基于 Jini 的 CAN 总线自适应车载网络的设计与研究*

赵俊杰,吴 卿,胡维华*
(杭州电子科技大学 计算机学院,浙江 杭州 310018)

摘要:汽车电子网络化作为汽车领域发展的重要趋势,研究如何构建高效的汽车电子网络对于新一代汽车性能的提高具有重大的影响。针对这一问题,将基于 Java 的新型构建分布式系统技术(Jini)与控制器局域网(CAN)总线技术相结合,在传统 CAN 总线车载网络基础上设计了一个基于 Jini 的 CAN 总线自适应车载网络模型,并对其关键技术的实现进行了详细阐述。研究结果表明,利用 Jini 技术可以快速配置分布式计算环境,灵活地增加相应的实体节点,使汽车电子网络的容错性、自配置性、灵活性等自适应特征得到加强。

关键词:Jini 技术;控制器局域网总线;自适应性;车载网络
中图分类号:TP336 **文献标识码**:A **文章编号**:1001 - 4551(2010)10 - 0112 - 04

Design and research of Jini-based adaptive vehicle's CAN bus network

ZHAO Jun-jie, WU Qing, HU Wei-hua
(College of Computer, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Automotive electronic network is the important trend of the development of automotive, and how to research the efficient automotive electronic network, which has a significant effect on the performance of the new generation automotive. Aiming at this problem, Java Intelligent Network Infrastructure(Jini) technology was combined with controller area network(CAN) bus technology. Based on the traditional CAN bus vehicle network, a Jini-based CAN bus self-adaptive vehicle network model was designed, and its key technology was described in detail. The results show that Jini technology can be used to quickly configure distributed computing environment and to flexibly increase the corresponding physical node, which improves the fault tolerance, self-configuration, flexibility and other self-adaptive features of the vehicle network.

Key words: Jini technology; controller area network(CAN) bus; adaptation; vehicle network

0 引 言

随着电子技术的发展,越来越多的电子设备在汽车上安装使用。在带来方便的同时,汽车内部的连线长度增多、空间紧张、布线复杂,导致了汽车设计、测试、组装的难度急剧增加。这些汽车设计制造中的实际问题都推动了汽车网络研究的快速发展。CAN 总线作为一种具有高性能、高可靠性以及设计独特的总线技术,很好地解决了上述问题,自从上世纪 80 年代由 Bosch 公司研发后,即被广泛应用于汽车网络中[1]。而 CAN 作为一种事件驱动型总线,在网络的容错性、灵活性方面还存在许多不足。但随着分布式技术的发展,CAN 总线网络又作为一种分布式的网络,也出现了许多将新型分布式技术应用于 CAN 总线网络的研究[2]。

本研究采用一种基于 Java 的全新的构建分布式系统技术 Jini,并将其与总线技术相结合,在网络结构上进行深入的自适应研究。Jini 具有动态的、自形成

收稿日期:2010 - 03 - 15
基金项目:浙江省科技厅科技计划面上资助项目(2008C21142);浙江省科技新苗人才计划资助项目(KYZ154308058 - 3)
作者简介:赵俊杰(1985 -),男,浙江上虞人,硕士研究生,主要从事自适应中间件方面的研究. E-mail: zhaojunjie66@ gmail. com
通信联系人:吴 卿,男,副教授. E-mail: wuqing@ hdu. edu. cn

的和自管理的特性,非常适合构建动态的分布式嵌入式系统,将其应用于 CAN 网络,设计一个面向汽车电子的自适应网络。

1　Jini 体系结构

Jini 是由 Sun 公司于 1991 年初推出的以 Java 技术为核心的一种分布式计算环境。它通过使用一个简易的"即插即用"模型,能够随时改变硬件或者软件的配置,形成一个 Jini 服务联盟,从而提供了一个支持快速配置的分布式计算环境。Jini 系统的目标是将网络转变成一个易于组织、易于管理的环境[3-4],通过这个环境,用户能够找到他们感兴趣的资源并加以利用。这里的资源既包括硬件设备,也包括软件程序,或者是两者的结合。Jini 致力于使网络变成一个更富有动态性的环境,可以灵活地增加和删除服务,从而使环境能更好地适应实体的动态变化。

Jini 系统在逻辑上由 3 部分组成[5]:基础设施(Infrastructure)、编程模型(Programming Model)和服务(Service)。基础设施用于构建一个 Jini 联邦系统,服务则是这个系统中的实体。编程模型则是一组接口,用于构建可靠的服务,既包括基础设施中原有的服务,也包括新加入联邦的服务。Jini 体系结构的 3 个组成部分看似各自独立,但实际上在很大程度上是综合在一起的。虽然在构建 Jini 系统或 Jini 系统的部分功能时,可以使用上述全部的组成部分或只使用其中一部分,但为了使建成的系统具有更完善的功能,通常情况下都包括基础设施、编程模型和服务的概念。

尽管 Jini 系统由 3 部分组件组成,但是它们之间的界限是模糊的,组件之间紧密相连、彼此协作。Jini 是建立在分布式系统、经常动态变化这一原则之上的。它的体系结构如图 1 所示。

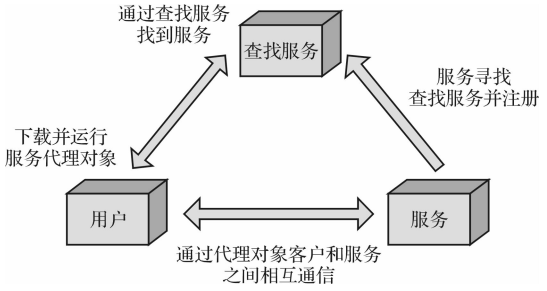

图 1　Jini 的体系结构

2　车载控制系统

在现代汽车电控单元的数量逐渐增多的情况下,出现了具有很多明确功能的局部的控制系统,这些电控单元大致可分成动力传动装置控制(如发动机控制和变速控制)、底盘控制(如汽车防抱死系统 ABS)和车身控制系统 3 类[6-7]。在本研究中主要针对车身控制系统进行了相关研究。车身控制系统主要用来提高驾驶的方便性和乘坐的舒适性,该系统涵盖的范围较广,包括灯光控制、车门控制、座位控制、气候(空调)控制、仪表盘显示等。传统的车身控制系统采用点对点的单一通讯方式,不能满足越来越多的电子控制单元要求彼此的数据可以共享的发展趋势,同时传统的车身控制系统类似于 DCS 的控制方式,造成各种线束过于拥挤、出现故障难于及时排查的缺点。目前,现代汽车的车身控制系统逐渐开始采用网络控制系统。

而控制器局域网总线(CAN 总线)是由德国的 BOSCH 公司在上世纪 80 年代为汽车监控和控制系统而设计的。其具有传输速率高、抗干扰能力强、硬件连接方便等突出特点,非常适合用于汽车系统中,以解决众多测试与控制仪器之间的数据交换问题。

3　设计模型

本研究综合 Jini 技术与 CAN 总线技术,设计了一个基于 Jini 的 CAN 总线自适应车载网络模型。

本研究所设计的自适应网络体系结构(如图 2 所示)与传统的 CAN 网络简单模型极其类似,只是将 Jini 的核心查找服务放置于主机节点。CAN 网络中的主机节点主要用于对各个从节点的监控,而在 Jini 中查找服务有类似的功能,用于各种服务的注册、发布新的服务等功能。从功能角度,在主机节点部署查找服务具有很好的操作兼容性。同时也继承了原先主机节点的优点:便于整个网络的调度与管理;能够设计功能更丰富的应用软件,且由于查找服务对各个节点的管理,能够一定程度上实现容错性、自配置性、灵活性等自适应特征。

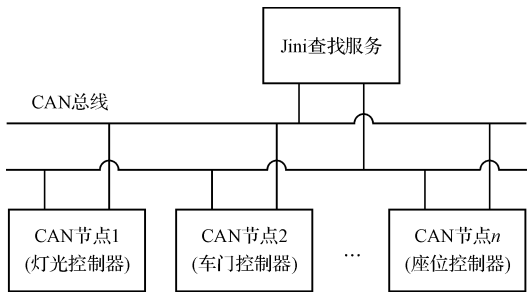

图 2　基于 Jini 的自适应车载网络体系结构

在 Jini 网络中有个重要的概念—服务,而在 CAN 网络中仅有节点间数据的交换[8],为了符合 Jini 的思想,本研究中将具体车载 CAN 网络中的各节点(如灯

光控制器、车门控制器、座位控制器等)描述成 Jini 中实体,这里的实体仅是硬件设备即可,并不需要像 Jini 中实体可能是硬件设备或是软件[9-10]。而每个节点都是一个能够提供数据服务的硬件设备。而节点间相互的数据传递也可以对应地理解为提供服务和使用服务。

4 关键技术

在该网络模型中,首先启动主机的查找服务,随后网络中的节点寻找网络中的查找服务,在找到查找服务后,节点将自己能产生何种数据等相关信息通知查找服务,以便需要该数据服务的节点能够找到该节点。当某一节点需要获得某个节点提供的数据时,首先,它需要到查找服务中查找是否有该节点,如果有则获得找到节点的 ID 号,并与之通信,如果没有,则该节点的工作就暂时搁置。相对于传统的 CAN 总线中,节点只能被动地接受其他节点传来的数据,在这种工作模式下,节点能够主动地向总线上的其他提供数据的节点请求所需要的数据,这极大地提高了 CAN 总线网络的灵活性。而针对 Jini 与 CAN 的不同点,本研究就消息的格式、消息的传播等关键技术进行了深入研究,提出了解决方案。

4.1 消息定义

针对在嵌入式系统中使用的绝大多数协议而言,大部分此类总线协议(包括 CAN 总线协议)既没有主机名,也没有端口号,更不是基于套接字通信的。大消息域的需求无疑只会导致一些协议的效率很差,在受限的嵌入式系统中这是一个很严重的问题。此外,那些具有自身不同定义模式的总线协议必须为显示合适的接受者和发送者信息设计额外的机制。

而在 CAN 总线中发送的消息没有指明 ID 信息。为了解决非 TCP 协议中 ID 信息不足的问题,利用一个 ID 产生器,为每一个网络中的节点确定惟一的 ID 号。该 ID 产生器由服务管理器执行,在节点接入网络后为每个节点分配惟一 ID。这样,在通信过程中,无需知道主机和端口号,只要知道相关节点的 ID 号就能进行通信。

在此,通过将 29 位扩展的 CAN 标识符进行重新定义来标识每一个 Jini 消息。重新考虑定义的 Jini 消息 ID 模式如图 3 所示。

在 CAN ID 头部包含发送者节点的 ID,确保了每个 CAN 头部域的惟一性。这样处理由两个目的:首先,它保证了从不同节点发送的相同消息不会有相同的标识符,这是 CAN 总线纠错操作的首要条件;其次,使得接收节点能够确定接收到的消息来自何处。节点 ID 可以是任何的 6 bits 的数,能够满足大部门嵌入式网络应用的需求,汽车网络中节点数一般不超过几百个,足够满足汽车网络的需要。20 位的优先级域被用来支持全局优先级。

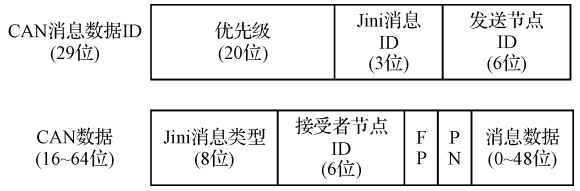

图 3 CAN 总线中的 Jini 消息 ID 模式

在定义的 Jini 消息 ID 模式中,除了在头部定义了 3 位的 Jini 消息 ID 域,还在数据部分额外定义了一个字节的 Jini 消息类型。这样做能够避免消耗一大组 CAN 消息 ID,同时允许接收者只监听一个或两个消息类型,而不是大范围的消息,从而提高了效率。在数据部分定义的接收者 ID 域,供接收者接收到消息后确认该消息是否发送正确。其中在 CAN 数据部分还定义了两个特殊位 FP 和 PN,用于处理大数据的分割问题。在数据部分的 FP 位(即 first packet),该位取值为 1 或者 0,当取值为 1 时,表明传送的这段数据是首包,而为 0 时,则是后续的数据包。PN 位(即 packet number)表示一个大数据被分成的小数据包的数目。

4.2 消息传递模式

在 Jini 中,一旦 Jini 服务和查找服务间达成发现,进一步的通信传输将交由 RMI 传输。Jini 服务在发现彼此后的通信可以选择它们首选的方式,但是在发现查找服务后所需要做的一系列通讯必须采用 RMI:注册代理、发现其他服务、获取事件通知、管理服务以及事件租借等。RMI 是一种分布式应用访问其他机器上方法的有效工具,但是它需要使用 TCP 套接字来实现。显然,在 CAN 中不能再使用 RMI。在此,本研究考虑用消息传递模式来代替 RMI(如图 4 所示)。

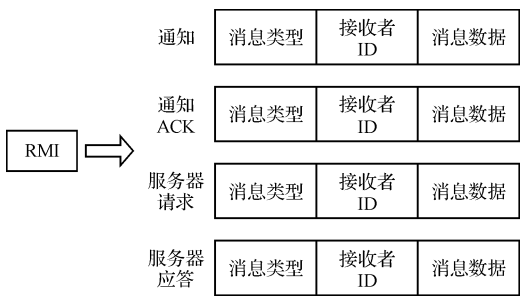

图 4 消息传递替代 RMI

4.3　多播和单播的处理

设计中遇到的另一个问题是在 Jini 中,消息以多播和单播形式定义。为了实现 TCP 的最优化,Jini 发送一小部分的多播消息,然后再转换到单播通信。然而,其他的一些协议只有单播、只有多播、只有广播或者是几种形式的结合。

显然 CAN 总线中无法发送多播和单播消息。但是 CAN 是一个广播总线,可以使用随意的接收滤波器来达到多播传输。在 CAN 中对单播的处理也可以采用类似的方法,使得单播消息在某些情况下仍然有用,但是它不是要消耗宝贵的头部位,就是需要在发送节点和接收节点间进行应用级的调和。

因此在 CAN 中,单播通信不是必需的,可以将其去除。在笔者的设计中,单播通信的功能用相当的多播请求和应答来实现。对于单播发现,相类似地由于 CAN 的广播特性,也没有很大的用处,但是如果去除,则很难保证 CAN 消息 ID 的惟一性。同样的,本研究仍然采用多播发现来代替单播发现,在所有的情形下都只采用多播发现。多播通告都是单独用来从其他节点调用单播发现,由于单播发现已采用多播发现替代,多播通告也同样不是必需的。最终结果,只需使用 4 种原始 Jini 消息中的两种,即多播请求和单播应答,而单播应答也是采用多播的方式发送。

“单播请求”与“多播请求”的交迭,使得整个网络在实现有效的操作时会变得更加具有自适应能力。而查找服务在寻找发现请求时并不关心发现请求是通过单播还是多播请求的。同样的,发现者也不关心查找服务的应答是通过单播还是多播发送的。所以,仅采用两种消息类型并不会影响 Jini 机制的执行,尽管看上去消息不再属于 Jini 消息协议。

5　结束语

本研究针对传统 CAN 总线车载网络中存在的网络容错性、灵活性等方面的不足,结合 Jini 技术与 CAN 总线技术,在传统 CAN 总线车载网络基础上设计了一个基于 Jini 的 CAN 总线自适应车载网络模型,并对其关键技术的实现进行了详细阐述。研究结果表明,通过利用 Jini 技术,可以快速配置分布式计算环境,在本研究中提到的车身控制系统中,可以灵活地增加相应的实体节点(如在图 2 所示的现有网络上加入空调控制器、收音机控制器等 CAN 节点),这些节点将共同运行在一个由 Jini 提供的 community 中,每个设备可提供该 community 中的其他设备可能需要使用的服务,从而提升了汽车网络的容错性、自配置性、灵活性等自适应特征。但由于汽车网络的特殊性,其对实时性的要求非常苛刻,建立的网络体系不仅需要具有很好的容错性、灵活性、自修复等等自适应特性,还需要具有良好的实时性。本研究只设计了一个自适应车载网络模型,对探索更高效的新型汽车网络具有一定的参考价值,但在汽车网络的实时性要求方面还需做进一步研究。

参考文献(References):

[1] 操小军. 车载网络系统及 CAN 协议的应用分析[C]//中国汽车工程学会 2003 学术年会论文集. 北京:机械工业出版社,2003:[s. n.].

[2] SILVA P M, SERODIO C M, MONTEIRO J L. A Java-based Controller Area Network Device Driver for Utilization in Data Acquisition and Actuation Systems[C]//IEEE Industrial Electronics, ISIE 2008. Cambridge: [s. n.],2008: 1855 – 1860.

[3] 于　铉. 基于 Jini 体系结构的分布式系统研究[D]. 武汉:武汉理工大学计算机科学与技术学院,2003.

[4] 李廷元. Jini 技术实用化研究[D]. 成都:电子科技大学计算机科学与工程学院,2003.

[5] KADOWAKI K, KOITA T, SATO K. Design and Implementation of Adaptive Jini System to Support Undefined Services[C]//IEEE Communication Networks and Services Research Conference,2008. Halifax: [s. n.],2008:577 – 583.

[6] 魏雄武. CAN 与汽车网络技术[J]. 上海汽车,2005(7): 35 – 38.

[7] 魏学哲,孙泽昌,陈觉晓. 一种新的汽车网络分类方法及其主流协议的发展趋势[J]. 同济大学学报,2004,32(6):764 – 766.

[8] 王斌杰,吴　卿,赵俊杰. 基于汽车电子网络的 CAN 总线简化型混合调度算法[J]. 机电工程,2009,26(172):54 – 57.

[9] NUSSER G, GRUHLER G. Dynamic Device Management and Access based on Jini and C CAN[C]//Proceedings of the Seventh International CAN Conference. Amsterdam: [s. n.],2000:[s. n.].

[10] KIMY K, JEONZ G, HONG S, et al. Integrating Subscription-based and Connection-oriented Communications into the Embedded CORBA for the CAN Bus[C]//Proceedings of the Sixth IEEE Real-Time Technology and Applications Symp. Washington. D. C: [s. n.],2000:178 – 187.

[编辑:李　辉]