640 个字节。

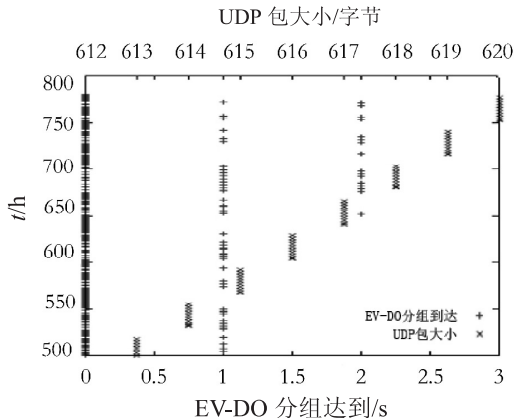


图3 EV-DO 包到达时间与 IP 包大小

## (4) 应用包分析。

图 4 表示的是在 EV-DO AT 的接收笔记本电脑的应用层收集到的 UDP 数据包 CDF 间隔时间的实验。该数据包的大小被设置为 50 字节,以减少包碎片的可能性。数据包到达间隔时间受操作系统影响。Windows 系统的间隔时间为 1 ms 的倍数。到达的 1 ms 间隔的 IP 数据包很可能用同样的 EV-DO 数据包发送(EV-DO 分组必须至少被一个 EV-DO 时隙分离)。时间不同有可能是由于在每个操作系统堆栈缓冲方案或设备驱动器不同造成。因此,基于毫秒计时数据包来推断应用层数据包的带宽不能准确地确定 EV-DO 数据包的到达率。

## (5) PER 和故障包。

当一个 AT 向 AP 请求 DRC,根据测得的 SINR, DRC 以小于 1% 的 EV-DO 数据包错误率(PER)被选择接收。在 500 s 的时间间隔,在位置 B,PER 每秒记录一次。超过 500 s 时,只有 15 s 的非零 PER 需要观察。

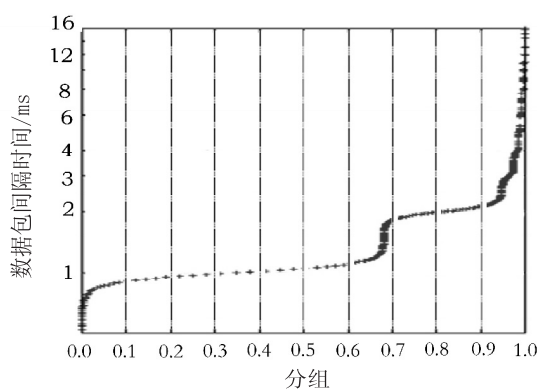


图4 应用程序包的间隔时间

图5表示出现错误时观察得到的CDF。图中大约90%的PER集中在0.20附近。

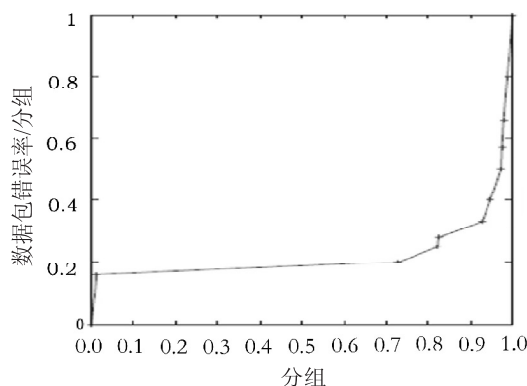


图5 PER的CDF

## 4 结束语

适于仿真的3G EV-DO分析和对视频流的带宽预算技术都没有很好地建立起来。文中利用EV-DO嗅探器、Wireshark和应用程序级的工具进行仔细的实验和测量,深入了解以前未报告或证明的EV-DO性能。结果对建设EV-DO模拟器或在EV-DO上的流媒体应用带宽预算工具是有实际价值的。未来的工作包括更多的测量,特别是在不同的环境(例如城市与郊区)和终端主机(例如移动与静止)的特点。

## 参考文献:

- [1] Damnjanovic A, Montojo J, Wei Y, et al. A survey on 3GPP heterogeneous networks [J]. IEEE Wireless Communications, 2011, 18(3): 10-21.
- [2] 罗宏, 沈海红. CDMA EV-DO Rev. B技术和组网研究[J]. 移动通信, 2011, 35(2): 38-40.

- [3] 周健, 蒋蔚. 基于动态规划的网络带宽分配机制[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(4): 1521-1523.
- [4] 梁根, 俞鹤伟, 孙立民, 等. 支持QoS的多链路最少变换动态带宽分配算法[J]. 通信学报, 2015, 36(1): 48-56.
- [5] 胡希喆. EV-DO网优关键问题分析[J]. 移动通信, 2013, 37(8): 40-44.
- [6] 梁根, 梁活民. 多业务流量预测动态带宽分配方法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(18): 82-85.
- [7] 章英, 贺立源, 叶颖泽. 带宽分配中效率与公平性问题研究[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(2): 4-6.
- [8] 韩宗芬, 吴敏娜, 董志金. VoD系统中基于优先级的准入控制和带宽分配策略[J]. 计算机工程与科学, 2005, 27(5): 1-2.
- [9] 王汝言, 刘祖奇, 吴大鹏, 熊余. 消除闲置时间的EPON动态带宽分配算法[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2013, 25(6): 757-761.
- [10] 周琴, 刘宴兵, 罗珮允. IEEE 802.16 Mesh网络中跨层带宽分配算法[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2010, 22(5): 573-576.
- [11] Castellanos C U, Villa D L, Teyeb O M, et al. Comparison of available bandwidth estimation techniques in packet-switched mobile networks [C]//Proc of 17th international symposium on personal, indoor and mobile radio communications. Helsinki; IEEE, 2006: 1-5.
- [12] Jihua Y, Jianlian L, Anquan J, et al. Research on the evolution from CDMA 1x network to EV-DO network [C]//Proc of 5th international conference on computer science and education. Hefei; [s. n.], 2010: 879-883.
- [13] Li Mingzhe, Claypool M, Kinicki R. WBest: a bandwidth estimation tool for IEEE 802.11 wireless networks [C]//Proc of 33rd IEEE conference on local computer networks. Montreal; IEEE, 2008: 374-381.
- [14] 田野, 陈志成, 宋永胜. CDMA2000 1x EV-DO网络数据业务发展预测及扩容方案分析[J]. 移动通信, 2010(2): 56-58.
- [15] 何晓明, 曹维华, 贺晓东. EV-DO网络承载小流量长在线业务的性能分析及优化[J]. 中兴通讯技术, 2014, 20(5): 45-49.
- [16] 郭毅飞. EV-DO网络规划研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2014.
- [17] 赵志高, 汪东, 陈涛, 等. CDMA2000 1X EV-DO无线网络规划和建设探讨[J]. 信息通信, 2009(2): 44-47.
- [18] Lopez-Perez D, Guevenc I, Chu X. Mobility management challenges in 3GPP heterogeneous networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(12): 70-78.