

# 量化因子在 IEEE 802.11b/e 无线局域网视频流传输中的 图像质量性能仿真研究

廖 勇 杨士中

(重庆大学通信与测控中心 重庆 400044)

**摘 要** 在 NS2-MyEvalvid 模型基础上分析了量化因子对传输图像质量性能的影响,并在 NS2 平台上通过仿真实现了基于 Evalvid 机制的视频流在无线局域网环境下的传输,总结归纳了编码相关参数仿真视频流在无线网络图像传输过程中的一般方法,通过改变编码的量化因子,得到了在多速率无线局域网环境(802.11b/e)下视频流传输的图像平均延迟和平均 PSNR 值。分析表明,802.11e 在视频流传输性能上比 802.11b 具有更好的表现。

**关键词** Evalvid,量化因子,NS2,802.11b,802.11e,服务质量,多媒体

**中图法分类号** TN925 **文献标识码** A

## Study on the Effect of Quantization Factors on Simulation of Image Quality Performance in Transmission of Video Streams through IEEE 802.11b/e Wireless Local Area Networks

LIAO Yong YANG Shi-zhong

(Center of Communication & Tracking Telemetry Command, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract** Based on NS2-MyEvalvid, an analysis was conducted on the effect of quantization factors upon the performance of image transmission in this paper. And by simulation, the successful transmission of the video streams grounded on Evalvid mechanism in Wireless Local Area Networks (WLAN) was achieved. A summary of the method to simulate the image transmission process of video streams in WLAN by encoding the related parameters was also provided. Furthermore, by means of changing the encoded quantization factors, the average data of the delay of image and PSNR during the transmission of video streams in multirate WLAN was got, together with a conclusion that 802.11e will guarantee a better transmission performance of video streams than 802.11b.

**Keywords** Evalvid, Quantization factors, NS2, 802.11b, 802.11e, Quality of Service, Multimedia

### 1 背景

无线局域网由于组网方便、成本低廉,日益得到广泛的应用。随着无线网络用户的不断增加,对多媒体数据流,比如音频和视频的服务质量要求越来越高。而传统的 802.11b<sup>[1]</sup> 采用的媒体接入机制是 CSMA/CA,不具备对 QoS 的支持。802.11e<sup>[2]</sup> 的出现则有效地解决了一部分 QoS 问题,因为它采用了对音频、视频和一般数据进行区分的服务。随着多媒体数据大量地应用在无线网络上,具有 QoS 的 802.11e 将会得到越来越多的应用。研究多媒体流在无线局域网环境下如何进行高吞吐量、低时延的传输,并能在接收端把数据恢复到客观认可比较好的质量程度,将变得非常有实用价值和研究价值。

视频传输需要进行视频数据的编解码。针对视频编解码的系统非常之多,本文研究的是一个由德国人发明的 Evalvid<sup>[3]</sup> 机制,该机制的优点是面向研究视频流质量的研究人员,并且工具集合是开源的。

对需要传输的视频流,在带宽不是足够大的网络上传输时,都是先把视频流分解成多个画面,然后对每个画面采用采样量化编码的形式进行处理,再生成有利于网络环境传输的数据包的大小,从而有利于网络传输,增加接收端恢复原始图像的可能性。而选择有效的量化因子编码就变成了一个非常重要的影响视频流传输质量的因素之一。

Evalvid 机制开始并不能在 NS2 平台上进行仿真。柯志亨等人设计了 Evalvid 的在 NS2 下的接口 MyEvalvid<sup>[4-6]</sup>,实现了 NS2 和 Evalvid 机制的整合,为其他研究人员在 NS2 平台下进行 Evalvid 的仿真提供了软件平台<sup>[7,8]</sup>。

但是专门研究某个编码参数在 802.11b/e 环境下多速率传输图像质量性能的仿真到目前为止还没有。为了弥补这方面的不足,本文在文献[4]提供的 NS2-MyEvalvid 基础上,分析了量化因子对图像质量的影响,并且通过网络仿真的方式实现了量化因子对无线局域网 802.11b/e 不同速率条件下的传输图像质量性能的分析,为进一步研究具有更好性能的量化因子方法提供了一定的理论依据。

到稿日期:2009-07-22 返修日期:2009-09-28 本文受国家发改委 CNGI2005 示范工程项目(CNGI-04-4-2D),重庆市教委科学技术研究项目(040507),重庆市科委自然科学基金项目(CSTC,2006BB2164)资助。

廖 勇 博士生,助教,CCF 会员,主要研究方向为无线网络通信,E-mail:liaoy@cqu.edu.cn;杨士中 教授,博士生导师,中国工程院院士,主要研究方向为无线网络通信、测控及遥感信息传输。

## 2 相关工作

### 2.1 Evalvid 机制

视频流文件一般都很大,所以需要一套完整的编解码机制来实现对数据的处理。本文在试验中采用的机制是 Evalvid,图 1 是其结构图。由于视频流都是分解为单独的画面(帧)进行处理的,对视频流的处理其实就是对图像的处理,以下统称为对图像的处理。

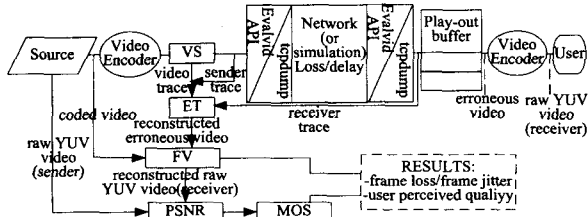


图 1 Evalvid 结构图

Evalvid 机制其主要组件有:

1) Source (Video Raw Data)。格式可以为 YUV QCIF (176 p \* 144 p) 的格式或者是 YUV CIF (352 \* 288)。

2) Video Encoder 和 Video Decoder, 支持 NCTU codec 和 ffmpeg。

3) VS (Video Sender)。图像原始数据经过压缩后, VS 会读取压缩后的文件, 把文件中每一个数据量很多的画面 (Frame) 切割成较小的段 (Segment), 然后使用 UDP 协议传送到实际或仿真的网络上。对于仿真网络, 需要记录传送端跟踪文件 (Sender Trace File) 并将压缩文件中每一个画面的相关信息记录在视频跟踪文件 (Video Trace File) 中, 发送端跟踪文件和视频跟踪文件都会被用来做效果分析。

4) ET (Evaluate Trace)。当视频流传输完毕之后, 效果评估就可以执行了。效能评估是在发送端进行处理, 但是它还需要接收端记录文件 (Receiver Trace File)。接收端跟踪文件格式和传送端是一样的, 差别在于记录的时间不一样。ET 会根据原本图像压缩文件、视频跟踪文件、传送端跟踪文件和接收端跟踪文件去重构一个具有一些错误的视频文件 (Reconstructed Erroneous Video File)。这个文件相当于在接收端所收到的所有数据汇集的视频文件。

5) PSNR (Peak to Signal Noise Ratio, 峰值信噪比)。峰值信噪比是一种被大众认可的图像质量评价标准。计算的公式是比较原始图像 S 和目的图像 D 的亮度部分  $Y^{[9]}$ 。这个值越大, 表示目的图像与原始图像差距越小, 即图像质量越好。计算公式为:

$$PSNR(n) = 20 \lg \left[ \frac{V_{peak}}{\sqrt{\frac{1}{N_{cal} N_{row}} \sum_{i=0}^{N_{cal}-1} \sum_{j=0}^{N_{row}-1} [Y_s(n, i, j) - Y_D(n, i, j)]^2}} \right] \text{ dB}$$

式中,  $V_{peak} = 2^k - 1$ ,  $k$  是对于亮度部分用几个位来表示一个像素的值。

6) MOS (Mean Opinion Score, 平均主观得分)。根据 PSNR 的值得到其质量的分数, 其范围是从 1 分 (最差) 到 5 分 (最好)。

表 1 PSNR 和 MOS 的对照表

PSNR/dB	MOS
>37	5 (Excellent)
31~37	4 (Good)
25~31	3 (Fair)
20~25	2 (Poor)
<20	1 (bad)

>37	5 (Excellent)
31~37	4 (Good)
25~31	3 (Fair)
20~25	2 (Poor)
<20	1 (bad)

### 2.2 量化因子

网络上传多媒体流数据, 其传输质量会因为不同的压缩参数、网络参数及网络状态而导致不同的质量。其中对传输质量影响比较大的因素主要有 GOP (Group of Picture)、压缩量化因子 (Quantization Factor)、封包长度 (Packet Length) 等。本文主要研究量化因子对图像传输质量的影响。

量化因子定义: 减少描述各系数的位数, 即用比较粗糙的度量单位描述各系数。

量化因子功能:

- 1) 让很接近零的值变为零;
- 2) 使非零的系数变小, 有助于增加压缩的程度。

量化过程是对数据的破坏性压缩<sup>[9]</sup>。经过量化的数据再还原, 不会与原来的数据完全相同。压缩后的失真程度主要取决于量化标准。

在对图像进行压缩编码时, 可以选用不同的量化因子。但是一般的经验是, 选用比较大的量化标准会让编码出来的图像质量变得较差, 但是其所需的数据量会较小; 而当选用较小的量化因子时, 编码出来的图像质量会比较好, 但是其所需数据量较大。其中数据量的大小又和每个画面分割的封包数有关系。数据量大, 那么封包数必然就多。在传输网络状态不好的情况下, 丢包率很有可能会增加, 从而导致画面不可解码的概率增大。在这样的情况下, 可以选择较大的量化标准, 让数据量变小一点, 这样有可能在接收端得到的数据解码之后恢复的效果比解码不成功的画面要好。

### 2.3 无线局域网标准对多媒体流传输的支持

无线局域网标准发展到现在, 出现了包括 802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n, 802.11e 和 802.11i 等多个标准。概括起来, 主要分为用于 MAC/PHY 原语交换和数据传输的标准、MAC 安全的标准、MAC 功率管理标准以及 MAC 服务质量的标准等 4 个大类。本文针对 MAC 服务质量标准 802.11e 和不具备 QoS 机制的 802.11b 进行对比研究。

#### 2.3.1 802.11b CSMA/CA

802.11b MAC 默认的是 CSMA/CA, 即 DCF 机制。其工作原理为: 所有的站点都自由竞争信道, 当某个站点检测到信道空闲, 而自己的退避计数器又减少到 0 的时候, 此站点获得信道资源。没有竞争到信道的站点按二进制指数退避算法对退避计数器减 1, 等待获得信道的站点传输完数据之后再对信道进行抢占。站点是否能获得信道资源和竞争窗口有相应关系, 站点的退避值是取自于  $0 \sim CW-1$  之间的一个随机数。

虽然 802.11b 机制也有可以支持多媒体业务流的 PCF 机制, 但是 PCF 只是一种可选的媒体介入方式, 并且是通过 PC 在 CFP 集中对实时业务站点进行集中调度, 限制了多媒体流的传输。并且市场上, 除了特殊应用的 AP 支持 PCF 机制之外, 大多数无线 AP 和无线路由器都没有支持 PCF 功能, 所以本文也没有针对 PCF 机制进行仿真对比。

802.11b 对所有业务都进行统一对待, 没有 QoS 的支持。面对日益增长的多媒体业务的增长, 对数据进行区分传输的

802.11e 标准填补了这方面的空白。

### 2.3.2 802.11e EDCA

802.11e 采用了队列优先级的思想区分不同的多媒体流<sup>[10]</sup>。该标准定义了 8 个队列 Access Category (AC), 每个队列具有不同的优先级。图 2 是 802.11e EDCA 模式。

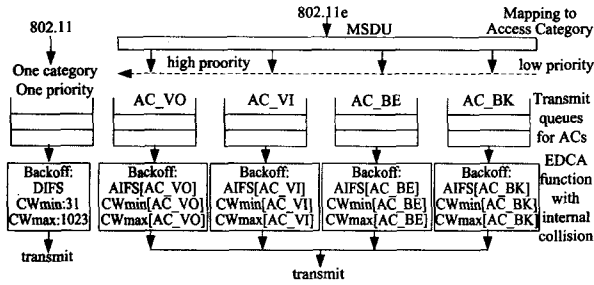


图 2 802.11e EDCA 模式

目前市面上相关的 802.11e 的商品和科研的重点都是以 4 个队列最为常见, 主要是 Voice, Video, Best effort 和 Background。这 4 个队列的优先级是 Voice > Video > Best effort > Background。

在 EDCA 模式下, 传送数据是和 802.11b 类似的。当信道空闲时, 各队列等待的时间由各队列的 AIFS 决定, 具有较高优先级的队列其 CW 小, 其站点等待的随机 back off 也小, 这样获得信道的概率就变得更大。表 2 列出 802.11e 各队列参数设置。

表 2 802.11e 各队列参数设置

Access Category	AIFSN	CW <sub>min</sub>	CW <sub>max</sub>
0(background)	7	31	1023
1(best effort)	3	31	1023
2(video)	2	15	31
3(voice)	2	7	15

## 3 仿真方法

本文把 Evalvid 机制添加到 NS2 平台, 通过相关图像处理工具处理视频流数据, 通过 tcl 脚本在无线局域网环境中进行模拟, 然后把重构图像跟原始图像进行比较, 得出其 PSNR 值和对应的 delay 数据进行处理分析。

具体试验过程步骤如下<sup>[11]</sup>:

1) 下载对应的 YUV 文件。本文试验采用的 YUV 文件来源 [http://trace.eas.asu.edu/yuv/akiyo/akiyo\\_qcif.7z](http://trace.eas.asu.edu/yuv/akiyo/akiyo_qcif.7z)。

2) 通过 ffmpeg<sup>[12,13]</sup> 对 yuv 文件进行转换。将 yuv 文件转为 m4v 文件。本文的量化因子便是在这里进行设置并修改的, 对应的设置命令需要添加 -qscale 的选项 (其值是 2~31)。

3) 通过 MP4Box 命令把刚生成的 m4v 文件转换为 mp4 文件。

4) 通过 mp4trace 命令将视频中每一个画面相关信息提取出来, 放置到扩展名为 st 的文件中。

5) 通过上一步得到 st 后缀的文件, 然后运行本文的无线局域网脚本程序, 会生成发送端跟踪文件 sd 和接收端跟踪文件 rd。

6) 通过 5) 中产生的 rd 和 sd 以及 4) 中的 st 文件和 3) 中产生的 mp4 文件, 用 etmp4 命令产生一个有画面遗失的视频 mp4 文件。

7) 通过 ffmpeg 命令对 6) 重构的 mp4 文件恢复为对应的 yuv 文件。

8) 通过 avgpsnr 命令对比重构生成的 yuv 文件和原始 yuv 文件, 从而得出平均 PSNR 值。

9) 通过 awk 命令提取 6) 中的 delay 文件, 得到其画面的平均 delay。

10) 如果需要修改无线局域网相关参数, 则在 5) 中的脚本语言进行修改。如果需要修改量化因子, 那么需要在 2) 中进行设置。

以上就是本文修改量化因子对无线局域网视频流传输仿真的具体方法, 也可以推广为其它相关编码参数仿真无线网络下视频流传输的通用方法。

## 4 性能分析

### 4.1 试验拓扑

本文的试验网络拓扑图如图 3 所示。

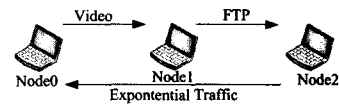


图 3 试验网络拓扑图

试验中设置了 3 个无线结点, 其中 Node0 给 Node1 传输一段 Yuv 的视频流, Node1 给 Node2 传输 FTP 流, 而 Node2 向 Node1 传输 Exponential Traffic 流。在 802.11e 环境下, Video 的优先级设为 1, FTP 为 2, Exponential Traffic 为 3。

这 3 个结点可以通过 802.11b 或 802.11e 进行传输, 并且可以更改相应的数据传输速率, 速率调整值分别为 1Mbps, 2Mbps, 5.5Mbps 以及 11Mbps。

量化因子的取值在 2~31 之间, 本文选取了 2, 8, 16, 31 四个典型值, 分别对 802.11 和 802.11e 在不同传输速率的情况进行了仿真和分析。

### 4.2 仿真配置参数

表 3 和表 4 是试验中 NS2<sup>[14]</sup> 仿真配置参数。

表 3 视频编码配置参数

-s	-vcodec	-g(GOP)	-r(Frame/s)	-bf(frames B)
QCIF	mpeg4	9	30	2

表 4 无线局域网配置参数

Routing protocol	MTU	Interface queue type	Max packet in interface queue
DSDV	1024	PriQueue	50

### 4.3 结果分析

#### 4.3.1 平均图像传输延迟

平均图像传输延迟时间是衡量图像数据在发送端达到接收端的时间。时间越短, 表明实时性越好。反之, 如果延迟过大, 会缺乏真实性。

通过图 4 和图 5, 可以得出:

1) 在相同速率下, 802.11e 相比 802.11b 在不同量化因子下图像传输延迟都要小。特别注意到, 当 Datarate 为 1Mbps, Q 为 2 时, 802.11e 比 802.11b 的图像传输延迟有非常大的下降, 从 0.812516s 降到 0.070144s, 延迟下降了 91%。在其它 Q 值的情况下, 802.11e 的延迟最少也在 802.11e 延迟的基础上下降了 40%。

2) 在相同速率下,随着量化因子的增大,802.11b/e 的图像传输延迟都是减小的。

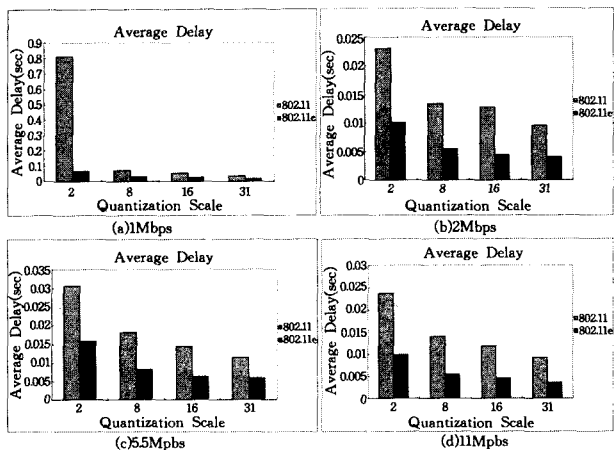


图4 不同速率下量化因子对 802.11b/e 图像传输延迟的对比

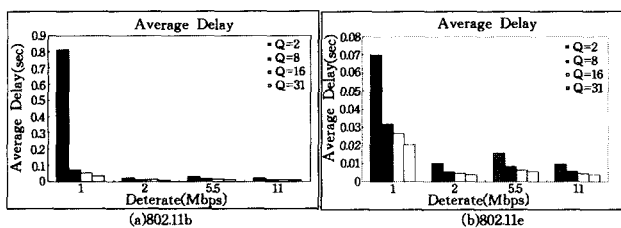


图5 量化因子对 802.11b/e 在不同速率下平均图像传输延迟的影响

#### 4.3.2 PSNR

PSNR 是用来衡量图像质量的第三方客观评价指标,如果得出的值越大,表明重构图像和原始图像差距就越小,反之就越大,如表 5 所列。

表 5 PSNR

Q	Datarate(Mbps)			MOS
	1	2	5.5 11	
	802.11b	802.11e	802.11b/e	
2	43.023341	45.035489		Excellent
8		36.509454		Good
16		32.319993		Good
31		28.784493		Fair

通过统计生成的在不同量化因子不同速率的 802.11b/e 的 PSNR 值,可以得出:

1) 在 Q=2, Datarate=1Mbps 下,802.11b 比 802.11e 的 PSNR 值小 2.012148,但 MOS 值都是 excellent。

2) 除了 1) 的情况,在其他 Q 值和其他速率的情况下,得出的 802.11b/e 的 PSNR 值都是一样的。按经验值,802.11e 在相同的速率和相同的 Q 值上,得到的 PSNR 应该比 802.11b 要大,但是,我们反复多次做试验得出的 PSNR 都是一样的(基于前面相同的网络拓扑、编码以及网络参数),也就是说,只有在低速 1Mbps Q 为 2 的情况下,802.11e 传输图像的效果比 802.11b 的要好,但是如果是在其它速率的情况下,不管 Q 值变化如何,802.11b/e 得到的 PSNR 值都是一样的。

#### 4.3.2 重构图像与原始图像对比

试验过程中,每改变一次编码的 Q 值,都会得到在同一种速率下 802.11b/e 不同的重构图像。为了更直观地表达在不同 Q 值、在相同速率下重构的图像与原始图像之间的差异,通过 YUVviewer<sup>[15]</sup> 软件对原始图像和不同的 Q 值下重

构的图像进行了对比。图 6、图 7 分别为在 802.11b/e 传输下采用不同 Q 值后重构图像与原始图像的对比图。



图 6 在 Q=2/8/16/31 Datarate=2 Mbps 802.11e 下重构图像与原始图像对比

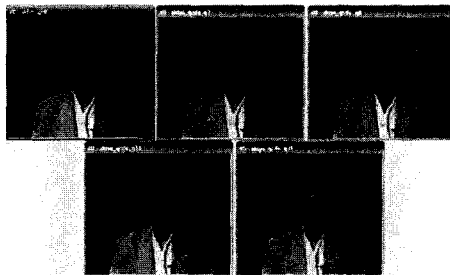


图 7 在 Q=2/8/16/31 Datarate=2 Mbps 802.11b 下重构图像与原始图像对比

很明显,在同一速率下,对 802.11b/e,当 Q=2 时,通过无线传输之后重构的图像最接近原始图像。而随着 Q 值的不断增大,重构的图像质量越来越差。到 Q=31 时,图像质量已经受到严重的破坏。

**结束语** 本文在 NS2-MyEvalvid 基础上,通过改变量化因子,仿真得到了在多速率无线局域网环境下的图像传输质量性能,通过分析这些数据可知,802.11e 在对视频流图像传输性能上比 802.11b 有更好的平均图像延迟和 PSNR 值。

#### 参考文献

- [1] IEEE Std. 802.11b, Supplement to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band[S]. IEEE Std. 802.11b-1999, 1999
- [2] IEEE 802.11e/D4.0, Draft Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)[S]. November 2002
- [3] Klaue J, Rathke B, Wolisz A. Evalvid-A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation[C]//Proc. of the 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, Urbana, Illinois, USA, September 2003; 255-272
- [4] Yu Chia-yu, Ke Chih-heng, Shieh Ce-kuen, et al. MyEvalVid-NT-A Simulation Tool-set for Video Transmission and Quality Evaluation[C]// IEEE Tencon Conference, Hong Kong, Nov. 2006; 1-4
- [5] Ke Chih-heng, Lin Cheng-han, Shieh Ce-kuen, et al. A Novel Realistic Simulation Tool for Video Transmission over Wireless Network[C]// Proceedings of the IEEE SUTC'06, Taichung, Taiwan, 2006; 275-283

(下转第 117 页)

vice)采用分布、协作的大规模攻击模式,给网络的正常运行带来了极大威胁。DDoS攻击可以导致网络瘫痪,从而使得网络信息系统无法为用户提供服务,造成不可估量的损失。口令破解攻击是攻击者只要能猜测或者确定用户的口令,就能获得机器或者网络的访问权,并能访问到用户能访问到的任何资源。这个用户若有域管理员或 root 用户权限,则是极其危险的。下面对这两类攻击建立攻击场景,实现其网络攻击目的。

### (1)场景一:DDoS攻击

攻击者首先探测网络上有哪些存活主机,然后探测主机系统的 Sadmin 漏洞,对存在此漏洞的主机采用缓冲区溢出攻击方式进入系统;然后再从该主机通过 Rsh 连接到攻击者主机,将拒绝服务攻击代理软件拷贝到该主机上,使其成为分布式拒绝服务的代理系统;最后从多个这样的代理系统向拒绝服务的目标发起 DDoS 攻击。上述攻击场景可用多个攻击意图图来描述,如图 8 所示,图中的每一个方框代表一种攻击意图。

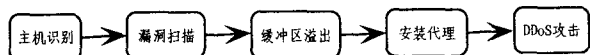


图 8 DDoS 攻击场景

对应于图 8 攻击场景中的每一种意图,又有多种攻击方式来实现。图 9 中的每一个椭圆框代表一种攻击方式,在具体实现中,可根据需要选择。

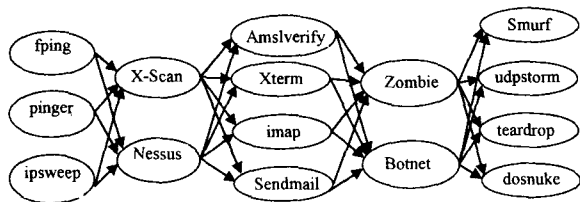


图 9 DDoS 攻击实现

### (2)场景二:口令破解攻击

口令破解攻击包括以下 5 个步骤:主机探测、漏洞扫描、获取口令文件、口令破解和安装后门。其攻击场景如图 10 所示,攻击场景实现如图 11 所示。

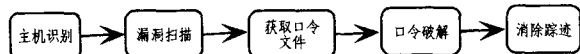


图 10 口令破解攻击场景

从以上两个例子可以看出,任意一种网络攻击方式代表攻击者的一种攻击意图,根据攻击实施过程可建立相应的攻击场景,而每一个攻击场景可由多种攻击原子本体来实现。攻击过程原子本体模型能对整个攻击过程进行结构化和形式

化描述,有助于建立攻击场景和实施网络攻击。在实战中,我们可以根据相应的攻击目的,构造攻击场景,选择适当的攻击方法,从而达到攻击效果。

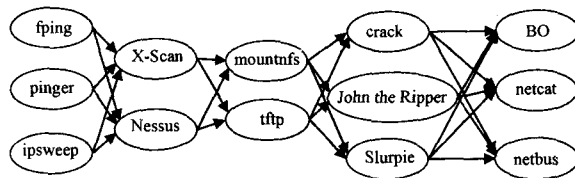


图 11 口令破解攻击实现

**结束语** 网络攻击研究的一个关键问题是攻击分类方法和攻击建模技术。本文首先从攻击者角度出发,提取出攻击的 4 个基本要素,提出了符合分类标准的攻击技术层次分类结构,建立了一个多维网络攻击分类体系;然后在攻击分类的基础上用攻击本体模型对攻击技术进行描述,实现攻击知识的表达、共享及重用;最后基于攻击过程原子本体构造攻击场景,实现对目标系统的攻击。

### 参考文献

- [1] Schneier B. Attack trees: Modeling Security Threats [J]. Dr Dobbs's Journal, 1999, 12(24): 21-29
- [2] Moberg F. Security Analysis of an Information Systems; Using an Attack Tree-Based Methodology[D]. Department of Computer Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden, 2000
- [3] Mcdermott J. Attack Net Penetration Testing[A]// The 2000 New Security Paradigms Workshop[C]. 2000; 15-22
- [4] Steffan I, Schumacher M. Collaborative attack modeling[A]// Proceedings of SAC[C]. 2002
- [5] Swiler L, Phillips C, Gaylor T. A Graph-Based Network Vulnerability Analysis System[R]. Sandia National Laboratories, 1997
- [6] Sheyner O, Haines J, Jha S. Automated Generation and Analysis of Attack Graphs[C]// Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy. 2002
- [7] Templeton S J, Levitt K. A Requires/Provides Model for Computer Attacks[A]// Proceedings of the New Security Paradigms Workshop [C]. Cork Ireland, 2000; 31-38
- [8] Guarion N. Formal Ontology, Concept Analysis and Knowledge Representation[J]. International Journal of Human-computer Studies, 1995, 43(3): 625-640
- [9] 邓志鸿, 唐世渭, 张铭, 等. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2002, 38(5): 730-738
- [10] 柳亚明, 许峰, 吕志军, 等. 基于攻击意图的报警信息关联研究[J]. 计算机科学, 2005, 32(9): 61-65

(上接第 39 页)

- [6] Chia-Yu Yu, Chih-Heng Ke, Reuy-Shin Chen, et al. MyEvalvid RTP: A New Simulation Tool-set Toward More Realistic Simulation[J]. Future Generation Communication and Networking, 2007(1): 90-93
- [7] Surucu D, Surucu M, Ozturk E. Performance comparison of 802. 11 and 802. 16 technologies for video transmission in NS2-EvalVid [C]// IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference, April 2008; 1-4
- [8] Abdel-Hady M, Ward R. A Framework for Evaluating Video Transmission over Wireless Ad Hoc Networks Communications [C]// IEEE Pacific Rim Conference on Computers and Signal Processing, Aug. 2007; 78-81

- [9] 数字图像基础[EB/OL]. <http://is.cs.nthu.edu.tw/~chunk/slide/图像基本观念.doc>
- [10] Mangold S, Choi S, May P, et al. IEEE 802. 11e Wireless LAN for Quality of Service (invited paper)[C]// Proc. of the European Wireless, Florence, Italy, Feb. 2002(1): 32-39
- [11] 柯志亨, 程荣祥, 邓德隽. NS2 仿真实验—多媒体和无线网络通信[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009; 284-297
- [12] ffmpeg[EB/OL]. <http://ffmpeg.sourceforge.net/index.php>
- [13] ffmpeg doc[EB/OL]. <http://www.ffmpeg.org/ffmpeg-doc.html>
- [14] <http://www.isi.edu/nsnam/ns> [EB/OL]
- [15] YUVviewer[EB/OL]. <http://eeweb.poly.edu/~yao/Video-bookSampleData/video/application/YUVviewer.exe>