

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1498382 B

(45) 授权公告日 2010.05.12

(21) 申请号 01816269. X

US 6104699 A, 2000.08.15, 全文.

(22) 申请日 2001.09.21

CN 1159871 A, 1997.09.17, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

CN 1161770 A, 1997.10.08, 全文.

2003.03.25

US 6018625 A, 2000.01.25, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

审查员 林甡

PCT/US2001/029419 2001.09.21

(87) PCT申请的公布数据

W002/27564 EN 2002.04.04

(73) 专利权人 无线谷通讯有限公司

地址 美国弗吉尼亚州

(72) 发明人 西奥多·拉帕波特

罗杰·斯基德莫尔 本杰明·亨蒂

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 夏凯 钟强

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006.01)

G06G 7/62 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1260656 A, 2000.07.19, 全文.

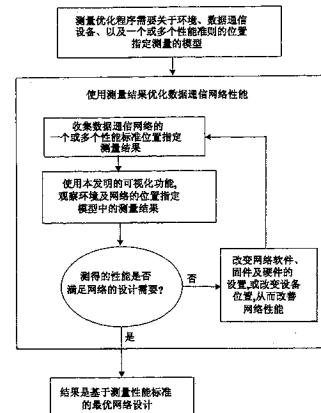
权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于设计、跟踪、测量、预测和优化数据通信
网络的系统和方法

(57) 摘要

一种设计、跟踪、测量、预测及优化数据通信
网络的系统和方法，包括一个物理环境的特定位
置模型，并根据通信网络中使用的组件和物理环
境，进行多种不同计算。



1. 一种分析和优化通信网络的特定位置的方法,包括以下步骤 :

用计算机或服务器产生或使用定位在物理空间内的通信网络的计算机化的模型,所述计算机化的模型提供一个或多个场地布局、建筑物布局、地形特性或射频特征的特定位置3-D表示,所述计算机化的模型识别所述通信网络中使用的一个或多个组件在所述物理空间中的位置,所述计算机化的模型具有所述一个或多个组件的至少一个模型化的属性;

在所述计算机或服务器,从一个或多个位于所述物理空间中的测量采集器接收测量数据,所述一个或多个测量采集器相同或不同于所述使用在所述通信网络中的一个或多个组件的一个或多个;

使用所述计算机或服务器预测所述通信网络的一个或多个性能指标,其中该预测是基于所述测量的数据和所述一个或多个组件的至少一个模型化的特性进行的;以及

改变所述通信网络的设置直至实现目标性能。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述测量采集器是便携式的或固定的。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括在所述物理空间内永久地固定所述测量采集器的步骤。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述预测步骤中预测的所述一个或多个性能指标是从包括一个或多个以下性能指标的组中选择的:无线信号强度密度、连接性、网络通过量、比特误码率、帧误码率、信号干扰比、信号噪声比、每秒帧分辨率、业务量、容量、信号强度、通过量、误码率、分组等待时间、分组抖动、码元抖动、服务质量、安全性、覆盖面积、带宽、服务器识别参数、发信机识别参数、最佳服务器位置、发信机位置参数、计费信息、网络性能参数、载波干扰比、载波噪声比、主体损耗、层高、距离地面高度、噪声图形、安全覆盖位置、传播损耗因子、到达角度、多径分量、多径参数、天线增益、噪声电平反射率、表面粗糙度、路径损耗模型、衰减因子、通过量性能指标、分组误码率、回程时间、丢包率、队列等待时间、信号电平、干扰电平、服务质量、带宽延迟积、切换延迟时间、信号损耗、数据损耗、服务用户数、用户密度、适当覆盖位置、切换位置或区域、适当通过量位置、能量干扰比、系统性能参数、设备价格、维护和成本信息、用户类别或子类、用户类型、定位位置,以上这些都可以是绝对值或相对值。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述接收步骤中接收的测量数据是手动获得的。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述接收步骤中接收的所述测量数据是自动获得的。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括存储所述测量数据的步骤。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括更新所述计算机化的模型的步骤。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中所述的更新步骤包括以下步骤:

从多个不同的模型化的组件中确定用于所述通信网络的组件,所述模型化的组件包括特定组件的描述及属性;和

确定所述计算机化的模型中的多个不同组件在所述物理空间中的位置。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述更新的步骤进一步包括,在所述确定位置的步骤中确定的位置上,确定至少一个组件的方向的步骤,该组件是在所述确定组件的步骤中确定的。

11. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述计算机化的模型在所述物理空间内的所述位置上识别所述组件中的一个或多个的方向, 且所述预测的步骤使用所述方向。

12. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述计算机化的模型包括产生噪声或干扰的多个目标, 所述噪声或干扰是作为所述预测步骤中的因素的所述多个目标的一个属性。

13. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中在所述预测步骤中预测的所述性能指标是在所述通信网络的前向上预测的。

14. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中在所述预测步骤中预测的所述性能指标是在所述通信网络的反向上预测的。

15. 根据权利要求 1 所述的方法, 进一步包括确定数据传输协议的步骤, 其中所述预测步骤使用特定的数据传输协议作为预测所述性能指标的一个因素。

16. 根据权利要求 1 所述的方法, 进一步包括确定所述通信网络的网络负载的步骤, 其中所述预测步骤在预测所述一个或多个性能指标中使用特定的网络负载。

17. 一种分析和优化通信网络的特定位置的系统, 包括 :

计算机或服务器, 用于产生或使用定位在物理空间中的通信网络的计算机化的模型, 所述计算机化的模型提供一个或多个建筑的平面图、建筑平面布置、地域特征或射频特征的特定位置 3-D 表示, 所述计算机化的模型识别所述通信网络中使用的一个或多个组件在所述物理空间中的位置, 所述计算机化的模型具有所述一个或多个组件的至少一个模型化的属性 ;

置于所述物理空间内的一个或多个测量采集器, 其获得并发送测量数据到所述计算机或服务器, 所述计算机或服务器基于所述测量的数据和所述一个或多个组件的至少一个模型化的特性预测所述通信网络的一个或多个性能指标 ; 以及所述计算机或服务器能够发出所述通信网络的指令, 其使所述通信网络的设置被改变直至实现目标性能。

18. 根据权利要求 17 所述的系统, 其中所述测量采集器是便携式的或固定的。

19. 根据权利要求 17 所示的系统, 其中所述测量采集器被永久地固定于所述物理空间内的位置。

20. 根据权利要求 17 所述的系统, 其中所述一个或多个从包括一个或多个性能指标的组中选择的性能指标是从以下的参数中选择所述的 : 无线信号强度密度、连接性、网络通过量、比特误码率、帧误码率、信号干扰比、信号噪声比、每秒帧分辨率、业务量、容量、信号强度、通过量、误码率、分组等待时间、分组抖动、码元抖动、服务质量、安全性、覆盖面积、带宽、服务器识别参数、发信机识别参数、最佳服务器位置、发信机位置参数、记费信息、网络性能参数、载波干扰比、载波噪声比、主体损耗、层高、距离地面高度、噪声图形、安全覆盖位置、传播损耗因子、到达角度、多径分量、多径参数、天线增益、噪声电平反射率、表面粗糙度、路径损耗模型、衰减因子、通过量性能指标、分组误码率、回程时间、丢包率、队列等待时间、信号电平、干扰电平、服务质量、带宽延迟积、切换延迟时间、信号损耗、数据损耗、服务用户数、用户密度、适当覆盖位置、切换位置或区域、适当通过量位置、能量干扰比、系统性能参数、设备价格、维护和成本信息、用户类别或子类、用户类型、定位位置, 以上这些都可以是绝对值或相对值。

21. 根据权利要求 17 所述的系统, 进一步包含存储所述测量数据的装置。

22. 根据权利要求 17 所述的系统, 其中在至少一个相同或不同于所述计算机或服务器

的服务器中存储所述计算机化的模型。

23. 根据权利要求 22 所述的系统，其中在多个服务器中存储所述计算机化的模型，其中所述多个服务器之间是可以互相通信的。

24. 根据权利要求 23 所述的系统，其中所述多个服务器之间具有层级的关系。

25. 根据权利要求 22 所述的系统，进一步包括能够与至少一个服务器通信的至少一个便携式客户机装置。

26. 根据权利要求 24 所述的系统，其中所述系统包括多个便携式客户机装置。

用于设计、跟踪、测量、预测和优化数据通信网络的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通信网络领域,特别涉及数据通信网络的设计、测量、可视化、预测和性能优化。通过使用精确的现场特定的物理环境及构成数据网络的元素的模型,对数据通信网络进行预测、可视化和性能优化的方法和系统可用于对这些数据网络进行涉及、测量、监控、排障和改进。

背景技术

[0002] 通信网络用于将信息从一个位置传送到另一位置。该信息经常是话音、视频或数据的形式。为了传送信息,通信网络将消息分解为一系列数字。这些数字描述了使用一些预定方法如何来构建信息。例如,这些数字可以代表信号电压的数字采样,将该电压用于扬声器,使其能够再现话音的声音,如图 1 所示。这个例子中,信息是通过通信网络传送的话音消息。

[0003] 表示信息的过程可以是模拟或数字的。在模拟通信网络中,传送的消息是连续地变化的数字。在数字网络中,消息由离散的、以一定时间间隔而不是连续变化的数字来表示。每个间隔由一个单独的数字来表示信号。该数字可以转换为二进制形式,以使整个消息可以表示为 0 和 1 的有限数目。消息中的每个二进制位被称为一个比特。这些比特被传送并由接收机译为消息。信号的二进制和数字模型如图 2 所示。

[0004] 数字通信网络是通信网络中的一种特定类型,它在室内或室外,通过有线或无线网络,从发信器向接收机传送以比特或字节(8 比特的组)形式表现的数字信息。尽管在概念上很简单,但是从点 A 向点 B 发送数据的装置是复杂的,且在实施中是变化的。有上百种协议、硬件、装置、软件技术和程序用来解决如何正确地有效地传送数据的问题。由于这种复杂性和数据通信网络及其运行的信道的时变性对性能的影响,一个特定的数据通信网络的确切性能非常难以预测甚至测量。

[0005] 数据通信网络可以分为电路交换或分组交换网络。这两种类型的网络都使用信道传送信息。信道是通信网络中用户间的通信通道。一个信道可以包含许多单独的硬件装置,以及发信机和接收机之间的特定的路由。在电路交换网络中,通过唯一的预留的信道来传送信息。将网络信道预留,用于唯一的传输,一次发送全部的比特。上述情况的一个例子是使用传真机来发送文件。在这个例子中,传真机将文件的图像转换为象素。每个象素是纸上的一个小的、点状的矩形区域。每个象素为黑色或白色。待传送的数据是表示每一点是黑色还是白色的一系列比特。当准备好将消息(本例中为文件图像)从一台传真机发送至另一台时,通过在普通的老式电话系统(POTS)通信网络上进行电话呼叫,建立了一个电话线路专门用于该数据的传输。电话线被传真发送独占,使其成为电路交换的传送。在建立联接后,所有数据以一个单独的长的比特流从第一台传真机发送到第二台。本例中,以电话线上不同频率的音调传送所述比特。高音调表示“1”,低音调表示“0”。接收的传真机通过将高低音调的序列译为数据比特来接收消息中的比特。然后,通过在数据比特指示的位置

绘制黑色的点,接收的传真机能够重构原始文件的复本。

[0006] 分组交换网络是数据通信网络的另一类型,其中以很多小的被称为分组的数据比特组来传送所有数据比特,并将其单独地从一个位置发送到另一位置。分组是自身包括了由报头、数据比特、有时还有注脚的完整消息的部分。分组包含报头和注脚的信息,该信息允许数据传输网络正确地发送分组,并使其知道分组中的数据是哪些消息的一部分。报头通常由标识符标注,网络使用该标识符将分组转发到正确的接收机。报头和注脚的信息常用于将分组与其他分组重编,以重构原始消息,并检查分组的传输中是否发生误码。通过去掉报头和注脚,将分组中的数据比特添加标题并重新汇编为原始消息,接收机将接收到的所有分组汇编为原始消息。

[0007] 根据分组的传输方式,分组交换网络分为根据连接和无连接的。在根据连接的网络中,每一传送中使用预先定义的网络信道。尽管传输中可以包含多个分组,但已经建立了从发信机到接收机之间的路由,从而所有在该信道发送的分组能够立即直接地发送至接收机。在无连接的网络中,在多传输中,通过共用的信道同时地传输分组。在这种情况下,每个分组需要一个提供接收机地址的标识符。该地址为通信网络所理解,以允许其将分组适当地传送到正确的接收机。由于每一分组可以分别地传送,并与来自其他传输的分组在时间上交织,所以在使用共享的网络资源时,通常无连接传输更为有效。

[0008] 无连接的、根据分组传输的一个例子是,在连接到根据网际协议 (IP) 的以太网的两台计算机之间的文件传送。本例中,在发信机将要发送的文件分解为合适的分组,并以 IP 地址标注,该地址是网络用来将分组转发至正确接收机的标识符。然后将该分组从发送的计算机发送至接收的计算机。以太网能够以共享的方式,通过控制来自每个目标的分组流,支持来自使用同一网络的许多不同计算机的多个文件传送。然后接收机将该分组汇编为原始文件的正确复本,完成本次传输。

[0009] 所有数据网络都使用通信协议的一些形式,来规则信息的传输和接收。协议是一个规则集,通信网络中的所有硬件和软件都必须遵守该规则以允许进行适当的数据通信。现在在全球范围的信息交换中,有几百种协议正在使用。这些协议中诸如传输控制协议 (TCP) 或用户数据报协议 (UDP) 的一些协议,定义了访问网络的方式。诸如网际协议 (IP) 或文件传送协议 (FTP) 的其他协议,定义了如何消息和分组对进行格式化、发送和接收。

[0010] 所有数据通信网络都可以以某种形式来分析评价其效率和性能,并确认网络是否正常运行。为了评价这些数据网络的功能,使用某种性能标准。这些性能标准包括但不限于:通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。每一性能标准规定了数据通信网络中一个不同的性能参数。将在下面详细描述这些标准。

[0011] 链路是数据通信网络中发信机和接收机间的消息的传输路径的一部分。网络连接通常包含单独的装置,用来将网络分组从发信机中继到接收机。这意味着网络连接可以包含原始发信机和预定接收机间的若干实际传输。每一独立的中继称为一个链路。典型地一个完整的网络连接包含若干链路。可以测量每一链路的性能指标。

[0012] 通过量是对数据量的测量,该数据可以在数据网络中的两个位置间传送,不包括报头、注脚或路由信息比特。通常以比特每秒 (bps) 为单位,可以限定构成了数据通信网络

中发信机和接收机之间的连接的硬件、软件、防火墙和上述各项的任何组合。数据通信网络的带宽的定义与通过量相似。带宽是特定的通信网络支持的原始数据的速率，通常比通过量略高。例如，一个以太网链路可以为 10Mbps 带宽，而实际文件传输的测量结果显示，使用同一链路的两台计算机间传输的数据的实际速率只有 6.8Mbps 的通过量，参见 Peterson, L. L. and Davie, B. S., Computer Networks :A Systems Approach. San Francisco :Morgan Kaufmann Publishers, 2000。

[0013] 服务质量 (QoS) 是用于描述将一定量的带宽分配到特定的网络发信机的网络的术语。所述网络允许传输请求一定带宽。然后，网络将决定是否可以保证该带宽。结果，网络程序具有一个可以轻易适应的可靠的带宽。当测量连接的服务质量时，应比较网络要求提供的带宽与不同请求的带宽的实际带宽。

[0014] 图 3 表示的比特、分组和帧之间的不同。对于数据通信网络的比特、分组和帧，定义了不同的误码率。比特是分组和帧的核心。比特是在通信网络上传输的实际消息。分组包括数据比特、分组报头及分组注脚。分组报头和分组注脚由通信网络协议添加，用于保证数据比特发送到数据网络中的正确位置，并由接收机正确地译码。分组报头和分组注脚也用来保证分组正确地传输，且在出现误码时检测到误码。帧是具有一定形式和格式的比特序列，所述格式使接收机知道一帧的开始和结束。比特误码率是不正确地到达接收机或未到达接收机的比特在传输的比特数中所占的百分比。分组误码率或丢包率是不正确地到达接收机或未到达接收机的分组在传输的分组总数中所占的百分比。帧误码率是不正确地到达接收机或未到达接收机的帧在传输的帧总数中所占的百分比。

[0015] 使用一些术语来限定特定的网络事件的延迟时间的质量，可以表示以时间单位秒来表示。分组等待时间是将分组从发信机传送到接收机所需要的时间，回程时间 (RTT) 是将分组从发信机传输到接收机，以及将某种确认从接收机返回到原始发信机所需的时间。传播延迟、传输延迟、处理延迟和排队延迟描述分组传送的不同过程中需要的时间。通过将网络中单程或回程的传播延迟、传输延迟、处理延迟和排队延迟累加，得到网络连接的分组等待时间和回程时间。传播延迟是分组横越发信机和接收机间的物理距离所需的时间。传输延迟是从分组的第一个比特到达同一分组的最后一个比特到达所需的时间。处理延迟是指发信机端将数据消息再分为独立分组所需时间，以及接收机端从数据分组中重构完整数据消息所需的时间。排队延迟是指等待其他传送过程释放共享资源所需的等待时间。所有这些延迟时间对于评价数据通信网络性能的不同方面都很有用。

[0016] 另外两个网络性能标准是分组抖动和带宽延迟积。分组抖动是分组到达的时间与以规则速率到达的时间之间的变化，典型地以时间单位秒来测量。带宽延迟积是在第一个传输的比特实际到达接收机之前，发信机能够发送的比特数。通过将链路的分组等待时间与同一链路的带宽相乘得到带宽延迟积。

[0017] 在无线数据网络中，当用户移出一个接入点范围而进入另一接入点范围内时，发生切换。在这种情况下，第一接入点必须将传输数据至无线用户的责任传递到第二接入点。切换时间是为使无线用户从一个接入点连接到另一接入点，一个接入点与另一接入点协调所需的时间量。

[0018] 现在已经开发了用于在数据通信网络的寿命内，测量数据通信网络的性能统计数据的软件程序和硬件装置。下面简要描述其中一些比较常用的相关工具。

[0019] 大量命令行工具可用于使计算机用户快速测量连接中的近似网络性能。许多命令行程序广泛用于 Windows、UNIX 和 Macintosh 操作系统，在数据网络的诊断和排障上也有些许作用。这些命令行程序的例子包括 ping 和 Traceroute。使用命令行程序 ping，可以测量不同数据网络装置间的近似数据等待时间，并确认两装置间的网络连接是否可用。网络连接通常包含将网络分组从发信机中继到接收机的独立装置。这意味着网络连接可以包含若干在原始发信机和预定接收机之间的实际传输。每个独立的中继被称为链路。典型地一个完整的网络连接包含若干链路。因此，使用 Traceroute，可以在发信机和接收机之间从中继装置到中继装置中确定一条可能的路径，从而了解网络传输所使用的确切链路。另外，使用 Traceroute，可以测量横越每一链路所需的时间，还可以确定可能没有正常运行的链路。

[0020] 很多没有包含于操作系统中的命令行工具也被用于完成更准确，但仍然是近似的网络测量任务。这些工具的例子包括 :ttcp、Tcpdump。ttcp 表示测试 TCP <http://www.pcausa.com/Utilities/pcattcp.htm>，它原本是为 BSD Linux 操作系统而写的免费程序，但现在可以用于 UNIX 和 Microsoft Windows 操作系统。ttcp 是一个基本的点到点通过量测量程序，它使用户能够控制缓冲器的大小、不同低电平 TCP 或 UDP 选项，并控制传输的确切数据。

[0021] Tcpdump 是由被称为分组探测器的一组工具中而来的一个简单程序。分组探测器允许网络管理员检查网络上实际分组中包括报头和注脚信息的内容。Tcpdump 允许用户检查主机（尽管不必是为该主机预定的）接收到的分组，并显示所有符合用户可配置的形式的报头。由于允许用户直接检查确切的网络业务量，因此 Tcpdump 是网络连接排障的有用工具。

[0022] Pathchar 是一个 UNIX 命令行程序，它通过改变传送的测试分组的大小，可以测量数据通信网络中每个网络中继装置（如：路由器、集线器、交换机）间的通过量和测量到不同网络点的分组传送的等待时间。该工具的功能与 Traceroute 非常相似，但是它增加了测量通过量（虽然是非直接的）的功能，而不仅仅测量等待时间。Pathchar 仅受它测量的链路中网络硬件的限制。该程序需要集线器、交换机或计算机来传送一个对测试分组的确认。这意味着诸如以太网桥的不传送确认的隐藏链路不能由 pathchar 独立测量。

[0023] 一些公司生产网络测量、监控、跟踪和预测程序。下面介绍其中一些普遍使用的程序。所选的工具用来说明现有技术中网络性能测量及设备跟踪。

[0024] netViz 公司生产的 netViz 是一个可视数据库程序，它允许网络管理员跟踪网络装置的物理位置和逻辑布局。该程序允许用户输入网络的设置、位置和结构，并跟踪您的网络中的设备。该工具可以将数据存储于一个建筑的二维地理地图或地面规划图中，但是不能以三维方式跟踪所述设备。该工具不能提供网络测试、测量或监控功能，也不支持数据通信网络的通信预测或性能可视化。它只是一个用于设备精确跟踪的数据库。

[0025] NetIQ 公司（原 Ganymede Software, Inc.）生产了一种称为 Chariot 的网络监控和预测工具。Chariot 可以测量现在所有常用的网络类型、操作系统和协议的通过量及很多其他网络统计数据。该程序使用一个服务器和一些小的代理程序 (agents) 来收集数据。服务器以一定时间间隔检查通过网络安装在用户计算机上的每一代理程序，在将结果存入服务器时，使用他们来检测网络特性。这些代理程序可以测量连接到服务器或另一网络上

的网络连接,可以模拟任何网络程序的业务模式及任何一个或多个假定用户希望的使用模式。该程序还可以使用测最数据预测网络业务量及条件。

[0026] Visonael 公司(原 NetSuite Development 公司)生产了一些网络跟踪及测量产品,包括 NetSuite Audit、Design 和 Advisor。这些软件产品可以自动检测使用中的网络设备。然后,可将这些信息同手动输入的信息一起置于网络的物理或逻辑图表中。Visonael 还提供了一种产品,它确定网络已经适当地配置,并可以为您的网络推荐结构上的改变及升级。该软件产品不能在特定位置的方式下预测或测量性能,也不能预测根据无线的数据通信网络的性能。

[0027] SAFCO 技术公司(现在是安捷伦公司的一部分)最近已经发明了若干无线数据测量及预测产品。SAFCO 的一种产品叫做 DataPrint,它用来测量移动电话数据网络的各种数据性能参数。他们的产品 WIZARD® 也支持对无线话网络中无线数据传输在总容量和服务质量方面的效果的分析。

[0028] Wireless Valley Communications, Inc. 已经发明了一个新的概念,叫做 SitePlanner,它可以在环境的物理上精确的三维模型中测量并跟踪数据通信网络的环境特定的网络性能。SitePlanner 使用名为 LANFielder 的软件模块测量任何连接于网际协议(IP)数据通信网络中的任何有线或无线网络的通过量、分组等待时间和分组误码率。另外,SitePlanner 允许将一个完整的网络建模为一个物理上精确的模型,从而能够以特定位置的方式进行精确的测量和性能预测。SitePlanner 还允许将网络的逻辑分布与物理分布同时存储。该工具还使用材料单格式存储任一通信网络的逻辑连接和特定位置模型。

[0029] 除了网络测量和设备管理工具,在无线数据通信网络性能领域还开展了很多研究。下面介绍的研究代表了属于本发明领域的工作。

[0030] Xylomenos 和 Polyzos 研究了在一些固定的 IEEE802.11 无线 LAN 网络连接上传输的 UDP 和 TCP 分组的性能,见 Xylomenos, G., Polyzos, G. C. “TCP and UDP Performance over a Wireless LAN” Proceedings of IEE INFOCOM, 1999. 该研究关注由软件执行问题和操作系统缺点引起的通过量限制。研究者在 Linux 下使用他们自己修改的命令行程序 ttcp、Tcpdump 和 nstat 来完成 UDP 和 TCP 的通过量测试。在三个固定位置间进行所有测量,并关注于无线 LAN 卡的类型 (PCMCIA 或 ISA) 及最终用户的计算机硬件 (如具有 48MB RAM 的 Pentium150、与具有 64MB RAM 的 Pentium200 MMX)。研究者的结论是推荐改变网络协议的执行及提高 linux 操作系统。测量结果没有考虑不同物理位置或无线通信信道的变化对网络通过量的影响。

[0031] Maeda、Takaya 和 Kuwabara 已经出版了无线 LAN 性能的测量以及射线跟踪技术预测无线 LAN 性能的有效性 (Maeda, Y. , Takaya, K. , and Kuwabara, N. , “Experimental Investigation of Propagation Characteristics of 2.4GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments,” IEICE Transactions in Communications. Vol. E82-B, No. 10 Oct. 1999)。在一个由环境控制的小的高射频(RF) 中跟踪测量,表明无线 LAN 的通过量和 BER 与无线信道的延迟分布相关。研究者没有介绍任何由通过射线跟踪技术预测到的延迟分布外形输出中精确预测比特误码率或通过量的方法。

[0032] Duchamp 和 Reynolds 介绍了 IEEE802.11 无线 LAN、对于不同距离的分组通过量的测量结果,见 Duchamp, D. , and Reynolds, N. F. , “Measured Performance of a Wireless

LAN,"Local Computer Networks,1992. Proceedings., 17th Conference on, 1992。这些测量是在一个单独的过道中完成的。因此,这些测量结果也不能测量代表性的环境。研究没有提出用来预测他们结果的模型,也没有试图证实任何种类的计算机预测技术。

[0033] Bing 也 提 出 了 IEEE802.11 无 线 LAN 的 性 能 的 测 量 结 果 , 见 "Measured Performance of the IEEE 802.11 Wireless LAN," LocalComputer Networks, 1999. LCN'99. Conference on, 1999. Bing 介绍了对于各种无线 LAN 结构的延迟和通过量的测量结果,以及根据理论的通过量和延迟时间表。但是,结果作为最佳的结果给出。所有测量是在无线信道对总通过量和延迟时间的可能影响最小的方式下进行的。因此,结果是最好的可能结果的上界,且不能扩展用于特定位置的无线 LAN 性能的预测技术。

[0034] Hope 和 Linge 使用测量结果,通过 Okumura 模型计算预测户外环境中无线 LAN 网络覆盖面积所需的参数。研究者使用标准 IEEE802.11 无线 LAN 调制解调器进行户外测量,来计算 Okumura 模型所需的参数,并给出了结果,见 Hope, M. And Linge, N. , "Determiningthe Propagation Range of IEEE 802.11 Radio LAN's for OutdoorApplications," Local Computer Networks, 1999. LCN' 99. Conference on, 1999。使用这些结果,可以计算户外覆盖面积。但是,结果不允许用户预测无线 LAN 中通过量和等待时间的性能。

[0035] 下面列出以下相关的专利:

[0036] Patent No. 5,491,644 entitled "Cell Engineering Tool and Methods" filed by L.W.Pickering et al. ;

[0037] Patent No. 5,561,841 entitled "Method and Apparatus for Planning aCellular Radio Network by Creating a Model on a Digital Map AddingProperties and Optimizing Parameters, Based on Statistical SimulationResults" filed by O. Markus ;

[0038] Patent No. 5,794,128 entitled "Apparatus and Processes for RealisticSimulation of Wireless Information Transport Systems" filed by K.H.Brockel et al. ;

[0039] Patent No. 5,949,988 entitled "Prediction System for RF PowerDistribution" filed by F.Feisullin et al. ;

[0040] Patent No. 5,987,328 entitled "Method and Device for Placement ofTransmitters in Wireless Networks" filed by A.Ephremides and D.Stamatelos ;

[0041] Patent No. 5,598,532 entitled "Method and Apparatus for OptimizingComputer Networks" filed by M.Liron et al. ;

[0042] Patent No. 5,953,669 entitled "Method and Apparatus for PredictionSignal Characteristics in a Wireless Communication System" filed by G.Stratis et al. ;

[0043] Patent No. 6,061,722 entitled "assessing Network Performancewithout Interference with Normal Network Operations" filed by W.J.Lipa et al. ;

[0044] Patent No. 5,831,610 entitled "designing Networks" filed by D.L.Tonelli et al. ;

[0045] Patent No. 5,821,937 entitled "Computer Method for Updating aNetwork

Design" filed by Tonelli et al. ;

[0046] Patent No. 5, 878, 328 entitled "Method and Apparatus for Wireless Communication System Organization" filed by K. K. Chawla et al.

[0047] 在专利 09/352, 678, 09/221, 985, 09/318, 841, 09/318, 840 和其他前面引用的发明中描述过的一个现有的产品, SitePlanner, 由于该产品可以预测任何物理位置中与任何通信网络直接相关的影响, 因此它对于通信网络的设计、测量及优化是有用的。亦即, 使用任何通信网络的物理分布及其硬件结构的信息, 现有技术可以对任何模型化的物理位置提供期望接收的信号强度密度 (RSSI)、信噪比 (SNR)、相对接收功率强度、最佳服务器及等价功率位置, 以及其他声音和数据网络的有用参数的可视化显示。这些统计数据可以预测无线网络的前向链路 (从发信机到接收机) 或反向链路 (从原始接收机到原始发信机的应答)。这些预测的特定位置特性直接解释为通信网络质量的快速和有用的可视化。然而, 现有技术没有考虑合适地对复杂性建模 (如预测), 这些复杂性探究如何确定实际网络的操作性能参数值, 这些参数同时受到多路传播、来自多个源的多干扰数据传输、信令协议、均衡方法等的影响。由于不同调制解调器制造商有不同的且常是专有的用于减轻和处理多径、多接入干扰、协议类型、分组大小和噪声的方法, 所以在实际的特定位置的环境中的三维物理模型中预测比特误码率、数据通过量、延迟和服务质量的标准是非常困难的任务, 且至今仍未解决。亦即, 现有技术显示了如何测量、显示并预测基本的通信标准, 但不能提供用于以可靠的、特定位置的方式预测大范围的网络性能参数的重要数据确定的预测算法。简言之, 由于必须考虑网络中所有组件可能的物理、电气和逻辑因素, 以及产生实际网络性能的有线或无线信道中的因素而带来的复杂性, 因此在现有技术中没有得出这样一个无线网络性能预测引擎, 其可以考虑精确地模型化的三维物理环境且使用特定分量分布的知识, 而且所述引擎也不是显而易见的。

[0048] 在通信网络领域中已发表的论文中没有说明准确预测三维、特定位置网络性能标准的任何发明。前面提到的论文, Maeda, Y. , Takaya, K. , and Kuwabara, N. , "Experimental Investigation of Propagation Characteristics of 2.4GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments," IEICE Transactions in Communications. Vol. E82-B, No. 10 Oct. 1999, 说明了预测无线信道延迟传播, 和预测与通过量很好地相关的内容, 但是所述方法实际上不能预测通过量或任何其他的网络性能标准。一些现有技术说明了以一定的物理精度以二维方式跟踪网络设备的性能, 但这些产品不具有预测相似或不同物理环境 (如安装) 的将来网络性能的能力。许多产品能够测量网络的性能标准, 但是现有技术中没有用于预测网络性能参数的数据根据组件的物理安装的三维表示。而且, 也不存在能够以三维的、特定位置的方式直接地测量、跟踪数据通信网络的设备、预测数据通信网络的网络性能标准并使网络性能标准可视化的工具或发明。

[0049] 而且, 现有技术中也没有能够使用现有网络的已有的测量结果, 或使用数据通信网络中特定组件的特定位置的分布细节, 来对复杂的网络参数进行精确的、特定位置的、三维的性能预测的发明。此外, 现有技术中也没有使用代理程序系统, 并将特定的三维位置和那些测量代理程序的结果应用于创建相同、相似或不同的物理环境中的将来网络性能的三维预测模型, 来从实际的网络系统或子系统中独立地测量特定位置的网络性能参数。另外, 现有技术也没有建立用于以三维特定位置方式测量并预测网络性能测量和预测引擎的分

级系统,该系统具有测量网络性能参数的能力,及生产可被远程预测引擎共享的可预测网络性能参数的引擎的能力。

[0050] 本发明以一种不是显而易见的方式扩展了现有技术,以特定位置、三维的准确方式提供了无线和有线网络性能预测、重要数据的通信特定的性能标准也称为性能参数的可视化及测量,如通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。本发明提供用于测量上述性能参数的新颖的分布式测量技术。另外,创建了用于上述性能参数的预测方法,其使用以下各参数来计算预测性能参数值:网络测量结果或由其他方法得到的值、无线频率环境、三维物理网络分布、特定位置的环境的信道传播特性以及组件的特定物理分布。

发明内容

[0051] 本发明能够预测、测量及优化数据通信网络的性能。本发明能够在一个物理上精确的计算机表示或三维环境的模型中,将配置完整的或预期的通信网络的分布细节表示出来。这使得本发明使用用于创建实际的或预期的网络的网络实体、组件、子系统和系统的特定信息,能够存储测量结果,并在物理环境的特定位置表示中确定性能预测。具有已知的或分配的三维位置的测量代理程序,用来测量传送到服务器处理器的原地的性能参数。该服务器处理器具有环境的准确三维模型,能够处理测得的数据,也能够使用独立的或利用测得数据的特定位置的信息,提供预测模型。服务器处理器可以以分级的方式与其他服务器处理器通信,使得来自许多远程或共址的网络的数据可以汇编起来,并用于对测量结果进行显示和分类,这些测量结果可能用于或不用于创建预测性能的模型。另外,每个服务器处理器只简单地考虑物理组件的特定位置分布以及物理网络中的特定延迟时间、过渡时间、传播效果、多径及噪声因素,可以不使用测得的数据而计算预测性能的模型。

[0052] 本发明可以在任何环境下以特定位置的、三维模型的方式预测通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。本发明可以测量并预测上述所有性能标准,并将结果存入数据通信网络及其所安装的环境中的物理上的准确三维模型中。而且,本发明可以以任何环境下的三维的、特定位置的方式显示测得的及预测的数据通信网络的性能标准。这些性能为有线和无线网络提供了强有力的设计环境,其使本领域普通技术人员能够以三维的、特定位置的方式,使用前所未有的方法,快速地和简单地设计、测量、预测、优化及可视化数据通信性能标准。

[0053] 附图简要说明

[0054] 图 1 :通过通信网络传送数据的例子

[0055] 图 2 :由模拟信号创建数字信号

[0056] 图 3 :说明比特、分组、帧之间的不同

[0057] 图 4 :说明数据通信网络树形图中每一节点中所显示的数据

[0058] 图 5 :创建环境的三维的特定位置模型的方法

[0059] 图 6 :使用预测优化数据通信网络的方法

[0060] 图 7 :使用测量结果优化数据通信网络的方法

[0061] 图 8 : 使用预测和测量结果优化数据通信网络的方法

[0062] 优选实施例的详细说明

[0063] 本发明提供了设计、测量、预测及优化数据通信网络性能的能力。本发明使用计算机生成的精确的存储于计算机数据库环境中的通信网络的三维模型。本发明使用户能够将网络电缆、集线器、路由器、交换机、网桥、无线接入点、放大器、分路器、天线（点型、全向型、方向型、漏馈型、分布型、阵列型等）、收发信机、终端及其他通信及计算机网络设备放置于其实际的模型化的物理位置。本发明使用这一结构的物理分布的高度精确的模型，使用户能够在任何三维的、特定位置的模型化的物理位置中，对任何通信网络的性能进行可视化、预测和优化。

[0064] 本发明的实施例可以从逻辑连接和物理位置方面，对特定位置的通信网络的硬件进行建模。本发明使用已知的分级的逻辑连接概念（有时被称为拓扑分布），所述概念适用于与一个物理上精确的特定位置的模型组合的数据通信网络。以往的发明仅关注网络组件之间的拓扑或者关系、分布。本发明使用特定的三维模型，因而能够提供对实际安装设备的高度精确的设备管理及跟踪，同时提供了使用精确的网络的物理维度的网络性能预测、测量及设计的能力。另外，本发明同时存储网络中使用的所有物品的重要的网络特有和设备特有的性能目录，如制造商、模块号、网络硬件类型、操作系统版本、固件和软件类型及版本。网络的分层树状模型被称为 Site View，通过它选择一个三维环境模型内的特殊条目或节点可以显示、存储或打印每个装置的属性。而且，使用 Layout View 或 Site View，网络硬件和软件组件可以实时地交互替换、删除、配置或移动至新位置。以下将进一步描述在环境的三维特定位置的模型中以实际空间位置的精确维度来跟踪并设计网络的每种方法，所述方法用来创建模型化的数据通信网络的材料单，在 2000 年 8 月 4 日申请的同时待审的专利申请“用于设计或配置考虑组件属性的通信网络的方法和系统”中描述了其中一个优选的实施例。

[0065] 图 4 表示了一个数据通信网络的分级结构，作为 Layout View 中所含信息的一个例子。在图中，用树形结构来显示网络中的所有硬件。树上的每一节点包含用来跟踪数据通信网络硬件的真实物理位置、逻辑分布和电、光及电磁连接的信息，和网络设备上运行的软件和固件的版本及设置，以及网络设备的已知的性能参数，包括装置的通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。

[0066] 本发明的 Site View 具有物理上精确的三维建模能力，以显示网络所处环境的特定位置的模型中的所有网络装置。亦即，本发明的优选实施例使得能够以三维的精确的方式放置每个模型化的硬件和软件装置，且跟踪与数据通信网络相关的装置的属性。这些关键属性包括以下项目：硬件类型、硬件配置、软件类型、软件配置、操作系统版本、以及每一组件的高、低和“标准”指标。这些指标可以包括重要的装置和网络子系统操作参数，如通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。如下所述，Site View 考虑到了困难，并解决了更复杂的数据通信网络中的数据网络预测、设计及优化问题，而取代替上述 Wireless Valley Communications, Inc 待审的专利申请中所述的现有技术。特别地，这项新发明考虑了包括有线和无线的数据网络系统的物理

的特定位置的建模技术、性能预测方法及设计方法,其中所述数据网络系统具有比仅包含无线信号强度、干扰和多路径的复杂得多的物理因素的性能特征。特别地,对于数据通信网络,许多与特定网络设备或调制解调器设计相关的其他因素,如分组大小、均衡器配置、调制方法、源及误码编码方法、分组协议、共用信道网络的用户数、用于重新传输分组的持续类型、无线系统中的多径传播效应等,提供了必须在设计通信网络时加以考虑的额外因素,所述通信网络是用于数据业务而不是简单的话音业务的。

[0067] 目前网络设计者或网络系统管理员面对的一个困难是多数网络设备使用专有的、非公开的方法实施不同的网络装置,而且这些方法因特定的制造商的不同而不同。因此,在无线网络中仅使用基本的物理传播模型难以建立可靠的预测模型。随着诸如蓝牙、DSL、根据 IP 的语音、以及将来的根据分组的蜂窝无线网络结构的数据传输技术的增加,预测和测量特定网络的性能参数的能力将变得日益重要,而且适当地将测量结果结合到性能参数的三维预测模型中的能力对于适当的网络配置将会很重要。

[0068] 本发明考虑了与分组交换的数据通信网络相关的属性,其与使用电路交换且每个分配的工作信道使用一个专用的单独用户(或限定数目的用户)的传统的蜂窝电话或电话语音通信系统相比,需要更广泛且不是显而易见的建模。数据通信网络具有针对分组系统特定的性能标准,不适用于上述预期的所有类型的通信网络。因此,本发明的优选实施例能够根据每一网络组件的特定物理和空间位置及特定组件的物理、电气和逻辑属性,预测通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。性能预测方法使用在三维模型化的环境中构造的材料单,考虑到所有装置和网络设备,包括三维模型化的环境内的物理位置,并且能够对模型化的网络和环境内的任何所需的位置进行性能预测,根据用户的需求,所述位置可能是在房间内、房间内的一个特定位置、建筑内、或不同间隔的室外区域。

[0069] 可以通过将所有有线网络组件的性能预测与无线组件的性能预测分开,然后再将结果组合,得到总的网络性能,来预测通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间以及其他性能参数。预测有线通信链路的性能时,结合每个有线设备的已知的特定网络设置的效果,即操作参数或性能参数,是很重要的,这些参数包括协议类型、数据类型、分组大小、业务使用特性、固件类型、操作系统类型、典型网络性能特性、网络的典型、平均、峰值及最小业务负载等。对于无线网络组件,还必须考虑有关传播、信号强度、干扰及噪音的额外因素。

[0070] 本发明的优选实施例以很多新颖的方法使得数据通信网络的性能得到精确的预测。

[0071] 首先,可以根据一个实际网络的现场检测进行性能预测,其中从测量数据的一些配合中形成预测模型(经验模型)。这些现场测量结果可以手动进行,也可使用连续地测量并更新在物理环境内观察到的特定的网络性能标准的数据采集器或代理程序来自动得到。这些数据采集器可以在物理环境内测量或分配特定的三维定位位置,这些位置与用来对网络物理环境进行建模的计算机模型中的已知定位位置相对应,后者是已知的或者被传送至测量服务器。数据采集器可以是手动地或自动地记录或采集观察到的诸如前面提到的

一个或多个性能参数的网络性能的单独的装置，测量代理程序可以是为了定期地测量一个或多个上述列出的网络性能参数，而运行在网络应用顶层的软件、硬件或固件应用程序。代理程序可以是固定的，也可以是便携式的，它们可以具有定位装置，如 GPS、或惯性导航仪、或用户启动的内部地图，以将测量结果的定位位置发送至服务器处理器。假定代理程序与服务器处理器间具有双向通信，该服务器可以设置在一起配置或在远端。通过无线或有线的方式，或实时的或存储的方式，定期地或周期性地收集来自一个或多个数据采集器的测量结果，并将其从一个或多个代理程序发送至与其设置在一起的或设在远端的服务器处理器。例如，可以由独立的代理程序记录测量结果，并在固定网络上传送至处理器，该处理器综合所有的测量结果和计算机统计数字来进行观察。测量源具有已知或未知的三维定位，并用来形成所观察的网络的性能的粗略估计。可以经诸如在万维网上以文件传送的电子邮件、无线、有线或光链路的不同方式来实时地传输、存储并转发，收集的测量结果，或者在存储装置中。这个“现场的”测量数据与可用的三维定位一起传输至分类和处理特定测量信息的服务器。使用来自数据采集器的测量信息，通过使用物理的三维环境的知识，并将许多采集到的数据融入到简化的与世界的三维物理表示相关的性能模型，服务器能够提供预测模型。

[0072] 在本发明的优选实施例中，服务器存储并处理所有（可用的）测量装置的物理位置，以及所有网络组件及其电气、逻辑和技术配置，还考虑与每一网络组件相关的费用及维护问题。使用该优选实施例，可以通过收集来自一个或多个代理程序的测量数据，并在服务器处理它们以在安装前确定一个为将来网络布局提供期望的效果的预测引擎，来对数据通信网络进行设计、配置、测试、预测、测量、优化及维护。服务器引擎可以以特定位置的方式显示来自（包含特定位置信息的）每一测量代理程序的测量结果，这样可在计算机或存储装置的显示装置上比较预测与测量结果（比如一个比较预测的和测量的性能参数的 ASCII 文件）。

[0073] 值得注意的是，每个测量代理程序可以是一个服务器，该服务器可以将测量数据融合到网络组件和物理环境的特定位置的三维布局中。因此，每一测量代理程序也可以作为中央处理器，从而能够测量并预测特定网络的许多不同物理位置的参数。服务器可以与采集、显示、存储并使用测量结果形成预测模型的测量代理程序设置在一起或位于远端。在接收来自测量代理程序的测量数据的服务器位于远端的情况下，从远程监控和预测物理上与特定服务器处理器相距甚远的网络性能是可能的。

[0074] 服务器处理器可进一步控制或配置测量代理程序，以调整或指示代理程序来完成不同类型的测量，如不同的分组传送速率、观察间隔、平均间隔、协议类型，或本领域普通技术人员认为用于适当的网络优化的其他明显变化。

[0075] 第二种预测网络参数性能的方法是通过使用分析或模拟的方法。这些分析和模拟的方法是众所周知的，且使网络信道的物理和电气特性与各种网络组件的物理和电气特性相关。通过模拟和分析，可以确定在特定组件的实际网络配置中所预期的典型值的近似或边界。本发明的实施例允许用户输入这些计算的结果，从而使它们作为预测模型的输入。因此，本发明的用户可以根据已知方法简单地输入“盲”值，作为形成网络性能预测模型的初始推测近似 (first guess approach)。然后本发明可以根据从实际网络的特定位置的测量结果得到的反馈，对这些初试推测值进行迭代。

[0076] 如上述关于测量代理程序和服务器处理器的描述,本发明记录、存储并显示在无线或有线网络中具有多个发信机的典型操作环境的一系列测量数据。然后将某种最适合的算法(最小均方、中值滤波等)应用于从下述等式中得到的预测的模型,以提供用来确定特定的特定位置网络设计的合适的性能值(如下述性能参数等式中的常数或函数的合适值)的查询表。该查询表方法使测得的数据被翻译为随后用于驱动预测数据的值,该预测数据用于在进行测试的相同的特定位置的三维环境内进行的所有后续预测。另外,对于特定的三维模型化的网络环境,在该环境中三维环境的任何空间或位置的性能预测是根据初始的、最佳推测的预测模型的,经由存储装置、或来自远端的或设置在一起的无线或有线装置,将最佳推测性能标准值、或下述等式中的函数或常数的最佳推测值,自动地或手动地反馈到本发明。在该网络环境中三维环境任何空间位置的预测性能都是根据初始最佳推测预测模型。如以下解释的,这些初始最佳推测或者“盲”模型可以根据模拟、分析,或它们的某种组合。经验预测模型和初始最佳推测预测模型可以用于随后的与进行测量或最佳推测的环境不同的环境中,而且发明使用户可以容易地将模型的分类,以用于随后的网络预测或设计。然后,实际网络性能的测量结果可以与网络预测参数同时地覆盖、显示并存储,以进行快速比较。而且,优化程序计算与环境内测得的网络性能相匹配的新的预测模型的具有最小误差的最佳值。因此,本发明允许用户使用网络装置的特定信息及物理位置,以及使用有线网络、无线传播、多径及噪声的模型,在实际安装的或预期的网络的三维特定位置的结构中,与经验所得的预测性能参数或初始推测的网络性能参数发生关系。本发明的模型技术将许多影响网络性能的因素融合入到较简单的模型中,该模型支持对无线和有线网络的预测的网络性能与测得的网络性能之间的比较。因此,可以确定性能预测,并将其与测得的网络性能比较,以在网络配置中使用。

[0077] 而且,通过比较测得的网络性能指标与预测的指标,本发明以一种方便的方法使新的现场测量结果可以更新前面的预测模型,该方便的方法提供了通过本地或远程存储并显示给用户的模型的分类。另外,通过使用服务器的分级,有可能使位于远端的计算、传送或接收该测量数据和预测模型的服务器用于远程地使用、显示、测量和存储参数模型和结果。这对于希望对物理上与感兴趣的网络相距甚远的网络进行网络性能及设计监控的网络管理员来说特别方便。

[0078] 可以通过使用本发明优选的测量软件模块,或从另一软件或硬件测量工具中导入记录文件来进行对所需性能标准的特定装置的测量。本发明优选的测量模块使用已安装和运行在装置上的两个或更多的软件软件程序,能够测量通信网络中任一特定部分的性能。这些软件程序称为代理程序。通过在特定的网络连接的两个代理程序之间发送测试传输,本发明优选地可以测量任何特定的性能标准。将这些测量结果存储以用于网络的特定部分。

[0079] 本发明的优选实施例还可以导入诸如 Traceroute 的其他测量程序的记录文件,以测量特定的链路。这一功能允许以特定位置方式存储的外部程序进行特定位置的测量。通过 1998 年 12 月 29 日由 T. Rappaport 和 R. Skidmore 申请的专利 09/221,985“用于创建无线通信系统的计算机模型和测量数据库的系统”中描述的一种双通方法来实现这一功能。为了导入记录文件,对于每一数据点,用户简单地点击环境模型中的一点,便可为记录文件中的每一点分配一个位置。

[0080] 在进行网络的性能测量时,尤其对于无线数据网络,了解与接收之间的性能差异很重要。这就是为什么本发明优选地可以测量平均网络统计数据的传输和接收组件的原因。为测量传输方向,需变化测试分组的大小。通过改变发送的分组及返回分组的大小,可以分离传输和接收的统计数据。这使得网络设计者可以明确可能被表面上良好的接收所掩盖传输中的问题。

[0081] 如果测量不能模拟网络上承载的实际数据业务,则网络性能测量是无用的。因此,本发明的优选实施例可以模拟实际数据的业务模式、网络协议和分组特性。因此,如果测试网络浏览性能,则本发明从接入终端向 web 服务器发送小的分组,并从服务器返回典型地是文本、图像和网络脚本文件格式的大的分组。通过测量这些分组的性能,本发明积累了精确的用于期望的网络浏览性能的网络统计数据。

[0082] 也可将特定业务类型的测量应用于使用广播或多点传送分组性能的情况。本发明的优选实施例可以测量多个发信机、或多个接收机、或相同分组信息的发信机和接收机的性能。这种传输类型的性能与点到点的测量不同,因为在广播和多点传送的情况下,更为有效利用了共享资源。因此,本发明的测量有关无线和多点传送以及每一单独的发信机和接收机的网络性能统计数据的能力十分强大。该功能使得网络设计者可以更好地选择多点传送中哪个发信机是冗余的,或者哪个无线传输不足以达到所有所需所需的接收机。

[0083] 在一些数据通信网络中,测量诸如以太网桥或甚至一根电缆的特定设备的性能是困难的,原因是它对于数据通信网络的网络层是透明的。因此,本发明通过外推法来确定单个装置的性能的功能是很有用的。本发明的优选实施例可以使用已知的网络特定装置的性能数据,并外推网络中其他装置的作用。通过测量并外推足够多的单独硬件及软件链路,可以确定所有网络装置的性能。此过程的精确度和可靠性主要取决于本发明所具有的数据通信网络的精确的特定位置的模型。

[0084] 将性能评价的外推概念延伸至网络设备的软件和硬件组件,表明了本发明的优选实施例的进一步功能。在某些情况下,本发明能够区别由于软件和硬件所引起的性能限制。例如,在发信机和接收机为同一计算机的情况下,实际的传输中没有涉及硬件。在该情况下,通过测量网络统计数据,可以仅仅评定计算机软件的性能。通过比较发信机和发送相同的情况与发信机和接收机是不同计算机的情况,可以仅确定计算机硬件的性能。由于两种情况中,由于软件的性能十分相似,因此可以通过假定软件在两种情况中性能相似,来推断出连接两个计算机的硬件的性能。

[0085] 由测得的性能指标外推单独网络组件的性能的过程可能比较费时。因此,本发明的优选实施例可以将来自许多测量工具、系统程序和网络记录文件的数据结果读入为简单的内部格式。本发明可以读入诸如 ping 和 ttcp 的命令行程序的输出、诸如 Tcpdump 的由路由器和交换机产生的记录文件、或者其他商业测量程序的记录文件,并将这些测量结果保存,以供预测引擎使用。通过将这些导入的文件组合为简单的内部格式,本发明能够将许多不同测量结果和活动记录组合为一个简单的网络统计数据集。这个过程意味着本发明需要较少的活动测量阶段和更多的不同的、精确的数据,来更好地和更地进行网络性能建模。

[0086] 对数据通信网络的准确的、可靠的表示需要大量的测量的数据点。因此,本发明的优选实施例使用上述各种方法,快速地、便捷地采集大量数据。本发明通过提供远程的数据采集代理程序来做到这一点,该代理程序可以安装在数据接入终端上,或嵌入于网络实际

装置的硬件、软件和固件中。远程数据采集代理程序响应于服务器程序（处理服务器），该服务器程序控制远程代理程序得到的测量结果。即，可以指示远程代理程序使用任何所需的协议、业务类型、网络设置或配置，对任一其他的远程代理程序或处理服务器进行测量。这个过程不需要用户在远程代理程序的物理位置进行任何输入。在要求正确设置时，代理程序简单地记录数据，并将结果向存储来自所有远程代理程序和其他测量工具的数据的服务器报告。服务器可以产生各种的详细报告，并使用数据预测预期的将来网络性能。服务器作为代理程序。在该方式下，可以以层级的或分布式的方式构成服务器。这使服务器之间能够彼此报告测量结果，并使用其他代理程序或服务器进行测量。因此，服务器端的网络设计者可以使用所有采集到的和报告的数据，来确定诸如广播数据的合理性或不良分布的有问题的区域，或诸如午饭时间数据通信网络的网络活动增加的有问题时间。

[0087] 为了提高采集的测量数据的值，本发明的优选实施例确定远程代理程序的精确的（如果可能）或近似位置。如上所讨论的，这种情况下，可以由物理位置的用户控制、或由服务器远程地控制代理程序。在本发明的优选实施例中，代理程序使用网络布局的信息来确定一个近似位置。通过确定距离最近的网络装置，并将近似的位置与该网络装置的精确的、已知的位置相关联，来实现该功能。可以进一步使用航位推测法、点击地图上的位置、或使用全球定位系统、激光测距仪或其他现在或将来已知的装置来细化该近似位置。

[0088] 本发明的优选实施例不仅能够评估不同的硬件、固件、软件和配置设置的影响，还可以预测仅由硬件和固件、仅由软件、或仅由一个单独的配置设置产生的影响。本发明对这些影响进行的测量及进而调节经验预测的能力使得可以对数据通信网络进行优化。通过预测改变数据通信网络任一详细的方面所引起的影响，用户可以立即将新组件或设置改动的影响可视化。该能力使本领域普通技术人员的用户能够通过连续地作出改动并观察预测的改动，来设计一个优化的数据通信网络。

[0089] 现在根据三维的特定位置的环境知识和网络设计中使用的特定组件，我们将关注预测网络性能参数值的具体细节。

[0090] 根据本发明，以下影响性能的操作参数中的任何一个或所有的参数的函数来计算网络的通过量和带宽：发信机和接收机间的距离、物理环境指标、分组大小、误码及源编码方式、分组开销、调制技术、环境、干扰、信号强度、用户数，对于无线网络还有天线模式及类型、多径延迟、多径分量的数量、多径分量的到达角度、射频带宽、协议、编码方式及三维位置。为了预测网络连接的带宽和通过量，可以从所列的参数中计算合适的函数和常数，然后对于每一位置及所需时间进行预测。

[0091] 对于有线网络，可以从制造商的产品或装置说明书上，或者在特殊的实验室设置中测量得到通过量 (T) 或带宽 (BW)。另一情况下，可以通过分析或模拟计算，或使用许多已知的装置在现场测量得到 T 或 BW。这些方法可以用来确定诸如此处讨论的网络预测引擎中的 T 或 BW 的合适值。公式 1 是用来预测无线数据通信信道的通过量和带宽的公式。

$$[0092] T \text{ 或 } BW = C_1 [Ad + Bd^2 + C] + C_2 [D(RSSI) + E(RSSI)^2 + F] + C_3 \sum_{i=1}^M (G_i P_i + K_i)$$

[0093] (1)

[0094] 其中 T 是通过量，BW 是带宽，d 是发信机和接收机之间的距离。RSSI 是接收的信号强度密度，即接收机端信号的功率电平，可以是绝对值或者对数值。A、B、C、C₁、C₂、C₃、D、

E、F、 K_i 是常数,或者可以代表诸如物理环境类型、分组大小、调制、调制解调器类型,或其他与物理、电气或网络逻辑环境相关的参数的一个或多个物理或电气参数的线性或非线性函数。根据是否正在解的 T 或 BW,这些常数或函数取特定的函数值。值 M 可以表示来自特定的发信机的多径分量的特定数量,它由信道的传播分析确定;M 还可以表示来自多个发信机的重要的多径分量的组合,这里“重要”是取决于天线模式、物理环境距离以及其他本领域普通技术人员熟知的和以下将要解释的无线传播因素: G_i 和 P_i 的值分别代表 M 个不同的信号分量中每个信号的增益和功率电平,它们可能代表一个的多径分量或来自一个或多个辐射源的总的信号分量。 K_i 代表每一个 i 值的常数或函数的一个有限数。注意, G_i 、 P_i 和每个 K_i 可以是对数(如 dB)或绝对值。上面等式中的这些常数或函数可以取决于发信机和接收机的距离(d),其中 d 可以是直线距离或正在运行的发信机和接收机之间主信号路径的反射/衍射距离,还取决于三维环境、观察时间或观察间隔、噪声功率、分组大小、编码方式、用户数、调制类型、干扰、对于无线网络,还包括路径损耗、多径延迟、多径分量数、角度扩展、接收信号的强度及到达角度、调制带宽、以及网络中特别设备的其它物理、电气和逻辑设置,可以解析地计算、对预测初试值推测、或者使用特定位置环境的实际网络中的测量的性能与预测的性能之间的最佳匹配的方法来计算这些常数和函数。

[0095] 值得注意的是,如本发明所述并如等式(1)所示,可以以多种方式考虑多径延迟以及它对网络性能预测及设计的影响。首先,可以独立地考虑多个路径,将每一多径分量看作由每一发送装置到达,多径建模的方法现有技术中和在弗吉尼亚理工学院的 Rappaport 等人的许多研究工作中是已知的和得到解释的。另外,将总的笔径影响建模为具有最不利情况下的延迟(如传播距离 d),通过对通信网络建模的三维环境和特定建筑的长度的最大值、平均值和中值而近似得到。另外,可以通过预期每一发信机和接收机的天线模式,使用空间考虑,从而在计算延迟和(1)中的网络性能时,仅考虑在每一无线装置的主波束到达的多径情况。另外,可以仅考虑最强的一个、或两个、或有限数目的发信机的多径传播延迟,因而仅考虑发信机的一个有限集,如距接收机最近的、或具有一定标准、频率或功率设置的发信机,来发射多径能量并产生 RSSI 信,在计算延迟时仅考虑在这些有限数目的发信机的最强的多径、或平均值、最大值、中值或最大的几个多径分量。另外,如果只考虑有限数目的发信机,则诸如通过考虑物理环境来确定来自每一发信机的总多径延迟、或者使用特定的天线模式来确定最重要的多径分量的上述方法,可以用来建立多径的模型以及它对网络性能的影响。可以用类似的方法来对接收的信号强度、等式 1 中的 RSSI 建模。

[0096] 注意等式(1)中的常数或函数可以随便地分配初始预测值,然后凭经验地测量特定位置的环境中的特定网络,从而可以用最佳匹配(使用最小均方差或其他已知的方法)来分配(1)中的常数或函数的值。注意,在(1)中,距离(d)可以是根据由环境的三维的特定位置模型得到的真实物理距离,也可以实际代表一个相对的距离比率,其中两点间的物理距离参照一个方便的封闭自由空间基准距离(close-in free space reference distance),它通常用于传播预测,在 Rappaport,“Wireless Communications, Principle & Practice, Prentice-Hall, 1996 中有所介绍。

[0097] 网络数据的传播延迟是预测有线网络的,在有线网络中组件通过电线(光纤或金属电线)相互连接,通过将传播距离除以用来传送数据的装置中的电气、电磁或光信号的传播速度,得出传播延迟。例如,由于电缆的非传导特性影响到用于传送数据的光缆中

的光子,因此光缆中数据的速度为 $2*10^8$ 米 / 秒。该光子以光速在玻璃中移动,低于自由空间的传播速度。因此,如果光缆长 200 米,则传输延迟等于 $1*10^{-6}$ 秒。使用本发明的对完整网络建模的特定位置的方法,用户可以同时地将网络如环境中所配置的那样进行可视化,并看到三维环境中的电缆内的延迟以及延迟的预测或测得性能的显示。另外,使用鼠标或其他指示装置,或者使用下拉菜单,或者简单地通过观察本发明实施的显示装置,可以可视化或存储各种网络性能指标以及材料单中存储的数据和极间的参数。

[0098] 因为诸如蓝牙网络、IEEE802.11b、或无线 ATM 网络中的接入点的多个发信机源可能同时地发送,因此预测数据通信网络的无线部分的传播延迟比有线网络困难得多。而且,如上所述,多径干扰可以产生回音,回音能否被均衡取决于无线的接收机或发信机所使用的特定网络设备。但是,可以使用与用于有线网络相同的计算模型,并根据特定的多径分量,额外地考虑由多径分量产生的多径延迟和传播损耗或增益,如等式 (1) 所示。由于无线数据不总是以直线传播,且物体可以衍射、反射、吸收和散射无线能量,所以需要额外地考虑多径延迟。因此,为了计算数据通信网络中无线链路的传输延迟,发信机和接收机之间的距离除以无线通信链路的传播速度 ($3*10^8$ m/s),再加上由发信机到接收机之间非直线路径引入的多径延迟,如等式 2 所示。

$$[0099] T_p = \frac{d}{3*10^8 \text{ m/s}} + \tau_d \quad (2)$$

[0100] 其中 T_p 是传播延迟,单位为秒 ; d 是发信机和接收机之间的距离,单位为米 ; τ_d 是多径延迟,单位为秒。使用已知的射线跟踪技术或根据到达角度、或信号强度值、或根据三维环境的物理模型作出估计,来对多径延迟进行预测。

[0101] 使用传送的比特数,可以直接地由连接的带宽计算出传输延迟。为了计算传输延迟,将传送的比特数除以带宽。该计算对于有线和无线信道是相同的,但对于每一网络装置必须独自运算。公式如等式 3 所示。

$$[0102] T_t = \frac{\# \text{of bits}}{BW} \quad (3)$$

[0103] 其中 T_t 是传输延迟时间,单位为秒, #of bits 是传送或分组中的比特数, BW 是网络链路的带宽,单位为比特每秒。

[0104] 必须单独地对网络中每一装置计算处理延迟。处理延迟是网络装置用来处理、存储并转发应用于网络装置的数据比特所需的时间。另外,处理延迟可以是源在得到指示后,产生一个有意义的数据流所需要的时间。对于诸如电缆、天线或分路器的无源网络组件的不进行任何处理的装置,其处理延迟为 0。处理时间取决于分组大小、协议类型、操作系统、制造商、固件、硬件以及软件版本或配置、以及装置类型和装置的当前计算负载。为预测任何装置的处理延迟,必须使用一个考虑所有这些影响的模型。这些模型可以在现场测得、在测试程序中测得、通过从制造商得到或通过分析或模拟得到。

[0105] 排队延迟仅适用于从多用户或多连接发送数据的装置。装置的排队延迟是特定分组必须等待其他业务发送所需的时间量。由于它取决于特定装置所处理的业务量,所以预测特定连接的排队延迟是困难的。因此,使用装置的预期性能及 / 或预期业务负载的统计随机变量,可以预测排队延迟。另外,由装置技术指标定义的、或测量、模拟、计算所得的排队延迟时间的平均值、中值、最好或最差情况、或某些其他线性或非线性加权,可以用来计

算预测排队延迟时间。

[0106] 分组等待时间、回程时间和切换延迟时间都取决于传播、传输、处理和排队延迟时间。为了精确地预测分组等待时间和回程时间，必须将特定网络链路中所有网络装置的传播、传输、处理和排队延迟时间累加，并使用特定的业务类型、分组大小和协议类型进行调整。例如，分组等待时间是分组从发信机到接收机所需时间。为了预测特定链路的分组等待时间，必须使用特定的网络连接、业务类型和单程传输的分组的大小，来计算传播、传输、处理和排队延迟时间。

[0107] 回程时间的计算同此类似，只是包含分组发送和接收，以及确认分组的返回。因此，为预测回程时间，本发明考虑原始分组的大小、确认分组的大小、以及特定网络连接、协议及业务类型对传播、传输、处理和排队延迟的影响。

[0108] 切换延迟时间取决于涉及两个独立的无线接入点的传播、传输、处理和排队延迟有，所述无线接入点协调对其间的无线装置从一个接入点到另一接入点的控制的改变。这些延迟的产生是由于两接入点必须将数据来回传送，以成功完成切换。因此，切换延迟时间的预测与两接入点间的分组等待时间的预测类似。为预测切换延迟时间，本发明计算两接入点之间的链路的传播、传输、处理及排队延迟。然后本发明调整所需传输的特定数量，以及为成功地进行切换必须发送的数据的大小。

[0109] 在预测比特误码率时，本发明考虑有线和无线误码率。与有线网络相比，无线网络在复杂得多的电气环境中运行，它们的互联更难以建模，而且，在本发明之前，还没有在三维的特定位置的环境中，使用多个发信机、多个干扰源、噪声源和网络组件的特定的、精确的物理及电子模型，成功地对实际网络建模。本发明使用特定网络实施的环境的三维特定位置表示，其在实际世界的三维环境模型中考虑了有线与无线的网络，并考虑了所有辐射源及其天线系统的物理位置、电气指标及特性，这些网络装置可以看作有线和无线网络。如前所述，由于多径传播、多径传输及噪声的影响，使无线网络比有线网络更易产生数据错误。在实际设计时必须考虑无线传播及噪声比固定有线网络更加随机，这在本发明中建模。对于有线信道，比特误码率就是连接的电气、光和电磁参数的测量，可使用诸如高斯或泊松随机分布、或其他已知的或将要知道的明显的分布或算法的统计随机变量进行预测，这个随机变量包含了网络组件或网络子系统的平均、中值或典型性能。网络装置或子系统可以包括单独的无线节点，如路由器或交换机、或由不同路由器、集线器、交换机、无线接入点、以及与网络通信的无线客户机 / 服务器装置组成的完整的互联。网络可以时无线、有线、或者二者的组合。

[0110] 可以从装置的技术指标中得到装置或网络子系统的诸如帧误码率、比特误码率、或分组误码率的许多性能指标，以及诸如通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间的其他性能参数，也可以使用本发明分析地计算或将其输入本发明，或在作为使用本发明前测量的先验值。亦即，可以通过测量或由制造商提供的装置的技术指标来预测诸如上述所列出的操作的特定参数，即操作参数或设备参数。另外，可以由用户或研究工具现场地测量它们，以用于适合的建模并输入本发明。另外，可以根据装置的互联的某些分析模型来计算它们，从而可以计算性能模型和操作参数。本发明中对网络性能建模所需的统计随机变量可以取决于每一装置的诸如电压电平、

功率电平、阻抗、及操作频率电气、光的和电磁特性,或者可以使用对每一网络装置的典型观察(测量)值产生。例如,可将铜线建模为比特误码率为每发送 10^6 或 10^7 比特产生一个误码。一旦测量并对单独的初始时间特征化后,本发明可以重复对网络中的单独组件或一串组件建模,从而对网络性能建模。

[0111] 但是,与有线网络相比,无线网络的比特误码率参数取决于更多的因素。因此,本发明根据以下因素预测比特误码率:环境、发信机和接收机之间的距离、传输隔断物的数目和类型、时间、三维位置、分组大小、协议类型、调制、无线频率、无线频率带宽、编码方法、误码纠错技术、多径信号强度、到达角度以及多径延迟。结果,使用常数或函数对预测的比特误码率进行计算,将前面测得的或已知的信道的和网络设备的性能指标,转换为预期的比特误码率。等式4是用来直接地预测数据通信信道的比特误码率、帧误码率或分组误码率的公式,它与等式1相同。

$$[0112] \text{BER, PER, or FER} = C_1 [Ad + Bd^2 + C] + C_2 [D(RSSI) + I(RSSI)^2 + F]$$

[0113]

$$+ C_3 \sum_{i=1}^M (G_i P_i + K_i)$$

[0114] (4)

[0115] 其中 BER 是比特误码率,FER 是帧误码率,PER 是分组误码率,d 是发信机和接收机之间的距离。RSSI 是接收的信号强度密度,其中强度密度是接收机端信号的功率电平。A、B、C、C₁、C₂、C₃、D、E、F、K_i 是常数,或者具有不同值的线性和非线性函数,其中该值取决于计算 BER、FER、PER 中哪一个而定。M 值可以表示来自特定的发信机的多径分量的特定数量,M 也可以表示来自多个发信机的重要多径分量的组合的特定数量,这里“重要”是根据天线模式、物理环境距离以及本领域普通技术人员熟知的且在本发明中得到解释的其他无线传播因素。M 个 G_i 和 P_i 值中的每个值分别代表不同信号分量的增益和功率电平,它们可能代表来自一个或多个辐射源的单独的多径分量或总的信号分量,可以是功率的对数形式(如 dB)或线性值。变量 G_i、P_i 和每一个 K_i 值可以是对数形式(如 dB)或绝对值。上述等式中的这些常数或函数取决于发信机和接收机的距离(d),其中 d 可能是工作的发信机和接收机间的主信号通路的直线距离或反射/衍射距离。如对等式(1)的解释,该距离可以是直线距离,或可以由诸如三维环境的最大值、均值或中间长度的环境的总特性建模得到。同等式(1)一样,等式(4)把距离 d 看作实际物理距离,或者对封闭参照物的相对距离。

[0116] 可以通过比特误码率计算帧误码率、分组误码率和丢包率,或使用与上述的预测比特误码率相同的方法或者等式4直接地预测。本发明使用存储于特定位置的材料单中关于分组大小、帧大小以及使用协议的信息,并使用诸如在 Wireless Valley Communications 有限公司创建的 SitePlanner 中使用的特定位置的传播及干扰建模技术,来进行这些计算。

[0117] 在无线网络中,对所有的误码源的组合产生的影响进行建模极其困难。不仅调制和特定的误码以及信源编码技术影响无线网络性能,而且天线、多径、噪声、基于 IP 的语音或者无线 ATM 级联方法、特定无线调制解调器制造商的特定的调制解调器设计、用于连接有线和无线网络的特定 RF 分布系统都产生影响。可以进行初步测量和驱动测试,通过它使移动接收机运行,并在特定位置的环境中进行网络性能参数的测量,然后,应用等式1所述

的概念,有可能确定特定调制解调器制造商的最佳匹配。

[0118] 在本发明中,可以通过使用如下信息直接地计算带宽延迟积:任一或所有环境、三维的定位、协议类型、多径延迟、分组大小、无线频率、无线频率带宽、编码、多径分量的数目、强度及到达角度、信号强度、传播、传输、处理和排队延迟、比特误码率、分组误码率以及帧误码率。本发明还可以使用前面预测的值,间接地计算带宽延迟积。将特定网络装置的带宽与该装置引起的总延迟相乘,即得到带宽延迟积。因此,公式由等式 5 表示:

$$[0119] BWD = \frac{BW}{T_{net}} \quad (5)$$

[0120] 其中 BWD 是带宽延迟积, BW 是带宽, T_{net} 是引入的总延迟。

[0121] 本发明使用数据通信网络硬件的一致性的统计模型来预测分组抖动和服务质量 (QoS)。这两个性能标准都是网络可靠性的指标标准,提供一致的数据到达次数。因此为了计算连接的 QoS 和抖动,本发明使用包含以下信息的公式:任一或所有环境、三维位置、协议类型、多径延迟、分组大小、无线频率、无线频率带宽、编码、多径分量的数量、强度及到达角度、信号强度、传播、传送、处理和排队延迟、比特误码率、分组误码率、帧误码率、通过量、带宽以及带宽延迟积。公式包含常数或函数,它们一般地将上述变量与数据到达时间的变化相关联,特别地也能将上述变量与该连接的 QoS 和分组抖动相关联。本发明的实施例使用等式 (1) 或 (4) 来确定数据通信网络的 QoS 和分组抖动。

[0122] 根据本发明的优选实施例的预测不仅考虑了特定位置、场地布局、建筑物布局、地形特性和 RF 特性的影响,还考虑了网络中特定的网络硬件、固件及软件的影响。本发明使用前面讨论过的材料单,使得可以对网络的每个数据通信装置的设置和位置进行建模。本发明中还考虑了网络性能统计数据的预测将这些设置也考虑在内。这意味着不同传输级的协议(如 TCP 或 UDP)、不同的协议设置(如分组和缓冲大小)、数据带宽(以比特每秒为单位)、包括调制技术(如 QPSK 或 FHSS)物理层传送方法、编码方式(如 CCK 或网格编码)、传输媒介(如铜、光纤或无线连接)以及特定频段。此外还考虑到位置和无线特定标准,包括发信机-接收机距离(T-R 距离)、传播环境、干扰、路径损失、共享 RF 资源的用户数、多径延迟、多径分量数及它们的到达的强度和角度、相关功率占不相关功率的比例,以及 RF 带宽(单位 Hz)。所有这些变量得到的结果都可以映射到等式 (1) 或 (4) 的形式中。

[0123] 本发明的优选实施例的预测考虑了数据通信网络用户的特性。本发明将以特定位置的方式存储以下信息:用户提供到网络的数据通信业务的类型、用户数、使用模式。亦即,可以放置一些代表每个用户、或该用户提供的业务、或其中分配一组用户特性的区域的点。本发明在对网络性能标准进行预测时,将考虑这些点和用户业务的区域。这意味着,如果在一个接入点覆盖的区域内发现大量用户,则本发明可以精确地预测这些(或其他)条件的性能。正是因为数据通信网络的精确的、特定位置的模型,才使它成为可能。另外,由于本发明的优选实施例不断地跟踪用户的使用模式,所以服务器处理器可以使用测量结果,来建立等式 (1) 或 (4) 中的常数或函数的查询表。可以得出等式 (1) 或 (4) 中的常数或函数的不同值,来预测一天中不同时刻的网络性能。因为实际的网络有高峰使用时间和使用量低的平滑期,所以这对于数据通信网络预测模型是一个重要的方面。通过不断地跟踪数据通信网络的使用情况,本发明的优选实施例可以确定在某一时间网络是否有困难。

[0124] 在通信网络中,容量通常是理论最大可能容量的比例形式。不同用户、它们的传播

特性、消息大小,以及网络特性的影响都限制了各用户在网络上看到的容量。考虑一个网络具有作为瓶颈的特定组件或装置,它的最大速率为 T_{max} 比特每秒。这个组件限制了网络的最大的可能通过量。该容量代表装置或网络的容量或通过量(定义为 T 或容量),其中 $T(x, y, z, t) = T_{max}[\gamma]$,这里 γ 是一个比例因子,它将许多不同的复杂的物理、电气及逻辑条件融合于一个介于 0 和 1 之间的简单值。当 γ 为 0 时,没有容量。当 γ 为 1 时,拥有最大容量。注意, T 是网络中三维位置的函数,也是时间的函数。对于特定的用户,网络预测模型的目标是预测作为三维位置的函数和时间的函数的容量。因此 $T[x, y, z, t]$ 的范围是 0 在 T_{max} 之间。

[0125] 加在数据通信网络的负载影响每个用户的容量。用户数和每一用户的使用模式影响数据通信网络中每一用户的容量。本发明的优选实施例通过上述测量代理程序来测量瞬时的业务条件,使网络设计者可以看到网络负载对于重要网络统计数据的影响。可以通过诸如从网络设备观察内置于硬件或软件产品中的报告机制的其他方法来确定现场的容量测量结果。通过将特定容量结果的查询表生成为三维的特定位置的位置和一日中的时间的函数,本发明建立了基于测量结果的容量预测模型。这些测量结果用于建立本发明所述的容量的模型。

[0126] 本发明中,容量(或通过量)的比例因子是以下参数的函数:网络中瞬时的用户数、网络同时的最大用户数、网络用户使用的平均和最大的分组大小,以及调制解调器、或网络、或制造商、或协议特定的许多其他因素。而且,对于无线网络,多径传播影响、用户和无线接入点之间的传播距离以及接收信号电平都是限制容量的因素。另外,本发明中还使用融合了调制、均衡、脉冲噪声及其他因素的影响的常数和函数。

[0127] 因此,网络的容量和通过量可以通过下式建模:

[0128]

$$\text{容量} = C_1[Ad + Bd^2 + C] + C_2[D(RSSI) + E(RSSI)^2 + F] + C_3 \sum_{i=1} (G_i P_i + K_i)$$

[0129] (6)

[0130] 其中 (6) 的常数或函数具有与等式 (1) 和 (4) 中描述的相似的特性。另外,整个等式 (6) 可以乘以比例因子 K/U_{max} ,其中 K 式网络的瞬时用户数, U_{max} 表示可能的同时用户的最大数量。

[0131] 在无线数据通信网络中,切换延迟时间是潜在的问题。在无线数据网络中,当用户移出一个接入点的范围并进入另一个接入点的范围时,发生切换。在这种情况下,第一接入点必须将传输数据至无线用户的责任转交给第二接入点。如果两个接入点相距太远,则无线数据网络用户将没有足够时间从一个接入点切换至另一个接入点,因此文件传送失败。本发明使用取决于时间的特定位置的测量结果,并使它们适合于等式 (1)、(4) 或 (6),来预测哪里将会发生切换,以及由于两接入点处的网络设置不兼容引起切换失败的可能性。然后,可以使用表查询方法来确定切换时间的预测模型,该模型是空间位置和时间的函数。

[0132] 优化的概念是本发明的关键。本发明的优选实施例在使本领域普通技术人员通过比较测得的性能参数和本发明得到并存储的预测值,迅速提高数据通信网络的性能的方面是高效的。使用测量结果来改善预测的过程称为优化,并在图 6、图 7 和图 8 中对其进行描述。图 6 示出了仅使用测量结果来优化网络的方法 6,图 7 示出了仅使用预测数据,图 8 示出了使用测量结果和预测结果的组合。通过大量的、可视的或其他方法,比较各种特定位置

的位置和一天中特定时间的诸如下列性能标准的预测值和测量值来进行优化数据通信网络的过程：通过量、带宽、服务质量、比特误码率、分组误码率、帧误码率、丢包率、分组等待时间、回程时间、传播延迟、传输延迟、处理延迟、排队延迟、网络容量、分组抖动、带宽延迟积和切换延迟时间。通过改变网络中使用的硬件，或者改变那些在网络中控制每一装置的硬件、固件或软件的硬件的位置或配置，本领域普通技术人员能够改进网络性能。在网络的三维模型中改变网络的特定位置的设备后，通过重复性能标准的预测，可以实施并观察这些性能改进。继续该过程，本领域普通技术人员能够优化网络的性能，实现有效的数据通信网络。

[0133] 使用该信息，本发明的优选实施例可以为网络的升级及重新配置提供推荐方案。本发明还可以使用 SNMP 协议通信或其他协议，来实际地实施这些改变。亦即，网络的设计者可以通过预测来确定数据通信网络中的问题，其中使用数据通信网络中的所有数据通信的硬件的已知的测量数据和配置以及预期性能，可以计算数据通信网络的性能标准的预测。环境的确定位置的三维模型中存储并可视化地和数字化地显示预测的性能标准。然后，设计者可以使用本发明，通过按照本发明推荐的改动，或者做出自己的改动，来确定那些通过观察预测结果而显现的问题的解决方案。在模拟预测结果后，网络设计者可以指示本发明，按照设计者刚刚在预测使用的改动，升级设备的所有相关设置。然后设计者可以使用本发明的测量特征，利用工具来测量这些改动的结果。

[0134] 通过优选实施例描述了本发明后，在本领域普通技术将认识到本发明在所附权利要求的范围内，有多种变化形式。

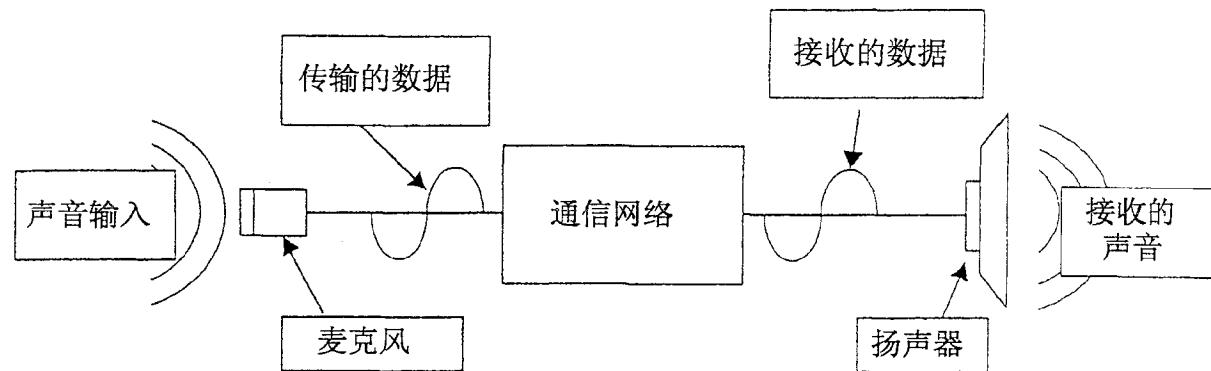


图 1

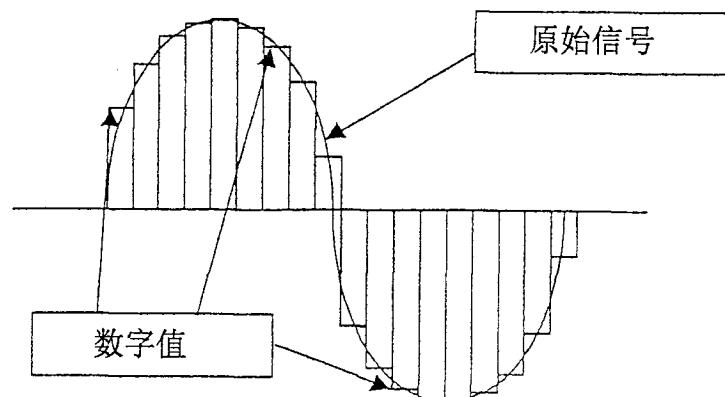


图 2

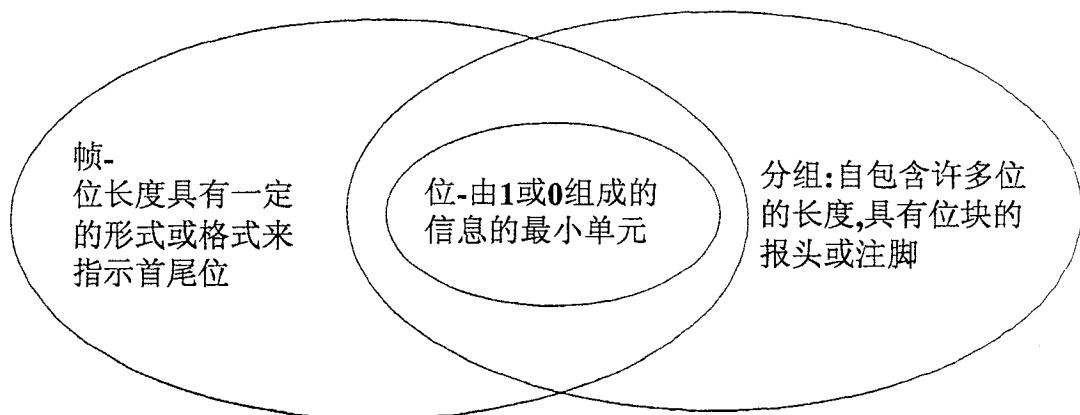


图 3

- 网络设备的名称及类型
 - 规格
 - 电子、光学、及电磁特定的操作参数
 - 软件、固件及硬件版本数及设置
 - 物理连接
 - 每一连接器的特定规格及设备

图 4

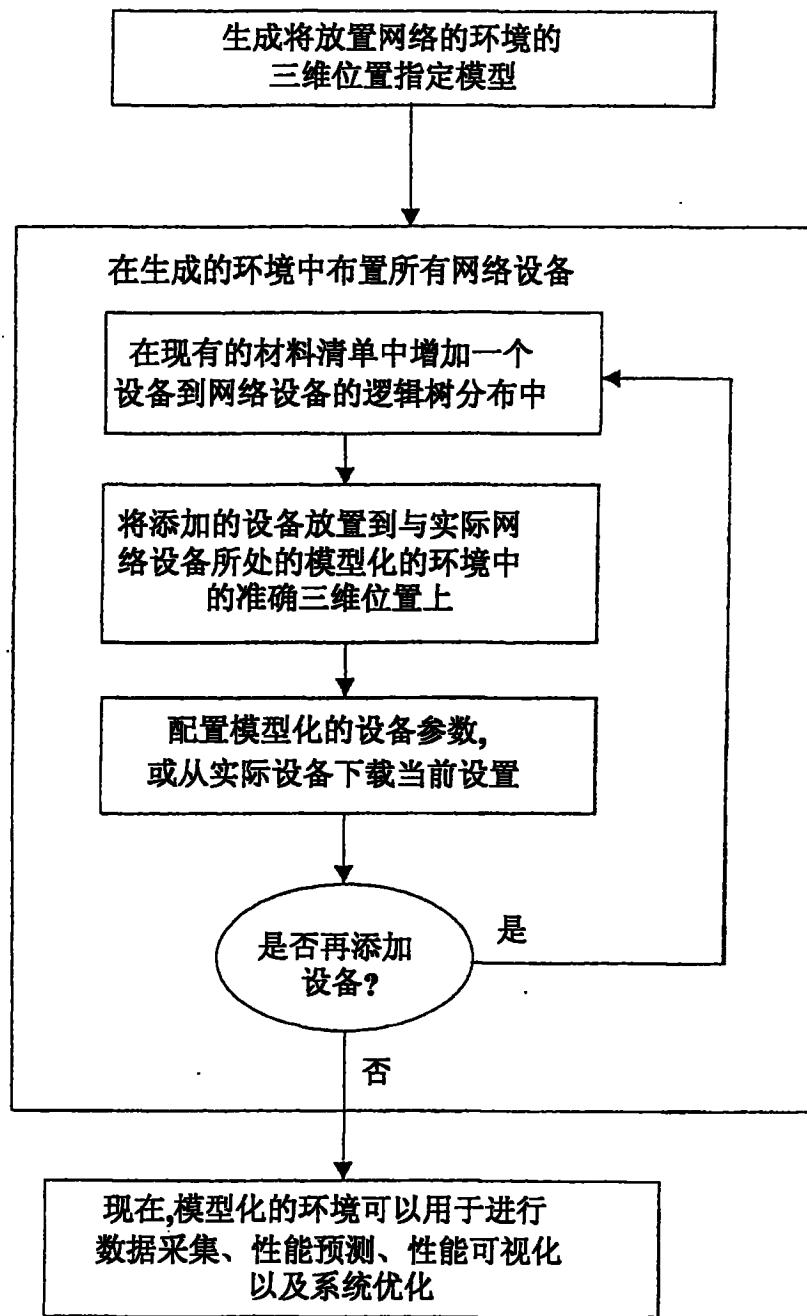


图 5

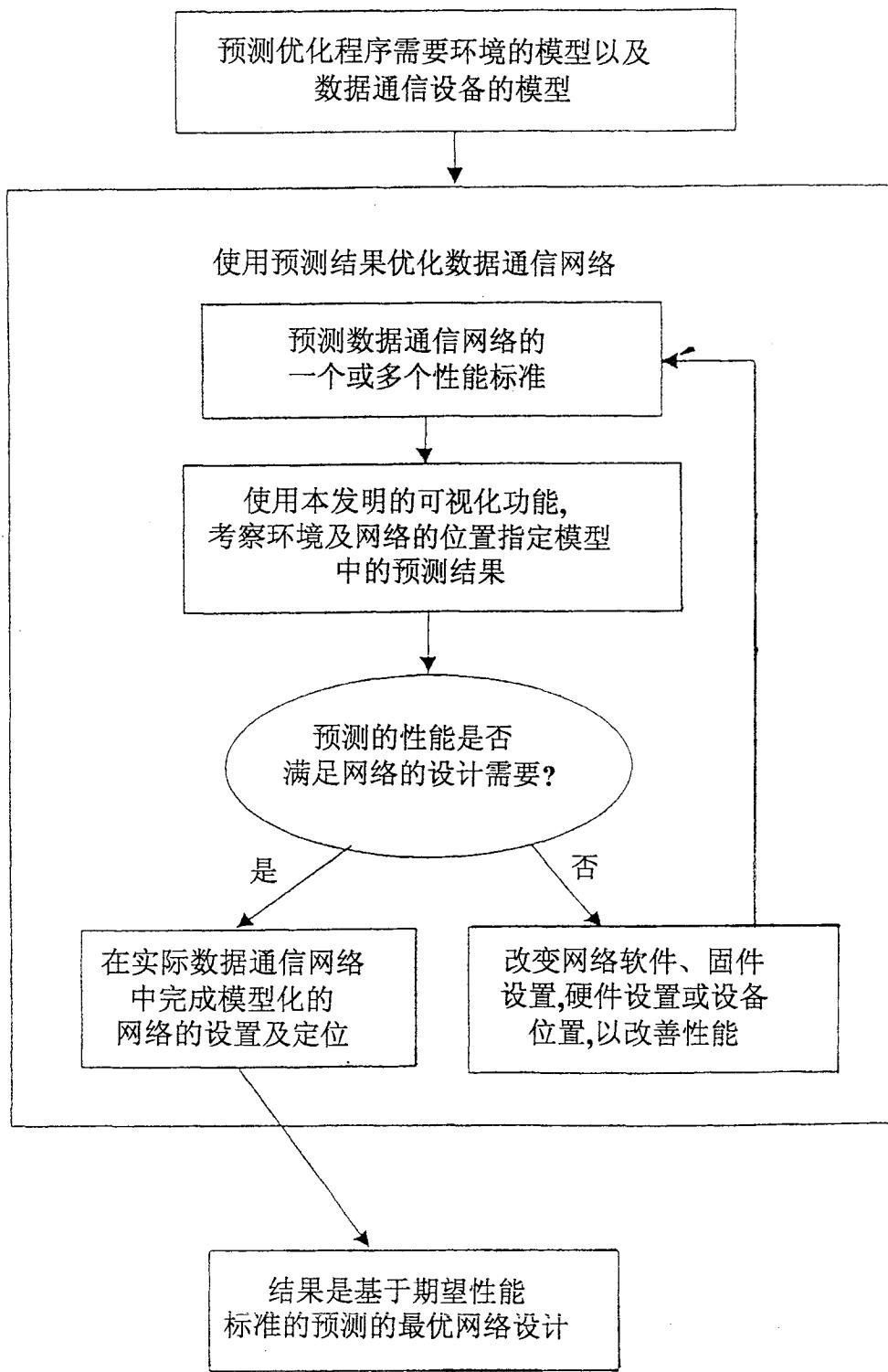


图 6

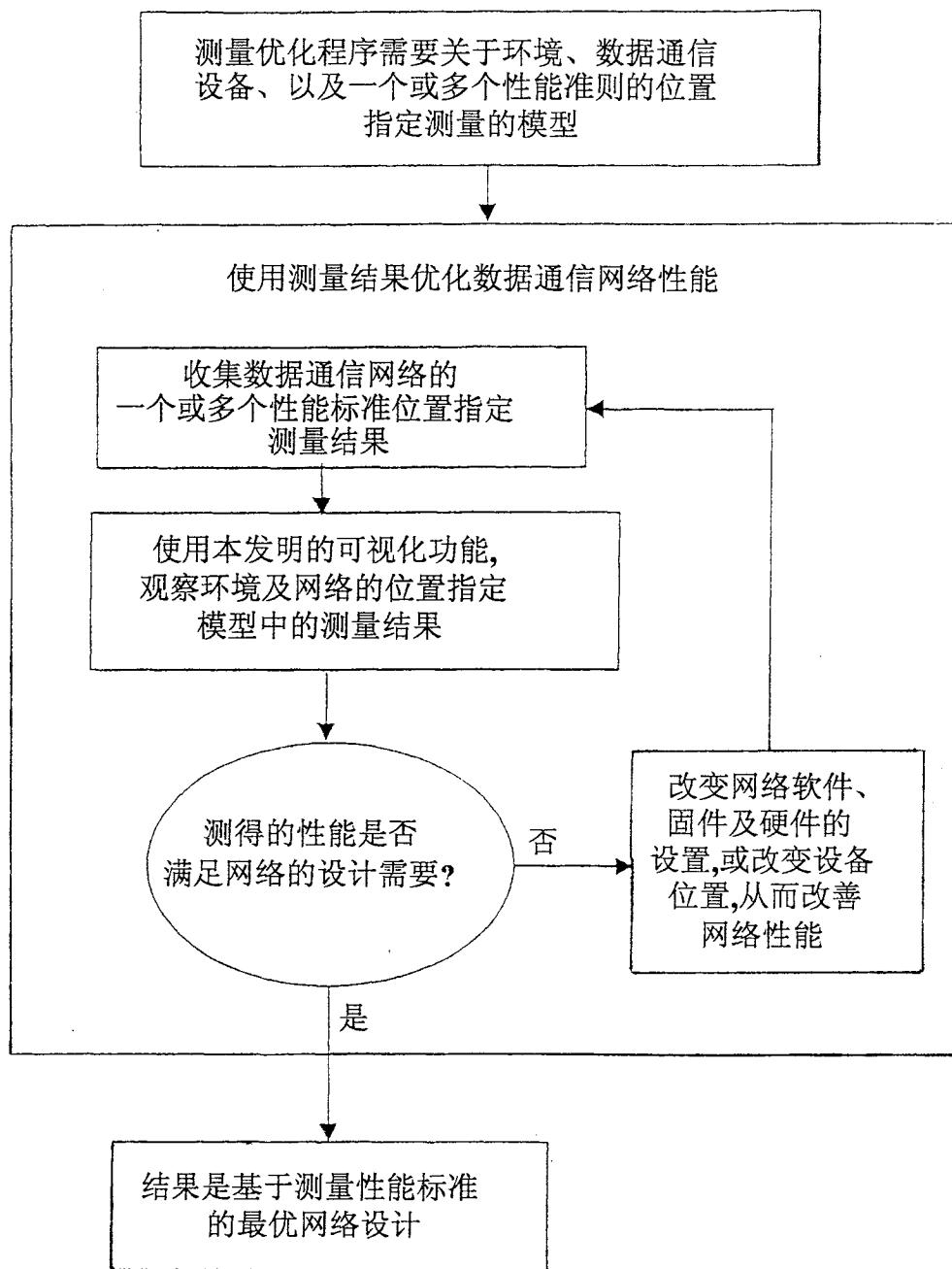


图 7

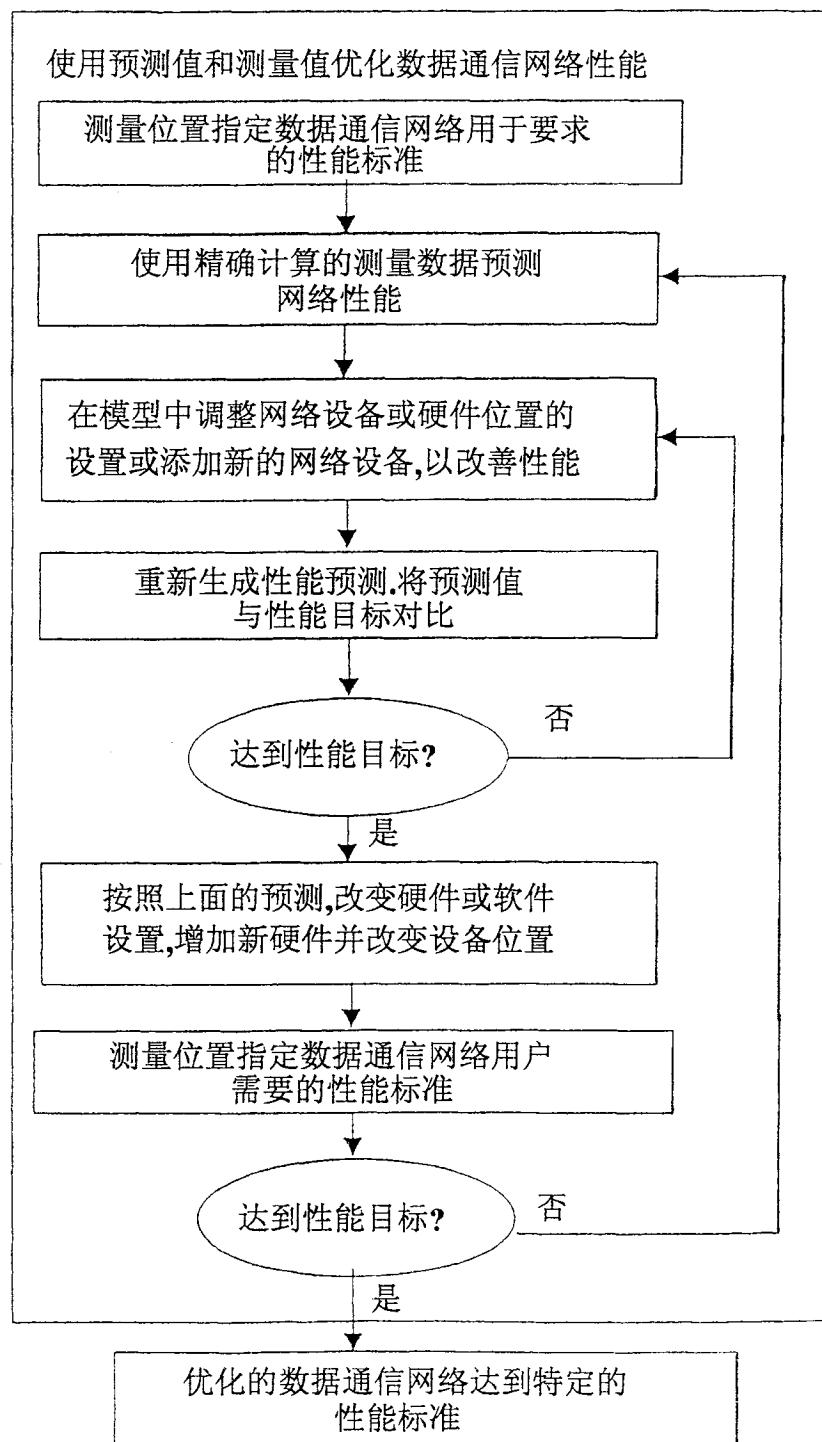


图 8