

# BACnet/IP 在广域网的建模仿真与传输性能分析

马雯雯,李方敏,周 宁

MA Wen-wen,LI Fang-min,ZHOU Ning

武汉理工大学 信息工程学院,武汉 430070

School of Information Engineering,Wuhan University of Technology,Wuhan 430070,China

E-mail:febestino@163.com

**MA Wen-wen,LI Fang-min,ZHOU Ning.Model and analysis of transmission performance of BACnet/IP wide area networking.Computer Engineering and Applications,2007,43(35):137-139.**

**Abstract:** BACnet is a standard data communication protocol for building automation and control systems.In this study,the performance of BACnet wide area networking is investigated using simulation models developed using NS\_2.This study evaluates the delay characteristics of BACnet/IP networks being used to deliver BACnet application services,and also evaluate the performance of BACnet wide area networks in terms of transmission delay for a varying number of nodes and message length.Analysis of the simulation results was used to identify the network parameters that influence the performance of BACnet application services and to develop recommendations that should be considered when designing and operating BACnet systems.

**Key words:** NS\_2;BACnet/IP;BACnet;simulation;wide area network

**摘 要:** BACnet 是楼宇自动控制系统通信协议。利用 NS\_2 对 BACnet/IP 进行了建模。分析了 BACnet 广域网的延迟特性,包括分析:节点数量,报文长度对网络传输延迟的影响,并对几种最常见的证实服务和非证实服务进行了模拟。分析结果可以用于调整 BACnet 应用层服务的网络参数,并且对设计和操作 BACnet 远程控制系统有指导意义。

**关键词:** NS\_2;BACnet/IP;BACnet;模拟;广域网

**文章编号:**1002-8331(2007)35-0137-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391.9

## 1 引言

BACnet 是由美国采暖、制冷和空调工程师协会(ASHRAE)研究和制定的关于楼宇自动控制系统(Building Automation System,BAS)的开放性通信协议,该协议定义了 18 种标准对象和属性,以及 6 大服务,使不同厂商的产品只要遵循 BACnet 协议,就可以实现楼宇控制设备之间的互操作。目前 BACnet 已经被许多标准组织认可,我国也是支持 BACnet 成为国际标准的国家之一。

Internet 是世界最大的互连网络,其应用已经渗透到各个领域。一旦建立基于 Internet 的 BACnet 网络,就可以充分利用 Internet 功能对楼宇自控系统进行管理。在 BACnet 协议的附录中规定了 BACnet 扩展协议:BACnet/IP,这使得 BACnet 变得更加开放,可以在国际互联网的任何一个地方接入 BACnet,为实现远程控制提供了基础。目前在美国 BACnet 协议已被广泛应用,并成功实现了跨州的远程控制。

Internet 技术在 BACnet 中的应用使得远程控制变成了可能,但是同时也产生了一些问题,由于传输环境发生了变化,必须调整应用层状态机中的一些参数来保证整个网络的实时性,而 BACnet 协议本身并没有对应用层状态机中的相关参数指定推荐值。因此本文对 BACnet/IP 进行建模,分析其在广域网上的

传输性能,通过分析结果来修改和调整 BACnet 应用层服务的网络参数,以保证整个系统的实时性。

## 2 仿真分析

### 2.1 仿真环境的建立

仿真环境包括拓扑结构模型和通信流量模型。不同的设置提供不同的网络环境和负荷,将直接影响到最终生成的文件中的数据结果。NS\_2 是一个离散事件模拟器。事件规定了系统状态的改变,状态的改变只在事件发生时进行。典型的事件包括分组到达,时钟超时等。仿真模型中的拓扑结构是以教育网的拓扑结构以及带宽等数据信息为基础建立的。模型中设定了 2 个 BACnet/IP 子网,经过 4 次路由到达远端的控制端。网络拓扑结构如图 1 所示。流量发生使用 NS\_2 中的 CBR\_traffic,给每一个 BACnet/IP 子网中的节点都绑定一个 UDP agent,再将每一个 UDP agent 上都绑定一个 CBR,CBR 按照一个确定的速率产生数据,数据的长度为一个固定值,具体数值如下文中的表格所示,每种服务的数据报大小不同,因此要根据实际应用中原报文的平均大小来确定本次模拟的数据报长度。

设网络的传输负荷为  $G$ 。

**基金项目:**武汉市科技公关计划(the Key Technologies R&D Program of Wuhan City,China under Grant No.20033001005-5-3);教育部重点项目(No.107130)。

**作者简介:**马雯雯(1982-),女,硕士研究生,研究方向:嵌入式系统与智能控制;李方敏(1968-),男,博士,教授,研究方向:计算机网络与通信、嵌入式系统。

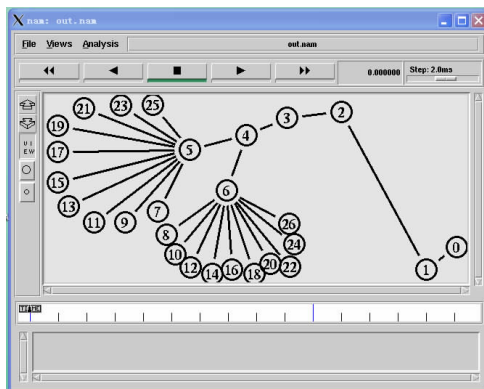


图1 网络拓扑结构图

$$G = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{T_i} \quad (1)$$

$B$  是数据传输速率(bit/s),  $N$  是节点数目,  $T_i$  是节点  $i$  产生报文的间隔,  $L_i$  是节点  $i$  所产生数据报的平均长度。  $G$  的值在 0 到 1 之间。越接近 1 表示网络传输的负荷越重。BACnet 报文的传输延迟直接与  $B$ 、 $N$ 、 $T_i$ 、 $L_i$  值的变化有关。

### 2.2 服务延迟的定义

BACnet 标准定义了两类服务: 证实服务和非证实服务。证实服务提供可靠性传输。例如, 读取一个测量值, 确认报警或事件等。为了实现超时重发的功能, 客户端设备必须具有计时功能, 用于记录发出报文在网络中的传输时间。这也是对 BACnet 广域网的应用层服务进行模拟的意义所在, 根据实际的网络传输情况进行模拟, 确定尽可能精确的计时器值, 可以最大限度的提高 BACnet 网络的实时性。

在 BACnet/IP 网络中, 将服务延迟定义为: 完成一次 BACnet 服务所耗去的时间。例如: BACnet 证实服务, 服务延迟是从 client 发出的 request 报文加入传送队列开始, 到一个从 server 发出的 reply 报文到达 client 的接收队列为止。对非证实报文来说, 服务延迟定义为: 从报文发送者将报文加入传送队列开始, 到报文完全到达接收者的接收队列为止。分析节点数目和报文长度对网络性能的影响是必须的。

本文主要对读属性服务, 非证实 COV 通告服务和证实 COV 通告服务, 以及原子写文件服务 4 种在 BACnet 中最常使用的服务进行模拟。其中, 读属性服务, 读多个属性服务, 证实 COV 通告服务, 原子写文件服务都为证实服务。

## 3 仿真结果分析

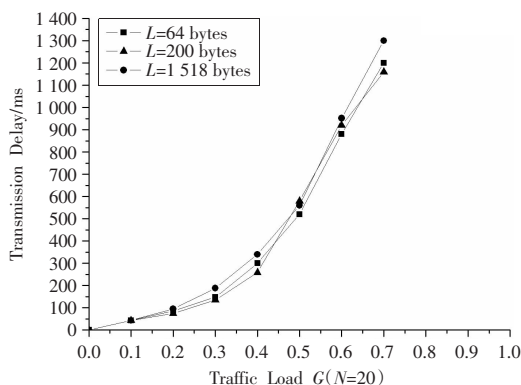
### 3.1 节点数、数据报的长度对传输延迟的影响

首先设置每个 BACnet/IP 子网的节点数目为 10, 报文长度从 64 byte 递增到 1 518 byte, 网络传输负荷从 0.1 到 0.9 递增。然后再将每个 BACnet/IP 子网的节点数目设置为 50, 以同样的方式测试传输延迟。具体的数据如表 1 所示。

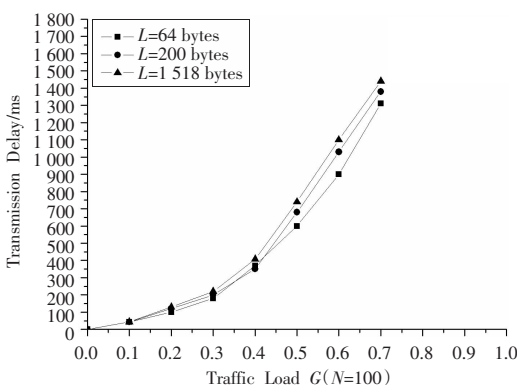
表 1 节点数目的多少、数据报的长度对传输延迟的影响

节点数	报文长度/bytes	报文产生间隔时间/ms	G 值
20	64	1.024 0~0.128 0	0.10~0.80
	200	3.200 0~0.363 6	0.10~0.88
	1 518	24.290 0~2.556 6	0.10~0.95
100	64	5.120 0~0.682 7	0.10~0.75
	200	16.000 0~1.904 8	0.10~0.84
	1 518	121.440 0~13.490 0	0.10~0.90

将得到的 trace 文件经过分析得出图形如图 2。



(a) 节点数目, 数据报长度对传输延迟的影响(N=20)



(b) 节点数目, 数据报长度对传输延迟的影响(N=100)

图 2 不同 NS-2 脚本运行后得到的数据图

图 2(a)、(b) 显示的是经过 NS-2 脚本运行后得到的数据。可以看出, 传输延迟随着节点数目的增加和数据报长度的增加而逐渐增大。BACnet/IP 子网的节点总数在 20 到 100 间变化时, 在相同的  $G$  值下, 节点数目对网络延迟的影响不大, 可以满足 BACnet 网络实时性的要求。但是在节点数目一定的情况下, 在  $G$  的值大于 0.4 时, 延迟时间增长幅度开始增大。因此在设计 BACnet/IP 网络时, 对于一些不是很紧急的报文, 可以限定其发送时间间隔, 以保证整个网络的  $G$  能经常在 0.4 以下, 确保网络的畅通, 以保证出现的紧急报文能即时送达。

### 3.2 BACnet 服务的传输仿真

#### 3.2.1 读属性服务

读属性服务和读多个属性的服务属于对象访问服务, 是证实服务。

在读属性服务的模拟中, 控制节点分别以一定的时间间隔向所有 BACnet/IP 子网的每个节点发送读属性请求, 子网收到请求后立即向控制节点发送一个 reply 报文。

表 2 读属性服务

数据长度 req/rep/bytes	节点数	控制节点产生报 文间隔时间/ms	G 值
72/72	10	0.115 2~0.016 5	0.10~0.70
	20	0.115 2~0.019 2	0.10~0.60
	50	0.115 2~0.019 2	0.10~0.60
	100	0.115 2~0.023 0	0.10~0.50

读属性服务模拟结果如图 3 所示。

从图 3 可以清楚的看出, 随着网络负载的增加, 读属性报文的延迟时间逐渐增大。当  $G < 0.3$  时, 整个网络的传输状态比较理想。也就是说, 若节点数为 20, 根据公式(1)的计算

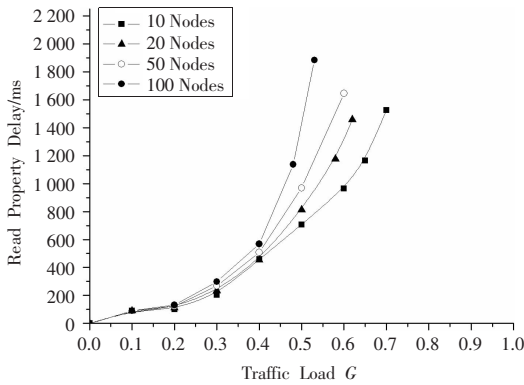


图3 读属性服务

方法,应将每个节点的读属性服务报文发送最小间隔限制在0.038 4 ms(优先级高的紧急报文例外),应用层状态机中的相应分段计时器值设置为 233 ms+目标节点处理报文所需时间。当节点数目分别为 10,50,100 时,计算方法相同。

3.2.2 非证实 COV 通告服务

非证实 COV 通告服务(Unconfirmed COV Notification)属于事件与报警服务,非证实 COV 通告服务用于向预定 COV 的客户通告 COV 事件。当 COV 事件发生时,就通知预定的客户。

将一个节点作为中心控制节点,当其他节点发生值改变时,向中心控制节点发出一个 COV 报告。中心节点收到后不发送 reply。

表3 非证实 COV 通告服务

数据长度/bytes	节点数	报文产生间隔时间/ms	G 值
72	10	0.518 4~0.074 1	0.10~0.70
	20	1.094 4~0.156 3	0.10~0.70
	50	2.822 4~0.403 2	0.10~0.70
	100	5.702 4~0.838 6	0.10~0.68

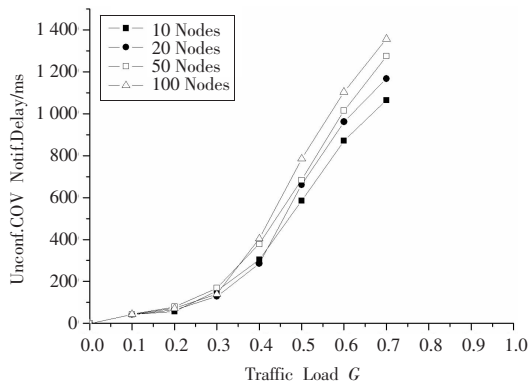


图4 非证实 COV 通告服务延迟

从图4可知,当 Traffic Load G>0.3 时,COV 通告报文的传输延迟开始逐渐增大。同读属性服务的分析方法相同,假设节点数目为 10,应给普通优先级的非证实 COV 通告报文设定最小发送间隔,为 0.172 8 ms。由于是非证实服务,所以不需要设置应用层中的分段计时器。

3.2.3 证实 COV 通告服务

证实 COV 通告服务(Unconfirmed COV Notification)属于事件与报警服务。

将一个节点作为中心控制节点,当其他节点发生值改变时,向中心控制节点发出一个 COV 报告。中心节点收到后向发出 COV 报告的节点回复一个 reply。

表4 证实 COV 通告服务

报文长度 request/reply/bytes	节点数	报文产生间隔时间/ms	G 值
72/72	10	1.036 8~0.159 5	0.10~0.65
	20	2.188 8~0.364 8	0.10~0.60
	50	5.644 8~1.026 3	0.10~0.55
	100	11.404 8~2.151 8	0.10~0.53

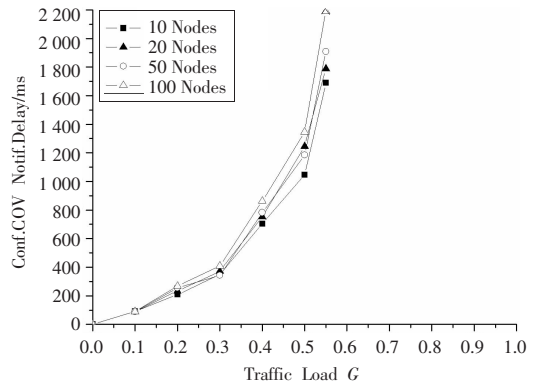


图5 证实 COV 通告服务延迟

图5显示的是证实 COV 通告服务报文在广域网中的传输延迟。从图4和图5的比较可以看到,证实服务对网络的要求更高,当 G=0.3 时,证实 COV 服务的传输延迟已经大于 300 ms。因此,当 N=10 时,应给普通优先级的 COV 报文设定发送间隔为 0.345 6 ms,并设置应用层状态机中的相应分段计时器值。同样,当节点数目发生变化时,发送间隔和状态机中的计时器值都发生相应变化。

3.2.4 原子写文件服务 Atomic Write File

原子写服务属于文件访问服务。在 BACnet 标准中,文件是一个比较抽象的概念,它指一个任意长度和意义的字节集合,它并不表示在服务器设备中的磁盘或其他存储设备的信息集合,而是对这些信息集合的抽象描述。BACnet 标准只定义了两个基本的文件访问服务:原子写文件服务(Atomic Write File)和原子读文件服务(Atomic Read File)。两个访问操作服务均具有“原子”特性,在执行过程中不可中断,也不可重入。

在模拟中,假定有 N 个节点,其余 N-1 个节点都向 1 个节点发送原子写文件服务的 request,这个节点收到 request 之后向发送报文的节点回送一个 reply。

表5 原子写文件服务

节点数	报文长度 req/reply/bytes	报文产生间隔时间/ms	G 值
10	1 526/72	11.505 6~1.494 2	0.10~0.77
20	1 526/72	24.289 6~3.238 6	0.10~0.75
50	1 526/72	62.641 6~8.352 2	0.10~0.70
80	1 526/72	100.994 0~13.466 0	0.10~0.75

图6显示的是 NS2 输出的原子写文件服务延迟数据经过分析之后绘成的曲线图。从图中可以看出,原子写文件服务对网络延迟的要求也比较高,要保证整个网络的实时性并且当出现紧急报文能及时送达,必须使 Traffic Load G 的值保持在 0.2,同上文几种服务相同,需要限制节点发送低优先级报文的时间间隔。

4 结论

楼宇自控网络需要实时的操作和控制。如果网络传输的延 (下转 182 页)