

基于 ns 的局域网上网络仿真环境的构建方法^{*}

Construction of Virtual Network on Ethernet with ns

赵路 马殿富 吴文峻 赵海明

(北京航空航天大学计算机系 软件开发环境国家重点实验室 北京100083)

Abstract Network emulation is an important methodology for design and evaluation of both network protocol and application. ns is one of the most powerful and widespread tools for network simulation and emulation. The paper analyzes the drawbacks of ns and presents a new emulation interface-Agent/ETap, which makes the construction of emulation environment more convenient. Finally we show the performance of emulation environment built with Agent/E-Tap.

Keywords Network simulation, Network emulation, ns, IP

1. 引言

网络模拟(Network Simulation)是网络协议开发人员设计和评测网络协议时使用的重要方法。网络模拟提供一个可重复、易控制的试验环境,并且建立和运行的费用低。网络模拟将协议实现抽象成模型(即虚拟的协议实现),并将其放在虚拟的网络环境下观察。网络仿真(Network Emulation)是在网络模拟的基础上增加和真实网络的接口,实现真实网络和虚拟网络的交互。网络仿真可以看作网络模拟器和真实协议实现的混合体。仿真器内部简化的协议实现提供了接收、处理和产生真实网络报文的能力;转化装置介于真实网络和仿真器之间,它能够将真实网络报文转换为模拟报文,也可以将模拟报文转换为真实网络报文,从而使得仿真器内部的协议模型和真实环境中的协议实现能够互相作用。网络仿真的应用分为两类:一类是让算法和协议模型接受真实的网络负载,使用真实网络负载来观察协议模型的行为特征;另一类是为协议实现建造一个虚拟的网络运行环境。在虚拟的网络环境中使用报文丢失、失序、重复、拥塞等手段来影响真实的数据流,从而触发协议实现的拥塞控制等机制,目的是评测协议实现的性能。

Dummysnet^[5]、NIST^[6]和 nse(ns emulation)^[1]是目前主要的网络仿真工具。其中 nse 是 ns(Network Simulator)的仿真版本,nse 在网络模拟器 ns 的基础上增加了和真实网络的接口 Agent/Tap,从而实现仿真功能。ns 是目前网络研究领域里广泛使用的离散事件模拟器,由 VINT(Virtual InterNet Testbed)项目组开发^[2]。ns 是网络(IP)层模拟器,用于研究网络层以上的 Internet 协议和算法。ns 内部有丰富的协议模型库,其中包括成熟 Internet 协议(如 TCP、UDP)的模型,以及发展中的 Internet 协议(如 SRM)模型。ns 具有很强的网络模拟功能,但其仿真功能,特别是将多个主机与虚拟 Internet 网络(如评测组播程序)连接时,存在很多局限。

本文分析 ns 的仿真功能,提出 ns 在仿真功能上的局限性;给出一种新的 ns 仿真接口 Agent/ETap 的设计与实现,以及使用新仿真接口 Agent/ETap 在局域网上构造虚拟 Internet 的方法;并对局域网上构造的虚拟网络进行性能测试;

最后是总结。

2. ns 仿真功能分析

2.1 ns 仿真功能简介

为了实现仿真功能,ns 对原有的模拟器进行了两方面的改动。首先,建立与实时同步的事件调度器 Scheduler/Real-Time^[1];其次,建立真实网络与模拟器之间的接口 Agent/Tap。由于 ns 的模拟报文格式(如地址)和真实网络报文不一致,因此需要在虚拟网络和真实网络交界处实现两种报文之间的转换。在 ns 中,Agent/Tap 对象负责做报文格式的转换。

ns 仿真功能主要的应用方式如图1所示。运行仿真程序的主机(仿真器)内部模拟一个虚拟的网络,仿真器置于主机 A、B 之间,通过不同的网络接口分别和 A、B 连接。主机 A 欲与主机 B 通信,必须经过仿真器,主机 A 发出的目的地址为主机 B 的 IP 报文,经过虚拟网络的延时、丢弃等处理,最后到达主机 B,B 对 A 的回应过程也类似。需要特别说明的是,在用 ns 构造的仿真器内部,真实网络报文的内容在传送过程中没有任何改变。

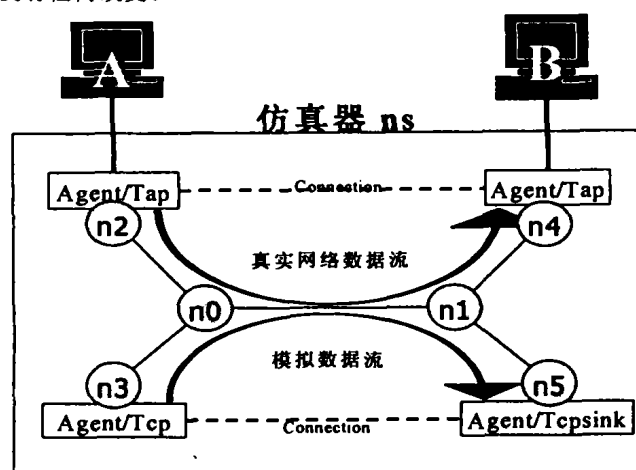


图1 ns 构造的仿真环境构造图

2.2 ns 仿真的局限性

ns 在实际使用中存在三个方面的问题。首先 Agent/Tap

^{*} 本课题得到国家973重点基础研究发展规划项目基金资助。赵路 硕士生,研究方向:网络仿真;吴文峻 博士生,研究方向:互连网的 IP 组播通信;赵海明 硕士生,研究方向:网络模拟;马殿富 副教授,研究领域:知识工程、图形图像处理、海量信息处理。

只提供单向的报文转换功能。其次,与虚拟网络连接的主机(如图1中的主机 A、B)不能位于同一局域网内。最后,仿真过程没有对报文内容做必要的处理。下面分别说明这三个问题:

A. Agent/ETap 只提供单向的报文转换功能 Agent/ETap 只能处理一种报文转换功能,即将真实网络报文转换为模拟报文,或者将模拟报文转换成真实网络报文。这样按照图1构造的虚拟网络能处理从主机 A 到主机 B 的数据流,而不能处理从主机 B 到主机 A 的数据流,因此它只能处理单向网络数据流。为了提供主机 A、B 间双向的通信,还需要在虚拟网络中构造另外一条通道(connection),这样不便于配置虚拟网络。

B. 与虚拟网络连接的主机不能位于同一网络中 目前的应用中,与虚拟网络连接的主机(图1中的主机 A 和主机 B)不能位于同一网络中,运行仿真程序的主机通过不同的接口和这些主机相连(如图2所示),仿真器扮演着路由器的角色。如果把主机 A 和主机 B 放到同一局域网中,主机 A 和主机 B 将绕开仿真器内部的虚拟网络而直接通信,仿真器也就失去了为实际网络程序构造虚拟 Internet 环境的功能。这一局限在构造仿真环境来评测组播协议实现(或组播程序)时特别明显。因为当评测组播程序时,参与应用的主机(即运行组播程序的主机)数量比较多,即与虚拟 Internet 网络连接的主机比较多。如果都需要连在不同的网络上,特别是在物理网络环境比较单一的情况下(通常试验室内只有局域网环境),构造这样的物理网络平台将比较困难;另一方面,运行仿真程序的主机难于提供多个网络接口与不同的网络连接。一般的 PC 机只提供2-4个网络接口,这就决定了用 PC 机作仿真器时,虚拟的网络只能连接最多4台主机,这不能满足组播程序评测的需要。

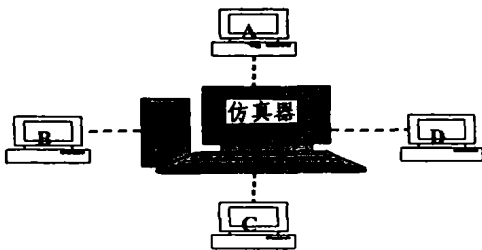


图2 多台主机连接虚拟网络时的仿真环境

C. 报文的 TTL 值不变 ns 仿真的基本处理方式是通过仿真接口将真实 IP 报文读入,经过虚拟网络的处理,如延时、失序、重复等,然后再原封不动地释放到网络中去。但 IP 报文经过真实的网络后,报文中的 TTL 值会被路由器改变,当 TTL 值为0的时候,路由器会丢弃这个报文,ns 的仿真功能没有对这种情况进行模拟。

3. Agent/ETap

为了方便网络仿真环境的构造,应尽可能在普通的物理网络平台上建立虚拟 Internet 网络。局域网是目前应用最普遍的物理平台。因此选择局域网作为建立虚拟网络的物理平台,仿真器和连接到虚拟网络的主机物理上都连接在同一个局域网内,使得更多的用户可以使用网络仿真这种工具,同时也极大地简化了虚拟网络的构造过程。基于以上的目标,我们研制了新的网络仿真接口 Agent/ETap,从而实现在局域网物理平台上建立虚拟 Internet 网络的目标。

3.1 Agent/ETap 概述

首先以图3为例说明如何用 Agent/ETap 作为仿真接口来构造网络仿真环境。图中主机 A、B、C、D 和 E(仿真器)连在同一局域网内(粗线表示实际物理网络),仿真器内部模拟一个虚拟的网络(链状拓扑结构),虚拟网络上的节点用 Agent/ETap 与各台主机上运行的网络程序建立逻辑上的连接(虚线表示),Agent/ETap 作为此网络程序在虚拟网络中的代理,负责处理此网络程序的报文在真实环境和模拟环境中的相互转换。

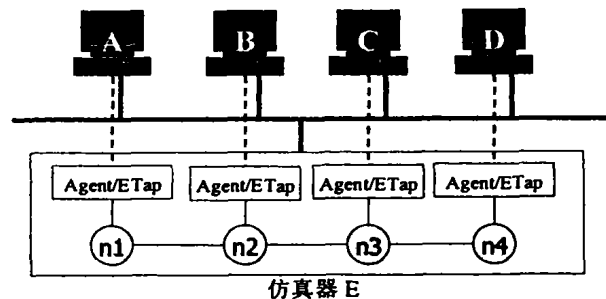


图3 利用 Agent/ETap 构造的网络仿真环境图

用 Agent/ETap 构造的网络仿真环境不仅支持单播程序的评测,还支持组播程序的评测。例如在图3中,主机 A 发送组播报文,与之相连的 Agent/ETap 将其转换为模拟报文,在虚拟网络中通过组播路由分别到达节点 n2、n3、n4,然后通过这几个节点上的 Agent/ETap 转换成真实的组播报文发送给相应的主机,类似地,B(或者 C、D)也可以通过同样的方式将报文发送给其他主机,当然所有这些都发生在局域网平台上。

真实报文经过虚拟网络后,其 TTL 值会根据其经过的节点数(或者链路数)作相应的减少,如果 TTL 值在虚拟网络中减为0,就会被丢弃。

下面叙述 Agent/ETap 的设计和实现。

3.2 Agent/ETap 结构

ns 中有各种类型的“Agent”,如 Agent/TCP、Agent/UDP,它们是网络协议模型,是真实网络协议实现的抽象,它能够模拟真实协议的行为,如发送数据报文、接收数据报文以及对接受的数据产生反映等。ns 中的“Agent”大都是以这种方式工作。而 Agent/ETap 没有完整地体现“Agent”应该具有的功能,因而在仿真应用时,使用 Agent/ETap 不方便。Agent/ETap 只能处理一种报文转换功能,即将真实网络报文转换为模拟报文,或者将模拟报文转换成真实网络报文(因为 Agent/ETap 只能连接一个 Network 对象,最常用的为 Network/Pcap/Live 和 Network/IP^[4])。

Agent/ETap 具备作为网络应用程序代理的完整功能。它为虚拟网络节点提供的接口和其他类型的 Agent 没有区别,对于虚拟网络节点来说,Agent/ETap 和其他“Agent”一样代表一个完整的网络应用程序。

Agent/ETap 的结构如图4所示。虚线框内表示 Agent/ETap,它由4个部分组成:模拟报文到真实报文的转换器(右正方形表示)、真实报文到模拟报文的转换器(左正方形表示),释放网络报文的对象(右长方形表示),读取网络报文的对象(左长方形表示)。它对 ns 中的 Network/IP、Network/Pcap/Live 等对象做了进一步的封装,使得这些细节对使用者来说是透明的,用户只需像使用其它 Agent 对象一样来使用 Agent/ETap(参考3.5节“Agent/ETap 的用户接口”)。

我们以简单的 Ping 示例来说明这一点。首先虚拟网络节点虚拟网络链路中收到一个 Ping Request 模拟报文,虚拟网络节点将这个报文传给 Agent/ETap,Agent/ETap 将这个模拟报文转换成真实网络报文,即真实的 Ping Request 请求,然后通过 Network/IP 对象释放到真实网络中。接下来真实网络中的 Ping 程序对这个 Ping Request 产生回应,发出一个 Ping Reply 报文,Agent/ETap 接收这个 Ping Reply 报文,转换成模拟报文。Agent/ETap 将这个 Ping Reply 模拟报文传递给虚拟网络节点,然后释放到虚拟网络链路上,最后被发出 Ping Request 模拟报文的那个 Agent 收到。

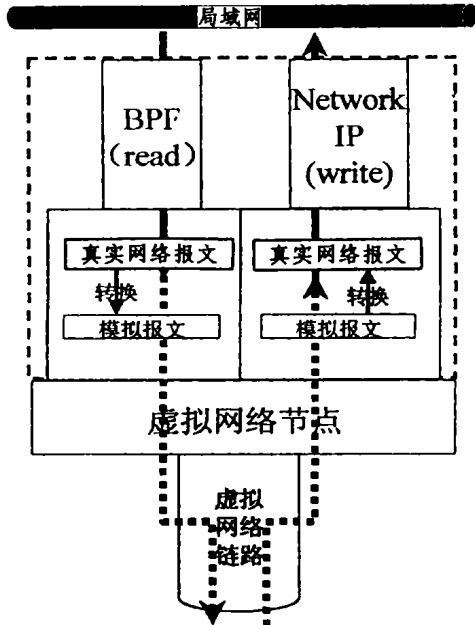


图4 Agent/ETap 结构图

从以上的过程中可以看出,Agent/ETap 完成了对输入 (Ping Request 模拟报文) 的响应 (产生了 Ping Reply 模拟报文),但实际响应过程并不是由 Agent/ETap 本身完成,而是由真实的网络应用程序 (Ping 程序) 完成,Agent/ETap 起到连接真实网络程序和虚拟网络的作用,将真实的网络应用程序和虚拟环境很好地结合起来。而在网络模拟中,用户将协议实现抽象为模型 (即“Agent”),由协议模型来负责完成对模拟报文的响应。这正是网络模拟和网络仿真的区别。

3.3 IP 报文地址转换算法

为方便网络仿真环境的构造,选择局域网作为建立虚拟网络的物理平台。但随之而来出现的问题是由于局域网的特点,如果连接虚拟网络的主机在通信时仍然使用对方真实的 IP 地址,它们将会避开仿真器而直接相互通信,报文不再经过虚拟网络。通过采用修改 IP 报文的地址和源地址的方法来解决这个问题。针对单播应用程序和组播应用程序的地址转换方法有所不同,下面分别叙述。

首先叙述单播应用的地址转换方法。在进行地址转换之前,假设已经建立如下的单播地址转换表。

表1 单播地址转换表

Agent 地址	主机 IP 地址	虚拟主机 IP 地址
a1	192.168.1.1	192.168.1.11
a2	192.168.1.2	192.168.1.12
a3	192.168.1.3	192.168.1.13
a4	192.168.1.4	192.168.1.14

表1中“Agent 地址”和“主机 IP 地址”分别表示 Agent/ETap 的地址 (用于在虚拟网络内部识别不同的 Agent) 和与 Agent/ETap 连接的主机的 IP 地址。“虚拟主机 IP 地址”为本局域网中没有使用的 IP 地址。

首先 Agent/ETap 按过滤条件过滤 IP 报文,读入源地址为关联应用程序的报文 (此时报文的地址为虚拟主机地址)。当 Agent/ETap 在将 IP 报文转换为模拟报文时,将 IP 报文中的目的地址和源地址按表1转换为对应的“Agent 地址”;Agent/ETap 在将模拟报文转换为 IP 报文时,将模拟报文中的目的地址按照表1转换为相应的“主机 IP 地址”,作为 IP 报文的地址,将模拟报文中的源地址按照表1转换为相应的“虚拟主机 IP 地址”,作为 IP 报文的源地址。下面给出单播应用的 IP 地址转换算法:

```
//IP 报文转换为模拟报文
when converting IP to Sim
// host-agent 函数返回表1中“主机 IP 地址”对应的“Agent 地址”;
virtual-agent 函数返回表1中“虚拟主机 IP 地址”对应的“Agent 地址”;
dst-addr 返回目的地址;src-addr 返回源地址
dst-addr(Sim) = virtual-agent(dst-addr(IP))
src-addr(Sim) = host-agent(src-addr(IP))
//模拟报文转换为 IP 报文
when converting Sim to IP
// agent-host 函数返回表1中“Agent 地址”对应的“主机 IP 地址”;
agent-virtual 函数返回表1中“Agent 地址”对应的“虚拟主机 IP 地址”
dst-addr(IP) = agent-host(dst-addr(Sim))
src-addr(IP) = agent-virtual(src-addr(Sim))
```

以图3为例,假设主机 A 的 IP 地址为 192.168.1.1,主机 B 的 IP 地址为 192.168.1.2,运行仿真程序的主机 E 的 IP 地址为 192.168.1.9,它们位于同一局域网中。当 A 想与 B 通信时,它使用主机 B 的“虚拟主机地址”192.168.1.12 作为发送 IP 报文的地址。主机 E 对 A 发出的 ARP 请求做出应答 (应答时并不使用主机 E 的 MAC 地址,而使用一个假的 MAC 地址,目的是为了不让主机 E 的系统协议栈去处理报文),也可以静态配置主机 A 和 B 的 ARP 表来省略主机 E 的 ARP 应答过程。接下来 a1 (节点 n1 连接的 Agent/ETap) 使用 BPF 读取 192.168.1.1 发给 192.168.1.12 的报文,将此报文转换为模拟报文,模拟报文的源地址为 a1,目的地址为 a2。模拟报文通过虚拟网络的路由到达节点 n2,并传递给与之连接的 a2。a2 将其转换为真实报文。转换后,真实报文的地址为 192.168.1.2,源地址为 192.168.1.11。接下来主机 B 对这个报文进行应答,发现源地址为 192.168.1.11,就发送报文给 192.168.1.11,这样就避免了直接发送给主机 A。接下来的过程和上述过程一样。做这样处理的优点在于,用户不需要改动网络程序本身,就可以让他们参与到仿真环境中,也不需要改动连接到虚拟网络的主机的路由表。

下面叙述组播应用的地址转换方法。在进行转换之前,假设已经建立如下的组播地址转换表。

表2 组播地址转换表

Agent 地址	模拟组播地址	实际组播地址
a1	g	224.0.12.11
a2	g	224.0.12.12
a3	g	224.0.12.13
a4	g	224.0.12.14

表2建立了多个实际组播地址到一个模拟组播地址的映射。这样,多台参与同一组播应用的主机使用不同的组播地址,这样可以避免主机绕过虚拟网络直接通信;在虚拟网络中,不同主机的报文属于同一组播组。

首先 Agent/ETap 按过滤条件过滤 IP 报文, 读入源地址为关联应用程序的报文。当 Agent/ETap 在将 IP 报文转换为模拟报文时, 将 IP 报文中的目的地址按表2转换为对应的“模拟组播地址”, 源地址按表1转换为对应的“Agent 地址”; Agent/ETap 在将模拟报文转换为 IP 报文时, 将模拟报文中的目的地址按照表2转换为相应的“实际组播地址”, 作为 IP 报文的目的地址, 将模拟报文中的源地址按照表1转换为相应的“虚拟主机 IP 地址”, 作为 IP 报文的源地址。下面给出组播应用的 IP 地址转化算法:

```
//IP 报文转换为模拟报文
when converting IP to Sim
//host-agent 函数返回表1中“主机 IP 地址”对应的“Agent 地址”, realmul-simmul 函数返回表2中“实际组播地址”对应的“模拟组播地址”
dst-addr(Sim)=realmul-simmul(dst-addr(IP))
src-addr(Sim)=host-agent(src-addr(IP))
//模拟报文转换为 IP 报文
when converting Sim to IP
//simmul-realmul 函数返回表2中“模拟组播地址”对应的“实际组播地址”, agent-virtual 函数返回表1中“Agent 地址”对应的“虚拟主机 IP 地址”
dst-addr(IP)=simmul-realmul(dst-addr(Sim))
src-addr(IP)=agent-virtual(src-addr(Sim))
```

以图3为例, 假设主机 A、B、C、D 的组播程序分别使用组播地址 224.0.12.11、224.0.12.12、224.0.12.13、224.0.12.14。主机 A 发送报文的目的地址为 224.0.12.11, a1 读源地址为 192.168.1.1、目的地值为 224.0.12.11 的报文, 将此报文转换为模拟报文, 模拟报文的源地址为 a1, 目的地址为模拟组播地址 g。模拟报文通过虚拟网络的路由, 以及各个模拟节点的复制到达节点 n2、n3、n4, 并传送给与它们相连的 a2、a3、a4, 将其转换为真实报文。以 a2 为例, 转换时, 真实报文的目的地地址为 g 对应的 224.0.12.12, 源地址 192.168.1.11。通过这种方式, 从主机 A 发出的组播报文会到达主机 B、C、D, 但使用的是不同的组播地址。有的组播协议会使用报文中的源地址, 对源地址的处理就是为了适应这种情况。因为大多数组播协议并不使用 IP 报文的源地址, 所以即使不对 IP 报文的源地址进行处理, 仿真器也能正常工作。

需要说明的一点是, 在 Agent/ETap 的实现中并没有建立《单播地址转换表》和《组播地址转换表》, 表格中的各项信息分散到各个 Agent/ETap 中存储, 但逻辑上存在这样的两个表。下面总结 Agent/ETap 的地址转换过程。

3.4 TTL 值的处理

将真实报文转换成模拟报文的时候, 读取真实报文中的 TTL 值, 然后赋给模拟报文的 IP Header 中的 TTL 字段^[4], 对模拟报文 TTL 值的处理(减值和判断是否丢弃)由虚拟网络来完成; 在将模拟报文转换成真实报文时, 将模拟报文中的 TTL 值写回真实报文。

3.5 Agent/ETap 的用户接口

Agent/ETap 的用户接口包含如下几项:

HostIP: 指定 Agent/ETap 对应的网络应用程序所在主机的 IP 地址

VirtualIP: 指定 Agent/ETap 对应的网络应用程序所在主机的虚拟主机 IP 地址

MulticastIP: 如果没有值, 表示 Agent/ETap 对应的是单播程序; 如果有值, 表示 Agent/ETap 对应的网络应用程序为组播程序, 此值为此组播程序使用的组播地址

Port, 应用程序使用的端口号

Filter: 指定 BPF 截获报文时使用的过滤条件, 用户必须保证正确的表达格式和正确的逻辑(如果没有值, 则系统自动

用 HostIP 和 Port 建立 BPF 过滤条件来过滤 IP 报文, 建议使用这种方法)

以上接口的值在具体实现中主要用于两个方面:

1) 在 BPF 读取真实网络报文时建立过滤条件, 只接收 Agent/ETap 感兴趣的 IP 报文, 也就是说, Agent/ETap 只接收源地址为 HostIP、端口号为 Port 的 IP 报文, 也就是对应的网络应用程序发出的报文(如果给 Filter 赋值, 就直接使用用户指定的过滤条件);

2) 在进行地址转换时为两个地址转换表提供数据。

4. 性能测试

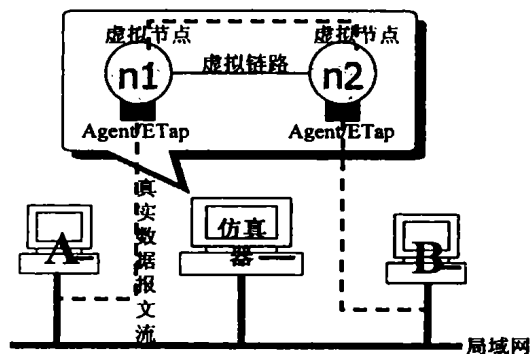


图5 用于性能测试的仿真环境结构图

构造图5所示的仿真环境, 仿真程序运行在 FreeBSD 操作系统上, 主机 A、B 运行 Linux 操作系统。主机 A 向主机 B 发送 IP 报文, 主机 B 返回此报文, 此过程经过仿真器虚拟的一条链路。用不同大小的 IP 报文(最小 84 字节、最大 65504 字节)来测量 RTT 时间, 获得多组数据。然后用如下的公式求 A 到 B 之间的 Delay 和 Bandwidth。

$$RTT = (Delay + DataSize * 8 / Bandwidth) * 2$$

单位: RTT: usec, Delay: usec, DataSize: byte, Bandwidth: Mb/s

使用相同的方法对不同带宽(相同的延时)的虚拟链路进行测量, 结果如表3所示。

表3 测量数据

虚拟链路带宽 (Mb/s)	虚拟链路延时 (ms)	测量带宽 (Mb/s)	测量延时 (ms)	虚拟链路延时计算值 (ms)
1	10	0.985	10.3825	10.0885
5	10	4.892	10.4555	10.1615
10	10	9.722	10.5290	10.2350
50	10	45.480	10.5685	10.2745
100	10	79.247	10.5775	10.2835

表3中的“虚拟链路带宽”和“虚拟链路延时”是配置虚拟网络时设定的值, “测量带宽”和“测量延时”是 A、B 主机之间的实际测量值, 这其中包括了仿真运行物理平台(局域网)的影响。局域网带宽和延时的测量值分别为 79.444 Mb/s 和 294.01 usec。除去物理平台影响后的延时(即“虚拟链路延时计算值”)和设定值(“虚拟链路延时”)非常接近(多出的时间是仿真器处理的时间)。

A 到 B 之间带宽的测量值由于局域网的影响和虚拟链路带宽设定值有一定误差。理论上由于局域网带宽的限制, 即使虚拟链路有很高的带宽, 实际测量结果也不会超过 79.444

M/s 这个值,对虚拟100M链路的测量结果正好符合这一点(图6中测量带宽不会超过黄色横线)。

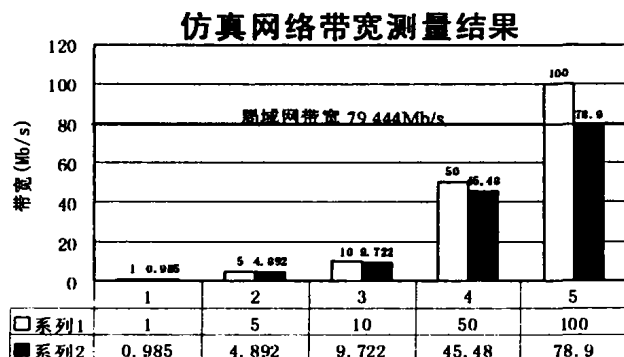


图6 仿真网络带宽测量结果图

说明:系列1表示虚拟链路带宽设定值,系列2表示 A、B 之间的实际带宽测量值。

另外,用 Ping 程序可以观察到经过虚拟链路后的 IP 报文 TTL 值的减少,如果 TTL 值在虚拟网络中减少到0,IP 报文会被丢弃。

总结 本文针对 ns 在构造网络仿真环境时的局限,设计和实现了新的网络仿真接口 Agent/ETap,使得可以在局域网平台上构造虚拟 Internet 网络.Agent/ETap 实现真实网络报文和模拟报文之间的双向转换,完善了它作为网络协议实

现或应用程序代理的功能;Agent/ETap 使用地址转换技术解决了局域网内主机不通过虚拟网络而直接通信的问题,地址转换同时支持单播应用和组播应用;Agent/ETap 增加了对 IP 报文中 TTL 值的处理,使仿真环境更为逼真.对虚拟网络的测量数据表明了用 Agent/ETap 作为仿真接口构造的虚拟网络是有效的。

参考文献

- 1 Fall K. Network Emulation in the Vint/NS Simulator
- 2 Bajaj S, et al. Improving Simulation for Network Research. March 1999
- 3 Bradford R, et al. A Parallel Discrete Event IP Network Emulator. 2000 IEEE
- 4 A Collaboration between researchers at UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC. The ns Manual, 2000, 13
- 5 Rizzo L. Dummynet: a simple approach to the evaluation of network protocols. ACM Computer Communication Review, 1997, 27 (1): 31~41
- 6 <http://snad.ncsl.nist.gov/itg/nistnet/>
- 7 Estrin D, et al. Network Visualization with the VINT Network Animator Nam. March 1999
- 8 Stevens W R. Unix Network Programming, Networking APIs: Sockets and XTI, Volume 1. Prentice-Hall 1998
- 9 Tanenbaum A S. Computer Networks. 3rd Edition Prentice Hall International, Inc
- 10 Peterson L L, Davie B S. Computer Networks. 2nd Edition Morgan Kaufmann, Inc

(上接第15页)

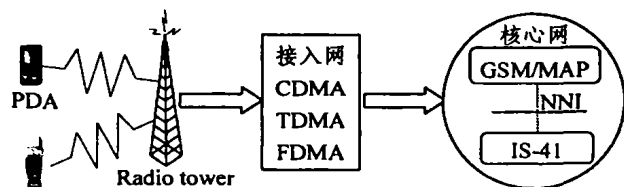


图3 3G 系统结构

3 移动互联网系统结构及功能

综上所述,基于第三代移动通信标准的互连网将包括:移动终端、移动台、移动接入网、移动核心网、移动互联网关和移动应用门户。其中移动接入网将是一个数字化、宽带化、多媒体和智能化系统,能够支持2G 以及3G 接入标准,为用户提供快速、高质量、高安全性的接入服务.移动核心网是一个全数字化、智能化、软件化的高度集成的大系统,实现与有线系统的通信以及为用户提供各种增值服务.它将由当前 IS-41 和 GSM/MAP 两类主要的2G 核心网逐渐演进为3G 核心网,各种移动应用都将在核心网上进行,包括电子商务、呼叫处理、收发 mail 和网络管理等。

移动互联网关(MIG)是整个互联网与移动通信网的接口,实现有线系统和无线系统数据的编解码功能,它能够支持目前的 GSM 通信系统、GPRS 系统和第三代宽带移动通信系统等,移动互联网关通过设置防火墙能够确保系统安全。

移动应用门户实际上提供了一个应用的环境平台,能够在此平台上提供多种服务.例如可以实施 B2B、B2C 的电子商

务和智能知识应用系统的解决方案,以及个性化的移动数据业务等。

结论 随着用户对移动通信和互联网相结合的新业务的强烈需求,现代社会正向以移动通信和互联网为核心的信息社会发展,越来越多的服务开发商致力于开发移动银行、移动证券、移动电子商务等服务,这将逐渐打破时间与空间的限制,使人类的通信方式发生革命性的改变.而最近作为一种用于实现语音和数据无线传输的开放性全球规范的蓝牙技术,能够为各种通信设备提供方便、快捷的无线接入,实现近距离的无线网络通信,这将更进一步促进互联网的发展。

参考文献

- 1 Wireless Application Protocol Architecture Specification. <http://www.wapforum.org>, 1998
- 2 Wireless Telephony Application Specification. <http://www.wapforum.org>, 2000
- 3 Wireless Application Protocol Wireless Transport Layer Security Specification. <http://www.wapforum.org>, 2000
- 4 Wireless Application Protocol Wireless Datagram Protocol Specification. <http://www.wapforum.org>, 2000
- 5 Wireless Application Protocol Wireless Transaction Protocol Specification. <http://www.wapforum.org>, 2000
- 6 Wireless Application Protocol Wireless Session Protocol Specification. <http://www.wapforum.org>, 2000
- 7 Mobile Wireless Internet Forum Architectural Principles. <http://www.mwif.org>, 2000
- 8 3rd Generation Mobile Services And Applications. <http://www.itu.int>, 2000