

即时消息业务中 SIMPLE 和 IMPS 的 Petri 网互通模型

张雨廷^{①③} 廖建新^① 戴忠^② 朱晓民^① 武威^③

^①(北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室 北京 100876)

^②(中国移动通信集团公司 北京 100032)

^③(中国移动通信有限公司研究院 北京 100053)

摘要: 该文提出新的 Petri 网耦合规则对即时消息在 SIMPLE 和 IMPS 之间的映射建立了互通 Petri 网模型, 通过对该模型进行严格的数学分析验证, 该模型满足正确的 Petri 网模型所应具备的所有特性, 证明了该互通映射的合理性以及可行性。

关键词: SIMPLE; IMPS; 即时消息; Petri 网

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2008)10-2481-05

An Instant Messaging Inter-working Model between SIMPLE and IMPS Based on Petri Nets

Zhang Yu-ting^{①③} Liao Jian-xin^① Dai Zhong^② Zhu Xiao-min^① Wu Wei^③

^①(State Key Lab of Networking and Switching Technology,

Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

^②(China Mobile Communications Corporation, Beijing 100032, China)

^③(Research Institute of China Mobile, Beijing 100053, China)

Abstract: The Instant Messaging inter-working model based on Petri nets is set up to verify the mapping between SIMPLE and IMPS by a new universal coupling criteria of Petri nets model. After the strict mathematical analysis and verification for the model, which prove that the model meets all properties of a correct Petri nets model, the mapping is proved to be reasonable and viable.

Key words: Session Initiation Protocol for Instant Message and Presence Leveraging Extensions (SIMPLE); Instant Messaging and Presence Services (IMPS); Instant messaging; Petri nets

1 引言

目前国际标准化组织关于即时消息 (Instant Messaging, IM) 的研究集中在三大标准中: SIMPLE (Session Initiation Protocol for Instant Message and Presence Leveraging Extensions), IMPS (Instant Messaging and Presence Services) 以及 XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)。此三大标准均适合在移动网中部署。如何在这三大标准之间实现互通, 成为即时消息业务发展亟需解决的难题。国际上关于互通的研究才刚开始, OMA (Open Mobile Alliance) 只是提出了 SIMPLE 与 IMPS 互通的简单的体系架构^[1], 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室和中国移动通信研究院在此基础上提出了即

时消息在两者之间的映射^[2], 另外, 尚未有人通过形式化描述的方法来研究它们之间的互通。本文通过新的耦合规则建立 Petri 网^[3]模型来验证该映射, 通过验证分析, 得出该映射的合理性及安全性, 最后根据 Petri 网模型, 实现了 IWF (Inter-working Function) 的原型系统, 证明了以上方法的可行性。

2 SIMPLE 与 IMPS 及其互通标准

SIMPLE 和 IMPS 均基于文献[4, 5]。SIMPLE 采用 SIP (Session Initiation Protocol) 协议作为发展其业务的基础, 因而在 IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem) 等网络中具有更大的灵活性^[6]。IMPS 采用专用的协议来承载业务, 业务部署迅速^[7, 8]。SIMPLE 和 IMPS 所提供的 IM 业务一般都具有如下特征: 一对一 IM, 临时群组 IM、预定义群组 IM。

目前国际标准化组织中只有 OMA 提出了 SIMPLE 和 IMPS 互通的体系架构 IWF^[1], 如图 1 所示。IWF 完成 SIMPLE 和 IMPS 之间的业务互通功能^[1]:

2007-03-14 收到, 2007-11-05 改回

国家杰出青年科学基金 (60525110), 国家 973 计划项目 (2007CB307100, 2007CB307103), 新世纪优秀人才支持计划 (NCET-04-0111), 电子信息产业发展基金项目 (基于 3G 的移动业务应用系统) 和国家高技术产业化信息化装备专项项目 (支持数据增值业务的移动智能网系统) 资助课题

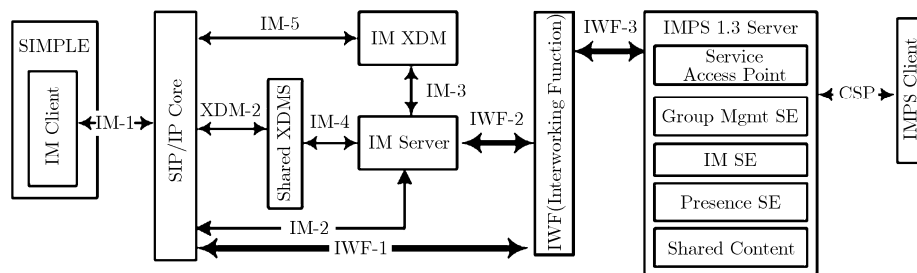


图1 OMA IWF 体系架构

(1)IWF-1 参考点(SIP/IP Core 和 IWF 之间): 此参考点基于 SIP, 实现在相关网元实体之间 Presence, 即时消息业务控制信令以及基于 SIP 的媒体信令的互通;

(2)IWF-2 参考点(IWF 和 IM Server 之间): 此参考点基于 MSRP (Message Session Relay Protocol)^[9]协议, 支持文本媒体类型的媒体流, 完成相应的即时消息传输;

(3)IWF-3 参考点(IWF 和 IMPS Server 之间): 此参考点基于 SSP (Server Server Protocol)^[8]协议, 实现在相关网元实体之间 Presence 以及即时消息业务的互通。

3 Petri 网建模

SIMPLE 和 IMPS 之间的互通主要在于协议之间的转换, 涉及到协议转换方法学。由于 Petri 网在描述互通的模型中具有它天然的优势^[10, 11], 所以本文采用文献[11]所提到协议转换方法学以及 Petri 网建模的方法对即时消息的互通进行 Petri 网建模。

3.1 原子协议功能的公共子集以及转换方式确定

据文献[2]描述的业务功能及业务映射和文献[11]提到的协议转换方法, 得到业务开展所需的原子协议功能公共子集。表1为 IWF-1 和 IWF-3 之间映射的原子协议功能公共子集。

表1包括补充的原子协议功能: IWF-1 的消息状态报告。IWF-2 和 IWF-3 之间映射的原子协议功能公共子集也有相应的对应关系, 即上行即时消息、下行即时消息以及消

表1 IWF-1 和 IWF-3 之间的原子协议对应关系表

IWF-1 原子协议功能	IWF-3 原子协议功能
上行即时消息	下行即时消息
下行即时消息	上行即时消息
用户发起建立 IM 会话的请求	服务器邀请用户加入群组聊天
服务器发起建立 IM 会话的请求	向服务器邀请用户加入群组聊天的请求
用户主动加入 IM 会话	用户主动加入群组聊天
退出 IM 会话	退出群组聊天
服务器发起的离开群组会话	服务器发起的离开群组聊天
消息状态报告	消息状态报告

息状态报告在 IWF-2 和 IWF-3 之间相互对应。

据文献[2]的业务映射, 不需在多种协议之间进行协议转换, 因此采用直接转换的方式。

3.2 Petri 网描述

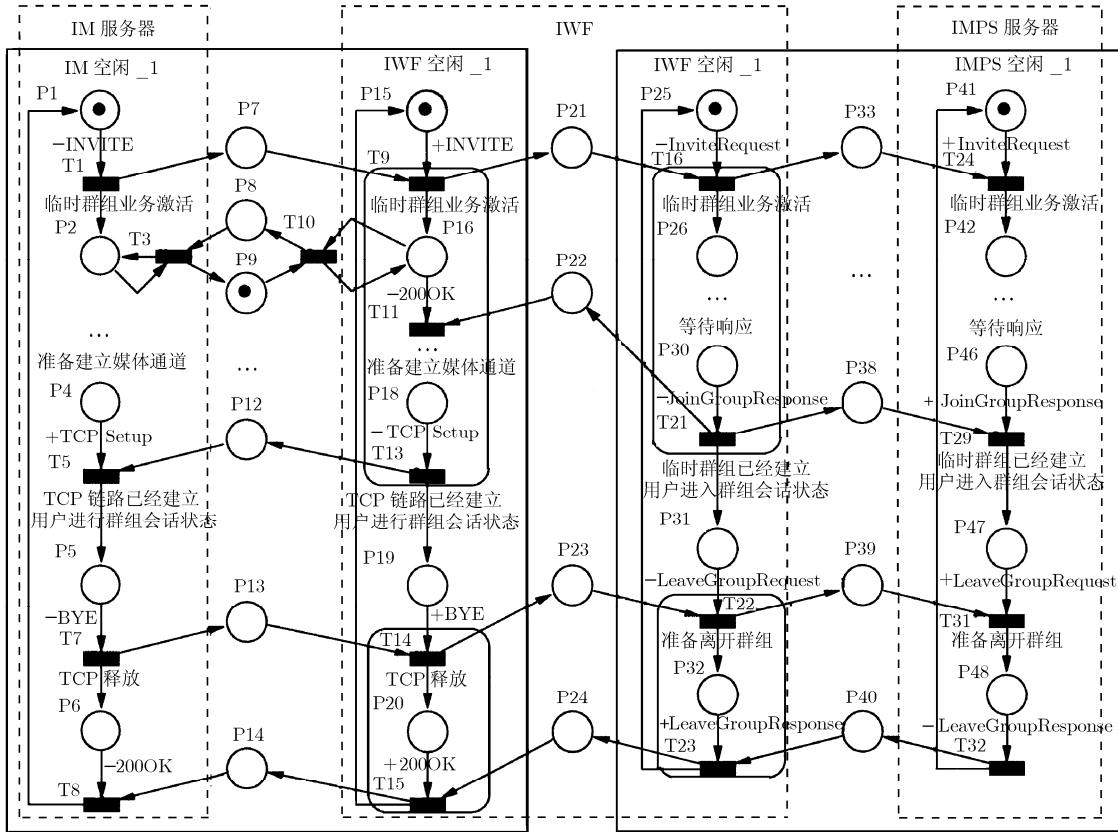
限于篇幅, 本文只描述最为复杂的业务场景——临时群组即时消息的 Petri 网模型。该 Petri 网模型涉及到不同的参考点之间消息信令相互配合的情况。本节先对表1所示的临时群组的建立和释放进行 Petri 网建模, 然后对 IWF-2 和 IWF-3 之间所示的传递即时消息进行 Petri 网建模, 最后将各个参考点中相关的 Petri 网耦合在一起, 形成临时群组即时消息的 Petri 网模型。本文采用 Visual Object Net++^[12]对即时消息业务进行 Petri 网建模。

3.2.1 临时群组的建立和释放 图2描述的是从 IM 服务器发起的会话的建立和释放的过程, 由两个子图和耦合此两个子图的库所及其有向弧组成。每一个变迁的名字前面的“+”表示该变迁在描述所示的弧的方向上接收到消息, “-”表示该变迁在描述所示的弧的方向上发送相应的消息^[11]。

图2(a)是对 IWF-1 的 Petri 网描述, 圆角方框内部的变迁及其可能发生的变迁序列的集合分别代表该参考点的原子协议功能: 服务器发起建立 IM 会话的请求以及退出 IM 会话。该图中部的 8 个库所(P7, P8, P10, P11, P12, P13, P14)代表的是 IM 服务器与 IWF 之间的外部通道的状态元素。图2(b)则是对相应的 IWF-3 的 Petri 网描述。根据表1以及文献[11]提出的耦合原则, 将图2(a)和图2(b)耦合成一个即时消息业务临时群组建立和释放的 Petri 网模型。其中 P21, P22, P23 以及 P24 这 4 个库所代表 IWF 内部通道的状态元素。

3.2.2 传递即时消息 传递即时消息是 IM 业务中最基本的业务功能。在此只以 MSRP 和 SSP 之间 IM 互通为例来建模, 图3(c)以及图3(d)描述的模型是由 IMPS 用户发起的消息的传递的过程(该图为耦合后的模型), 由 SIMPLE 用户发起的消息传递的 Petri 网模型与此类似, 在图3的库所 P49 和变迁 T34 处作了省略。

3.2.3 耦合规则以及耦合后的模型 SIMPLE 模式中, 控制消息通过 SIP 方法实现, 媒体消息通过 MSRP 实现, 存在协议之间互相协作的情况, 即 IWF-1 与 IWF-3 之间的数据



(a) 临时群组建立和释放的 IWF-1 的 Petri 网描述 (b) 临时群组建立和释放的 IWF-3 的 Petri 网描述

图 2 临时群组建立和释放的 Petri 网协议转换模型

流和 IWF-2 与 IWF-3 之间的数据流的相互配合,因此 Petri 网模型需要耦合。本文以 SIMPLE 用户发起以及释放临时群组即时消息、群组内传递即时消息为例进行 Petri 网的耦合。耦合的 Petri 网模型如图 3 所示。

本文参考了文献[11]的耦合规则,但并没完全采纳该规则,而是以新的规则进行耦合:

(1)新增变迁,将不同参考点之间的模型进行耦合,如变迁 T6 以及 T30,此外,和耦合变迁相连的库所的托肯值清 0,即将库所 P49 以及库所 P75 的托肯初始值改为 0;

(2)将业务的控制消息和媒体消息分开,在此将没有区分控制消息和媒体消息的 SSP 协议的此两部分在同一参考点中分开,如将 P71, T45, P72, T46 所组成的 IWF 网关处理 SSP 协议的传递即时消息部分与建立临时群组及释放临时群组部分分开。

根据该耦合规则,耦合点有 4 处: P5, T6 以及他们所构成的有向弧,此耦合点实现了 SIMPLE 用户通过媒体通道发送即时消息; P47, T30 以及他们所构成的有向弧,此耦合点实现了 IMPS 用户通过媒体消息发送即时消息;库所 P19 及相关有向弧;库所 P31 及相关有向弧。最后两处实现了 IWF 网关对控制消息以及媒体消息的分别处理。本耦合规则实现了业务串行以及并行执行的耦合。此类耦合点是不同的参考点之间消息信令需要相互配合的部分,存在特定的

状态以及不同的事件,因此耦合点是软件实现时需要特别注意的地方。

4 模型特性分析

本文采用仿真分析、可达性分析及不变量分析相结合的方法对所建立的 Petri 网模型进行分析。仿真分析通过 Visual Object NET++ 及 PIPE2(Platform Independent Petri net Editor 2)^[13]完成,不变量分析由 PIPE2 完成。一个正确的 Petri 网协议转换模型,应满足以下的特性^[11]:有界性、无冲突、无冲撞、无死锁、无活锁、回归性及 S-不变量。

通过 Visual Object Net++以及 PIPE2 对图 3 所示的耦合的 Petri 网模型进行仿真分析。从其结构属性的分析可知,该模型是简单网,但不是单纯网。从模型的状态空间的分析可知,该模型是安全的,即 1-有界的,并且是活的,无冲撞,无死锁以及活锁。

该模型存在 4 个冲突。即在可达标识 $M^1(P2=P9=P16=P22=P31=P38=P46=P53=P57=P61=P63=P67=P71=1$, 其余库所的托肯数为 0)时, T10 和 T11 冲突,在可达标识 $M^2(P2=P8=P10=P17=P31=P38=P46=P53=P57=P61=P63=P67=P71=1$ 其余库所的托肯数为 0)时, T2 和 T3 冲突,在可达标识 $M^3(P5=P8=P19=P31=P38=P46=P53=$

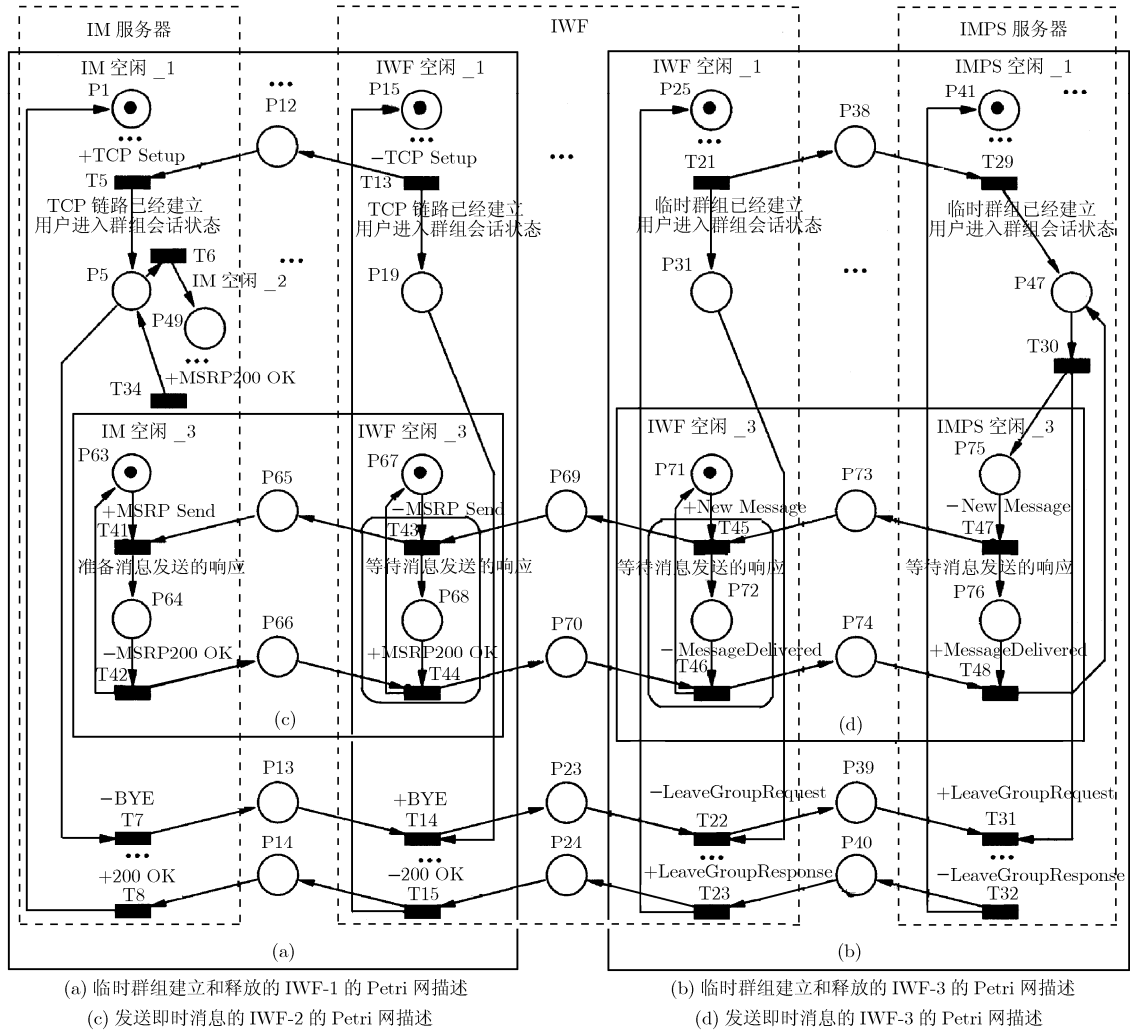


图3 耦合的即时消息业务 Petri 网模型

P57=P61=P63=P67= P71=1, 其余库所的托肯数为 0)时, T6 和 T7 冲突, 在可达标识 $M^4(P6=P8=P20=P32=P39=P47=P53=P57=P61=P63=P67=P71=1$, 其余库所的托肯数为 0)时, T30 和 T31 冲突。此模型是由经过解决初始模型(初始模型中没有 P9 及其相关有向弧、P2 至 T3 以及 T10 至 P16 的有向弧)所发现的问题以后而成的修正 Petri 模型耦合而成的, 在初始模型中存在以上 4 个冲突中的 3 个: T10 和 T11 之间的冲突, T6 和 T7 之间的冲突以及 T30 和 T31 之间的冲突。但是在初始模型中, T10 和 T11 之间的冲突会导致 P2 内托肯的累积, 而且导致 T2, T11 无法获得发生权及系统出现活锁。在修正模型中, 参考文献[11]所提出的方法, 引入补库所 P9 并增加相关的有向弧, 包括 P2 至 T3 以及 T10 至 P16 的有向弧。经过修正后, 不再有托肯的累积以及活锁, T2, T11 也获得了发生权, 但产生了 M^1 以及 M^2 下的冲突, 不过此时的冲突已经不是严格意义上的冲突, 因为在此种冲突下的任何一个变迁发生以后, 整个 Petri 网经过若干变迁的发生后, 冲突的其他变迁仍能获得发生权。本文认为这仍然符合一个正确 Petri 网的原理要求^[14]。

另外两个冲突是和耦合点相关的冲突点。经过耦合规则耦合后, 这些冲突点都不是严格意义上的冲突点。从 Petri 网的仿真情况来看, 整个 Petri 网能够很好地指导现实系统的开发。

用 PIPE2 对图 3 所示的模型进行不变量分析, 限于篇幅, 没有列出输出结果。该 Petri 网模型被非负 T-不变量所覆盖, 从结构上保证了该 Petri 网的有界性、活性以及回归性。由非负 S-不变量得出的 S-不变量的等式符合所设计的 IM 服务器与 IWF 之间的映射的预定执行结果, 满足协议转换模型对 S-不变量的要求。由于 PIPE2 所输出的只是 S-不变量的基, 由该 Petri 网模型的不变量的线性组合还可构成其它的 S-不变量。测试结果表明, 线性组合构成的 S-不变量也满足协议转换模型对 S-不变量的要求。

由以上分析可知, 该 Petri 网模型符合一个正确的 Petri 网所应具有的所有特性, 因此对于临时群组即时消息所提出的映射是合理的、安全的。

5 IWF 的实现

根据上述 Petri 网模型对系统实现的指导, 本文实现了

IWF 系统。文献[2]详细描述了该系统,由其运行情况可知,IM 在 SIMPLE 和 IMPS 之间的映射在 IWF 中得到了很好的实现。

6 结束语

本文提出新的 Petri 网耦合规则,按照协议转换方法学的步骤建立了 Petri 网模型来验证即时消息在 SIMPLE 和 IMPS 之间的映射。通过严格的数学分析验证,该 Petri 模型为一个正确的 Petri 模型,从而证明了该映射的合理性以及可行性。本文所提出的耦合规则丰富了 Petri 网在协议转换方法学中的应用。

IM 业务的标准或实现方案很多,但 IM 的概念大体相同,所以本文所提出的互通模型可为其他标准或实现方案的互通提供一定的参考,如 SIMPLE 和 XMPP 之间 IM 的互通。

参考文献

- [1] Open Mobile Alliance, IMPS-SIP/SIMPLE Interworking Function Architecture, Draft Version 0.2, 20 May 2005.
- [2] Zhang Yu-ting, Liao Jian-xin, Zhu Xiao-min, Wu Wei, and Jun Ma. Inter-working between SIMPLE and IMPS. *Computer Standards & Interfaces*, 2007, 29(5): 584-600.
- [3] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005,第1章-第4章.
Yuan Chong-Yi. Petri Theory and Application[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005, Chapter 1-4.
- [4] Day M, Rosenberg J, and Sugano H. A Model for Presence and Instant Messaging. RFC 2778, February 2000.
- [5] Day M, Aggarwal S, Mohr G, and Vincent J. Instant Messaging/Presence Protocol Requirements. RFC 2779, February 2000.
- [6] Open Mobile Alliance, Instant Messaging using SIMPLE, Draft Version 1.0, 29 Nov 2006.
- [7] Open Mobile Alliance, IMPS Architecture, Candidate Version 1.3, 11 Oct 2005.
- [8] Open Mobile Alliance, Server-Server Protocol Semantics, Candidate Version 1.3, 11 Oct. 2005.
- [9] Campbell B, Mahy R, and Jennings C. The Message Session Relay Protocol, draft-ietf-simple-message-sessions-15(work in progress), June 2006.
- [10] 罗军舟,沈俊,顾冠群.从 Petri 网到形式描述技术和协议工程.软件学报,2000,11(5):606-615.
Luo Jun-zhou, Shen Jun, and Gu Guan-qun. From Petri nets to formal description techniques and protocol engineering. *Journal of Software*, 2000, 11(5): 606-615.
- [11] Zhu Xiaomin, Liao Jianxin, and Chen Junliang. Petri net model of protocol conversion for CTF service: Its universal coupling criteria and property analysis. *International Journal of Communication Systems*, 2007, 20(5): 533-551.
- [12] Visual Object Net++ Homepage[DB/OL], http://www.systemtechnik.tu-ilmeneau.de/~drath/visual_E.htm, Jun. 2003.
- [13] Platform Independent Petri Net Editor 2 Homepage, <http://pipe2.sourceforge.net/>, May 2003.
- [14] 吴时霖,王利.基于高级 Petri 网的 OSI 网络协议描述与验证[J].计算机学报,1994,17(8):588-595.
Wu Shilin and Wang Li. Specification and verification of OSI network protocol based on high-level Petri nets[J]. *Chinese Journal of Computers*, 1994, 17(8): 588-595.

张雨廷: 男,1979年生,博士,研究移动增值业务平台、3G 通信网络智能。

廖建新: 男,1965年生,教授,博士生导师,主要研究方向为下一代网络、智能网。

戴忠: 男,1968年生,高级工程师,研究方向为移动通信网。

朱晓民: 男,1974年生,博士,副研究员,研究方向为智能网、下一代网络、3G 核心网。

武威: 男,1977年生,博士,高级工程师,研究方向为下一代网络、IMS 业务。