

一种基于固定路径的可靠数据传输机制

郑俊辉¹, 王 焱²

(1 西南民族大学 计算机科学与技术学院, 四川 成都 610041; 2 电子科技大学 计算机科学与工程学院, 四川 成都 610054)

摘 要: 分析了固定路径与传统的 TCP/IP 在传输数据方式不同的基础上, 提出了一种基于固定路径的可靠数据传输机制. 并利用着色 Petri 网(CPN)对该模型进行了分析与验证, 实验结果证明了该模型的可行性、正确性与完备性.

关键词: 固定路径; CPN; 可靠数据传输

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0177-04

A Mechanism of Reliable Data Transmission Based on Fixed Path

ZHENG Jun-hui¹, WANG Yan²

(1 School of Computer Science and Technology, SWUN, Chengdu 610041, China;

2 School of Computer Science and Engineering, UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract: After analysing the difference of data transmission mode between fixed route and traditional TCP/IP, a mechanism of reliable data transmission based on fixed route is proposed. The model for this mechanism as well as the analysis and validating are made using Colored Petri Net (CPN). The experimental results testify the feasibility, validity and maturity of this model.

Key words: fixed route; CPN; reliable data transmission

1 引言

目前, IPv4^[1] 和 IPv6^[2] 采用数据报结构, 而帧中继、X.25、ATM 和 MPLS 等采用虚电路结构. 虚电路结构的数据传输方式不同于数据报结构. 在虚电路结构网络中, 数据在传输的整个过程中, 传输路径固定不变.

近年来, 随着 Petri^[3] 网理论不断发展, 其应用范围也越来越广, Petri 网已经成为描述和研究具有异步、并发、分布、并行和非确定性的信息系统的强有力的工具. 其中着色 Petri 网(CPN)^[4] 在基本 Petri 网的基础上引入了颜色的概念, 对同类的个体赋予相同的颜色, 不同类的个体以不同的颜色加以区分, 这样, 一个库所中就可以包含几种对象, 或者表达一个复合条件, 一个变迁也可以表达几种不同的变化. 另外 token 也增加了颜色, 可以描述对象的

属性信息. 用这样的 Petri 网来进行建模, 可以大大降低模型的复杂性, 而又易于理解系统.

文中采用基于固定路径的可靠数据传输^[5-6] 机制进行建模, 并对整个机制进行动态分析, 从而验证该机制的正确性与可行性.

2 两种数据传输方式比较

TCP/IP 采用数据报方式进行数据传输. 数据报传输方式是一种面向无连接的数据传输方式, 工作过程类似于报文交换. 采用数据报方式传输时, 被传输的分组称为数据报. 数据报的前部增加地址信息的字段, 网络中的各个中间结点根据地址信息和一定的路由规则, 选择输出端口, 暂存和排队数据报, 并在传输媒体空闲时, 发往媒体乃至最终站点.

当一对站点之间需要传输多个数据报时, 由于每个数据报均被独立地传输和路由, 因此在网络中

可能会走不同的路径,具有不同的时间延迟,按序发送的多个数据报可能以不同的顺序达到终点.数据报方式的数据交换过程如图 1 所示. H_1 发送的两个数据包通过独自选路,经过两条不同的路径(箭头所示的两条路径)到达 H_2 ,因此可能失序.

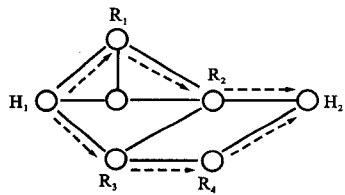


图 1 数据报方式的数据交换过程

与数据报方式不同,固定路径传输方式是面向连接的数据传输方式,工作过程类似于线路交换,不同之处在于此时的电路是逻辑通路.在数据发送前,首先建立源节点到目的节点之间的逻辑通路,站点发送的所有分组均沿着这条相同的逻辑通路传输,分组的收发顺序完全相同,而不会产生数据的失序问题.因此采用虚电路方式的数据交换过程如图 2 所示, H_1 与 H_2 之间的所有数据包沿着箭头所示路

径发送,并且按顺序到达.

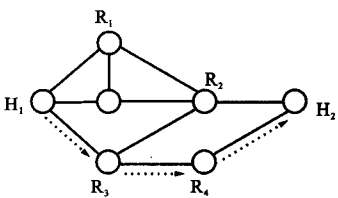


图 2 固定路径传输方式的数据交换过程

3 改进的滑动窗口协议

在 TCP/IP 协议中,主要是采用选择性重传滑动窗口机制保证端与端之间数据流传输的可靠性,即数据不乱序,不重复,也不丢失.鉴于固定路径数据传输方式的特点,采用改进的滑动窗口协议来实现可靠数据传输.改进的滑动窗口协议与传统的滑动窗口协议的主要不同在于:接收方可以判断出是否有包丢失,一旦有包丢失,则立即通知发送方重传,而不需要等到发送方重传定时器溢出才重传.表 1 描述了发送方与接收方的操作规则.

表 1 发送方与接收方的操作规则

operator	condition	operation
sender	Receive ACK_j when j is out of the sender window	Throw away ACK_j
	Receive ACK_j when j is in the sender window but $j < i$	$i = (j + 1) \bmod N$; Send $PACKET_i$
	Receive ACK_j when $j = i$	$i = i + 1 \bmod N$; Send $PACKET_i$
receiver	Receive $PACKET_j$ when j is out of the sender window	Throw away $PACKET_j$; Send $ACK_m, m = (i - 1) \bmod N$
	Receive $PACKET_j$ when j is in the sender window but $j < i$	Receive $PACKET_j$; Send $ACK_m, m = (i - 1) \bmod N$
	Receive $PACKET_j$ when $j = i$	Receive $PACKET_j$; Send ACK_m, m is the largest number that is conjoint with i in the receiver window; $i = (m + 1) \bmod N$

4 CPN 模型

发送窗口表示已经发出但尚未收到确认的包号,发送位置的多集是 Product 类型,表示发送窗口上界和下界.接收窗口表示可以接收的包号,接收位置的多集是表示接收状态,即接收位置的 token 元素表示接收窗口.

通过 CPN TOOLS 提供的仿真功能,可以对滑动窗口机制进行仿真.仿真运行的基本参数设定为:发送方的滑动窗口大小为 5,初始下界为 1,上界为 5;接受方滑动窗口大小为 4,下届为 1,上界为 4;设置发送者网络和接收者网络的丢包概率为 10%.在

建模时,与状态无关的操作无须考虑,例如包的数据按序交用户,释放相应缓冲区等操作.

基于固定路径的可靠数据传输机制 CPN 模型如图 3 所示.

基于固定路径的 CPN 模型描述如表 2 所示.变迁 t_1 和变迁 t_2 都没有保证函数.变迁的发生与否是根据信道上的 token 值决定的:如果信道 1 有数据,则说明发送方已经发出数据包,此时执行 t_2 使接收方开始接收数据;如果信道 2 有数据,则说明接收方已经发出确认包,此时执行 t_1 使发送方开始接收确认包并发出数据包.

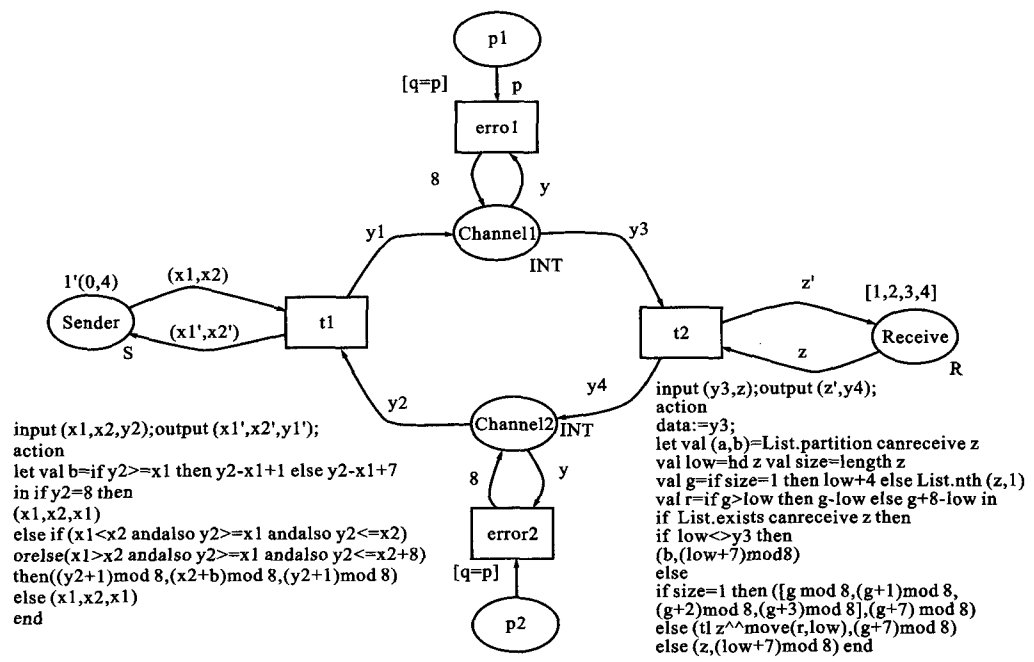


图 3 基于固定路径的可靠数据传输机制 CPN 模型

表 2 滑动窗口的 CPN 表

	发方	信道 1	信道 2	收方
位置	Sender	Channel1	Channel2	Receive
彩色集	$S_{\text{发}} = \{(i,j) \ 0 \leq i,j < 7\}$	$S_{\text{信道1}} = S_{\text{发}}$	$S_{\text{信道2}} = S_{\text{收}}$	$S_{\text{收}} = \{0,1,\dots,7\}$
初始标识	$I_{\text{发}} = (0,4)$	$I_{\text{信道1}} = 0$	$I_{\text{信道2}} = \Phi$	$I_{\text{收}} = \{1,2,3,4\}$
状态	发送方窗口的上、下界	信道中发送方的包	信道中接收方的包	接收方可以接收的包号
变迁	t_1	t_2	—	—

5 仿真分析

通过 CPN TOOLS 提供的仿真功能,可以对该模型进行仿真.针对本模型,按步执行 Simulation.这是一个无限执行过程,因为只要发方有数据要发,就可以不断的发.文中执行了 260 步,并生成了文本形式的仿真报告.

通过仿真运行说明改进的滑动窗口协议运行正确,用 CPN 模型描述的改进的滑动窗口协议不但能正确传送数据包,而且能正确地处理传输中丢失数据封装体、重复数据封装体等网络错误,具有局部恢复数据的能力.

6 状态空间分析

通过 CPN TOOLS 提供的状态空间分析可以对模型动态特性:有界性 (Boundedness)、回归性 (Home)、活性 (Liveness)以及公平性 (Fairness)一一

进行分析.

基于固定路径的可靠数据传输的 CPN 模型状态空间分析报告如下:

Statistics

State Space

Nodes: 16
Arcs: 16
Secs: 0
Status: Full

Scg Graph

Nodes: 1
Arcs: 0
Secs: 0

Home Properties

Home Markings: All

Liveness Properties

Dead Markings: None

Dead Transitions Instances:

New_Page'erro1 1

New_Page'error2 1

Live Transitions Instances:

New_Page't1 1

New_Page't2 1

Fairness Properties

New_Page'erro1 1 Fair

New_Page'error2 1 Fair

New_Page't1 1 Impartial

New_Page't2 1 Impartial

对以上状态空间的分析结果如下:

(1) 状态空间图共有个 16 个结点,16 条有向弧;

(2) 强连通图共有 1 个节点 0 条有向弧;

(3) 回归标识指从所有可达标识都能够到达的标识,该模型的标识都是回归标识.

(4) 死结点指没有变迁发生的结点,该模型没有死结点.

(5) 没有死变迁,这意味着每个变迁至少发生了一次.

(6) 公平性如下:变迁 erro1 和 erro2 是公平变

迁;变迁 t1 和 t2 是不公平变迁.

7 结束语

文中通过对基于固定路径的可靠数据传输机制进行建模研究,证明了该机制的正确性、可行性和完备性,能够保证网络数据正确、无误的传输.

参考文献:

- [1] Xu Z, Meng X, Wittbrodt C J, et al. IPv4 address allocation and the evolution of the BGP routing table[C]// Proceedings of IEEE Computer Communications Workshop (CCW). Arlington, 2003.
- [2] Robert Beverly, Karen Sollins, Arthur Berger. SVM learning of IP address structure for latency prediction[C]// Proceedings of the 2006 SIGCOMM workshop on Mining network data. Pisa, Italy, 2006:299-304.
- [3] 袁崇义. Petri 网原理[M]. 北京:北京电子工业出版社, 1998.
- [4] CPN Tools Help[EB/OL]. [2009-10-11]. <http://wiki.daimi.au.dk:8000/cpntools-help/cpntools-help.wiki>
- [5] 曹玉辉,王卫红,覃征,等. 基于有色 Petri 网的动态资源模型[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(8):106-109.
- [6] 喻莉,汪恒晶,戴声奎,等. 粒度区分和可调的无线流媒体可靠传输策略[J]. 微电子学与计算机, 2005, 22(8):121-123.

作者简介:

郑俊辉 男, (1977-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络与通信.

王焱 女, (1977-), 博士, 讲师. 研究方向为新型网络体系结构、网络服务质量.

(上接第 176 页)

- [3] 仲兴荣,刘家胜,黄贤武. 一种基于混沌猫映射的图像加密算法[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(12):131-134.
- [4] 吴旻升,王介生,刘慎权. 图像的排列变换[J]. 计算机学报, 1998, 21(6):514-519.
- [5] Marcel Ausloos, Michel Dirickx. The logistic map and the route to chaos[M]. Berlin:Springer, 2006.
- [6] 李鹏,田东平. 基于超混沌序列的数字图像加密算法

[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(3):4-7.

作者简介:

刘建华 男, (1963-). 研究方向为信息安全.

袁岁维 女, (1985-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理.

范九伦 男, (1964-), 博士生导师. 研究方向为模式识别、图像处理.