

分布式智能网中一种实用的负载控制模型^{*}

A Practical Load Control Model for Distributed Intelligent Networks

刘彦明 马玉祥 易克初 柯国富

(西安电子科技大学104信箱 西安710071)

Abstract The chief bottleneck is the capability that SCPs deal with services and communicate with SSPs in traditional Intelligent Networks (IN). As technologies evolution, researchers present the distributed IN (DIN) for overcoming the bottleneck problem. Based on DIN, a practical model, called cost-based distributed adaptive load control model (DALCM), and its load control algorithm (DALCA) are presented. And then, the emulation results and its analysis are given.

Keywords Intelligent networks, Load control, Distributed intelligent networks

1. 引言

市场竞争的因素使得电信运营商的联合将会进一步加强,同时业务控制点应用软件的复杂性会进一步提高。这就要求智能网应能同时满足不同业务控制点的合作和降低业务控制点的复杂性。例如,假设在同一个业务控制点上同时有成千上万个进程/线程,并提供业务控制,这时的业务控制点的复杂性和控制难度将会如何?

因此,需要有相应的技术支持来满足上述需求,而智能网正是实现和满足该需求的较好途径。

但是,传统智能网的业务控制方式采用集中控制,该控制方式使得业务控制点(SCPs)成为业务逻辑的唯一控制者。但是随着智能网业务的不断增加,业务控制点的业务处理能力和业务控制点与业务交换点之间的通信能力将会成为制约智能网业务发展的主要障碍,即瓶颈。为此研究人员提出了负载控制算法^[1],对公平性、优先级和有效性等进行了研究。虽然这些方法在一定程度上改进了业务控制点的性能,但未能从根本上解决集中式智能网中的“瓶颈”问题。

为此研究人员提出了分布式智能网^[2,3],其模型主要采用基于代理和CORBA技术实现。在分布式智能网中仍然存在负载控制问题^[4]。因此,本文提出了分布自适应的智能网业务的负载控制模型(DALCM)和算法(DALCA)(参考了文[4,5]的思想)。

本文采用的分布式智能网模型参见文[3],该模型采用CORBA技术,其中的所有智能网元素都采用CORBA对象实现。为了实现DALCA的仿真,并对该模型进行了适当的抽

象和简化。

本文介绍了基于代价的分布自适应负载控制模型,基于代价的分布自适应负载控制算法;给出了算法的仿真和结果分析;最后是总结。

2. 基于代价的分布自适应负载控制模型

智能网体系结构是一种快速引入、控制和管理电信业务的手段,它具有开发和引入智能网业务开销小、独立于交换系统的软硬件等优点。智能网标准定义了四种网络功能类型:业务交换功能(SSFs)、业务控制功能(SCFs)、特殊资源功能(SRFs)和智能外设(IPs)。这些功能元素检索采用的通信协议是智能网应用协议。

传统智能网的负载控制采用集中式控制,其控制目的是为了有效利用业务控制点的处理能力,即基于“结点”的负载控制策略。而在分布式智能网中,则需要考虑每个业务控制点的处理能力、业务控制点与业务交换点间的通信能力、特殊资源点与业务交换点的通信能力、业务控制点之间的负载控制和平衡,可称为基于“网络”的负载控制策略。

分布式智能网中的负载控制的目的是:1)避免网络结点的负载超出其本身的处理能力;2)在有效的网络结点间实现恰当的网络负载分配;3)有效利用网络结点间的通信能力;4)最大限度地利用有效的网络资源(网络结点);在非过载情况下网络接受所有的业务请求,并选择代价(见第3节的定义)最小的SCP/SRF处理业务请求;在过载情况下网络拒绝所有业务请求。

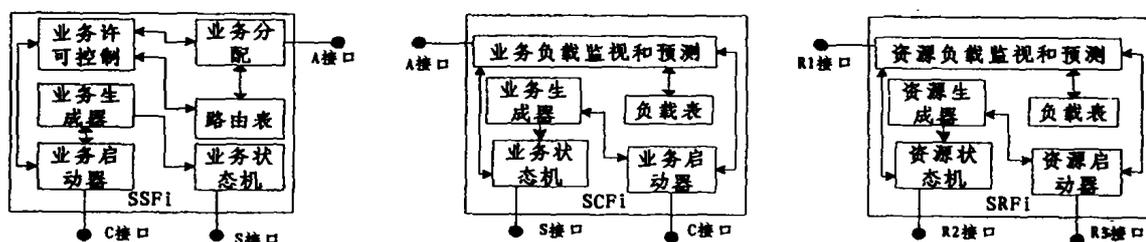


图1 DALCM模型

^{*}本文得到国家自然科学基金和ISN国家重点实验室的资助。

为了实现上述负载控制的目标,本文提出了 DALCM 模型(如图1所示)。在该模型中给出了智能网中与负载控制相关的三种功能结点(业务交换功能、业务控制功能和特殊资源功能)的组成,及其可仿真实现模型。

1) 业务交换功能 当交换机发出 IN 业务呼叫请求(用仿真的方式产生 IN 业务呼叫请求),通过 C 接口到达业务启动器,业务启动器将该请求提交给业务许可控制。为了获得执行本次 IN 业务呼叫请求的 SCF,业务许可控制检查路由表。当获得合适的 SCF 后,业务分配将通过 A 接口,通知 SCF 有一个业务请求已经分配给它,希望得到其许可。若获得许可,则业务启动器将通知业务生成器,由业务生成器建立本请求所对应的业务状态机,然后业务状态机开始执行 SSF 侧的本次请求所对应的业务控制逻辑,同时修改路由表;否则 SSF 将拒绝本次业务请求。若无法获得合适的 SCF 则同样拒绝本次业务请求。

2) 业务控制功能 当 SCF 中的业务负载监视和预测根据负载表许可了 SSF 的业务请求(通过 A 接口接收到的分配

请求)后,立即修改负载表,并通知业务启动器。业务启动器通过 C 接口接收到 SSF 侧的业务请求后,根据上述通知请求业务生成器建立业务状态机,由 SCF 侧的业务状态机与 SSF 侧的业务状态机配合完成本次业务请求(通过 S 接口)。

3) 特殊资源功能 如果业务请求需要特殊资源,则由 SCF 侧的业务状态机通知 SRF。SRF 的资源启动器接收到特殊资源使用请求(通过 R3接口)后:①通知资源负载监视和预测修改负载表,并通过 R1接口将 SRF 的负载信息通知相应的 SCF;②通知资源生成器建立资源状态机,由资源状态机负责与 SSF 信息传递(通过 R2接口)。

3. 基于代价的分布自适应负载控制算法

为了在上述模型上设计相应的负载控制算法,这里对该模型进行进一步抽象。由于在分布式模型中影响业务执行的因素有两个:SCF、SRF 和 SSF 的处理能力及 SSF 与 SCF 和 SRF 的通信能力,因此可以将 DALCM 抽象为图2所示的计算模型。

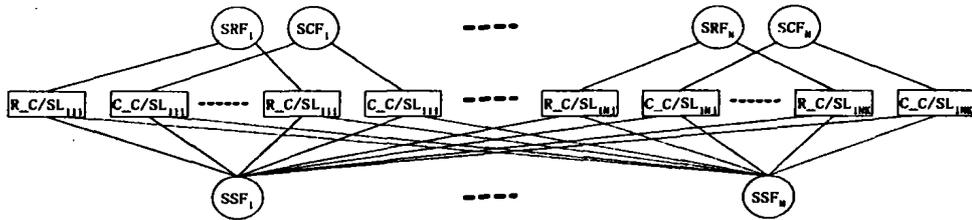


图2 负载控制的计算模型

其中: $R_C/SL_{i,k}$ 表示 SSF_i 获得 SRF_j 的通信能力和业务逻辑的处理能力, $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq K$; $C_C/SL_{i,k}$ 表示 SSF_i 拥有 SCF_j 的通信能力和业务逻辑的处理能力, $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq K$; 特殊资源功能的业务处理能力 (SRF-SL): 它表示了某 SRF 的最大业务处理能力; 特殊资源功能的通信能力 (SRF-C): 它表示了某 SRF 和 SSF 间的最大通信能力; $RS_C_{i,k}$ 表示 SRF_i 和 SSF_j 间所消耗的 k 类通信能力; $RS_SL_{i,k}$ 表示 SCF_j 分配给 SSF_i 的 k 类业务处理能力。

因此可以得到:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K RS_C_{i,j,k} \leq SRF_C \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K RS_SL_{i,j,k} \leq SRF_SL \quad (2)$$

业务控制功能的业务处理能力 (SCF-SL): 它表示了某 SCF 的最大业务处理能力; 业务控制功能的通信能力 (SCF-C): 它表示了某 SCF 和 SSF 间的最大通信能力; $CS_C_{i,k}$ 表示 SCF_i 和 SSF_j 间所消耗的 k 类通信能力; $CS_SL_{i,k}$ 表示 SCF_i 分配给 SSF_j 的 k 类业务处理能力。

因此可以得到:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K CS_C_{i,j,k} \leq SCF_C \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K CS_SL_{i,j,k} \leq SCF_SL \quad (4)$$

从中可以看出: 无论是 SRF 或 SCF 的通信能力, 还是 SRF 或 SCF 的业务处理能力, 都可以采用统一的方式进行计算, 因此这里定义了代价函数:

$$Cost_{i,j,k}(R) = f(C_{i,j,k}) \lambda_{i,j,k} (1 - P_{i,j,k}(\lambda_{i,j,k}, x_{i,j,k})) \quad (5)$$

其中: $f(C_{i,j,k})$ 表示 SSF_i 获得 SCF_j/SRF_j 上的 k 类能力所付出

的代价; 主要由 SCF_j/SRF_j 可以为 SSF_i 所提出的请求 R 所能提供的业务处理能力和通信能力来决定, 在具体算法中可根据算法的复杂度要求确定。 $\lambda_{i,j,k}$ 表示从 SSF_i 到达 SCF_j 的 k 类业务请求的速率, 即到达率。 $P_{i,j,k}(\lambda_{i,j,k}, x_{i,j,k})$ 表示 SCF_j 拒绝 SSF_i 来的 k 类业务请求的概率。 $x_{i,j,k}$ 表示 SCF_j 和 SRF_j 将 k 类能力分配给 SSF_i。 $Cost_{i,j,k}(R)$ 表示 SSF_i 所占用的 SCF_j 的 k 类能力的代价。

当有一个 k 类业务请求到达 SSF_i 时, 可用代价函数计算出 SSF_i 利用 SCF_j 的代价:

$$U_{i,j}(R_k) = \min(Cost_{1,j,k}(R), \dots, Cost_{N,j,k}(R)) \quad (6)$$

从中取出代价最小的 SCF_j 作为最后所选定的业务请求的运行环境。

SCF 提供能力, 而 SSF 则“消费”这些能力, 因此随着 SCF 的能力的不断供应, SSF 获得这些能力的代价也会越来越高。

4. 仿真和结果分析

1. 仿真

为了仿真上述模型和算法, 采用了如下配置:

智能网模型, 包括 2 个 SSF 和 2 个 SCF; 业务请求生成器, 每个 SSF 对应一个业务请求生成器, 它以固定速率产生三类业务 (A 类, B 类, C 类) 请求; A、B、C 类业务呼叫到达分别服从 Poisson 分布; SSF、SCF 和 SRF 的构成如图 1 所示。

1) 连续超过负载的情况 为了验证 DALCM 和 DAL-CA, 以及评估它们的负载控制和过载保护能力, 在实验中, 业务请求生成器产生业务请求 R 超过每个 SCF 和 SRF 的能力, 但 SCF 和 SRF 以其能力的 95% 接收请求 R。在这样的条件下, 仿真结果如图 3 所示。其中浅黑色线表示 SCF₂ 的负载,

中间黑线表示 SCF₁ 和 SCF₂ 的平均负载,另一条线表示 SCF₁ 的负载。在这种情况下卸载控制和平衡能力如表1所示。呼叫丢弃情况如表2所示。

2) 某时间间隔内超过负载情况 非过载情况下,以 SCF 和 SRF 能力的30%产生业务请求;在某段时间间隔内所采用

的假设与图4相同。在这样的情况下,其实验结果如图4所示。各条线的含义与图3相同。在这种情况下负载平衡和控制能力如表3,呼叫丢弃情况如表4所示。

注:这两种情况下的业务呼叫速率不同,因此不能将表1、2与表3、4进行比较。

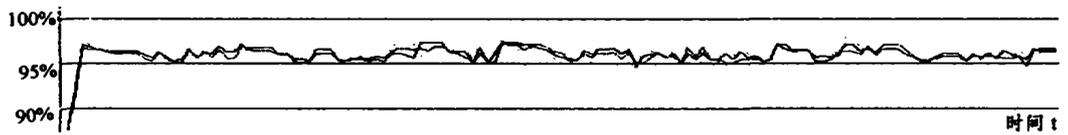


图3 连续过载情况下的负载控制结果

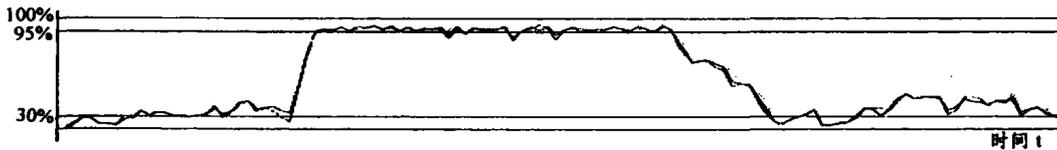


图4 某段时间间隔内超过负载时的控制结果

表1 负载平衡能力

处理呼叫的 SCF	呼叫来源	接受并处理的呼叫数量		
		A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫
SCF1	SSF1	96	26	11
	SSF2	44	14	4
SCF2	SSF1	86	23	12
	SSF2	38	6	0

表2 呼叫丢弃情况

接收呼叫的 SSF	丢弃的呼叫数量			接受的呼叫数量		
	A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫	A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫
SSF1	341	105	50	182	49	27
SSF2	102	33	10	82	20	4

表3 负载平衡能力

处理呼叫的 SCF	呼叫来源	接受并处理的呼叫数量		
		A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫
SCF1	SSF1	81	26	11
	SSF2	150	38	19
SCF2	SSF1	41	16	4
	SSF2	94	35	13

表4 呼叫丢弃情况

接收呼叫的 SSF	丢弃的呼叫数量			接受的呼叫数量		
	A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫	A类呼叫	B类呼叫	C类呼叫
SSF1	101	24	9	122	42	15
SSF2	119	28	17	244	73	32

2. 仿真结果分析

1) 与集中控制方式相比整体性能明显提高^[7],但业务处理能力却下降0.57~3%(实验数据,可能与所采用的 $f(c_{ik})$ 有关,正在分析)。

2) 与文[6]所提出的集中协调机制相比,控制模型简单,实现容易.SCP 的负载信息可以通过智能网应用协议的回带(背包)方式实现。而且提高了控制模型的控制能力,这是因为不存在与协调相关的通信开销。

3) 本模型的分布性体现在:处理业务请求的 SCP 的不确定性,即处理业务请求的 SCP 是根据当前各 SCP 的负载情况确定。

4) 适应性体现在:控制算法根据回带的 SCP 负载情况来确定将业务请求发送给哪一个 SCP。

5) 仿真时选择 SCP 处理能力的95%作为 SCP 的最大可分配能力,是因为在 SCP 上的业务处理需要一定的时间。实验表明该选择是恰当的。当然还可以提高到96.5%,但在这种情况下有可能出现 SCP 过载,造成 SCP 的瘫痪。

6) SCP₁ 和 SCP₂ 都不会过多地超过负载率阈值95%,都围绕在95%~97.5之间振荡。表明具有负载均衡能力,而且 SCP 不会过载。

结论 本文就分布式智能网中负载控制问题提出了一种基于代价的分布自适应负载控制模型(DALCM),并给出了相应的负载控制算法(DALCA),在此基础上给出了仿真结果。从仿真结果看,该模型完全能够满足分布式智能网中的负载控制要求。特别是采用了负载信息的“回带”技术,减少了由于采用集中协调器^[6]所带来的诸多不利因素,提高了负载控制能力。同时该控制模型还具有很好的负载平衡能力。

参考文献

- 1 Lee Y, Song J S. An Overload Control of SCP in Advanced Intelligent Network with Fairness and Priority. Computer Communications, 1999, 22
- 2 Chatzipapadopoulos F G, et al. Mobile and CORBA Technologies in the Broadband Intelligent Network. IEEE COMM. Mag. June 2000
- 3 刘彦明, 马玉祥, 易克初. 基于 CORBA 的分布式宽带智能网及其业务的实现. 计算机工程与应用, 已录用
- 4 Fodor F, et al. Modelling and Analysis of Routing and Resource Allocation Techniques in Multi-Service Networks. Int. J. Commun. Syst., 1999, 12
- 5 Kolyvas G T, et al. Optimizing the Server Utilization in Intelligent Broadband Networks. Int. J. Commun. Syst., 2000, 13, 13
- 6 Prouskas K, Patel A, Pitt J, Barria J. A Multi-agent System for Intelligent Network Load Control Using a Market-based Approach. In: Proc. Int'l Workshop Advanced Intelligent Networks (AIN'00)
- 7 孟玉柯. 排队论及其应用. 同济大学出版社, 1989, 10