

3G 中 GMLC 的建模与性能分析^①

System Modeling and Performance Analysis for Gateway Mobile Location Center in 3G

张 昊 廖建新 武家春 (北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室 100876)
张奇支 (华南师范大学计算机学院 广州 510631)

摘要:在研究 3G 中 GMLC (Gateway Mobile Location Center) 系统结构、软件结构和消息流程的基础上,利用具有固定反馈次数的 M/G/1 排队系统对 GMLC 进行建模。为了验证模型的有效性,在北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室开发的 GMLC 系统中进行了相关测试。最后对测试结果和模型计算结果进行了对比分析,结果显示该性能模型能够真实反映系统的性能,是一个有效的数学模型。

关键词:GMLC 系统建模 性能分析

1 引言

近年来基于用户位置的移动定位业务(LBS)受到了世人的瞩目。据有关资料显示^[1],全球各大移动通信运营商都正在积极部署这项极具潜力的增值业务。

3GPP 针对移动定位业务制定了相关规范,引入了 GMLC (Gateway Mobile Location Center) 和 SMLC (Serving Mobile Location Center) 两个与定位相关的实体。GMLC 作为定位网关,使得 LCS (Location Services) 客户端可以使用移动网络资源获取移动终端的位置信息。GMLC 主要进行 LCS 客户端的鉴权,用户隐私鉴权,同 MSC (Mobile Switch Center),HLR (Home Location Register) 交互获取移动终端的位置信息并返回给 LCS 客户端;SMLC 则根据特定的定位技术同基站、移动终端进行交互以计算移动终端的位置信息。

作为网关,GMLC 的性能对移动定位的发展起着关键的作用。如何对 GMLC 进行一个有效的系统建模并进行相关的性能分析,从而在模型的指导下构建一个健壮、性能卓越的系统是一个亟待解决的问题。本文对 GMLC 进行了详细的分析,将系统抽象为具有固定反馈次数的多队列模型,并就实验室测试数据,数学模型数据进行了分析对比,验证了模型的正确性。

2 系统结构概述

GMLC 系统硬件结构如 1 所示,基本上分为接入服务器,7 号接口机,后台服务器三部分。全部设备通过互为备份的 LAN (Local Area Network) 相连,LAN 通过高性能的交换机连接到 IP (Internet Protocol) 网,其中 7 号接口机还通过 E1 连接到高级信令转接点。

GMLC 系统的软件结构如图 2 所示,整个平台采用分层结构进行设计,具有很好的可扩展性和更强的服务功能。接入服务器接收 LCS 客户端的定位请求,并将其转换为内部协议通过通信总线发送给后台服务器,后台服务器则通过通信总线与 7 号信令接口机进行 MAP (Mobile Application Protocol) 信令的交互。

3 系统建模

在过去的几年中,移动智能网技术在移动网中得到了广泛的应用。SCP (Service Control Point) 作为控制节点,很多文献^[2-4]都对 SCP 进行了系统建模和性能分析。在定位业务中,GMLC 也同样作为接入控制节点,其性能稳定性对定位业务的发展影响重大。通

^① 基金项目:国家杰出青年科学基金(60525110);新世纪优秀人才支持计划(NCET-04-0111);高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(No. 20030013006);电子信息产业发展基金重点项目(下一代网络核心业务平台);电子信息产业发展基金项目(移动通信增值服务平台及应用系统)。

通过对 GMLC 系统的认真分析发现 GMLC 具备固定反馈次数的排队模型的特性,本文将 GMLC 抽象为具有四个排队器的多排队模型。

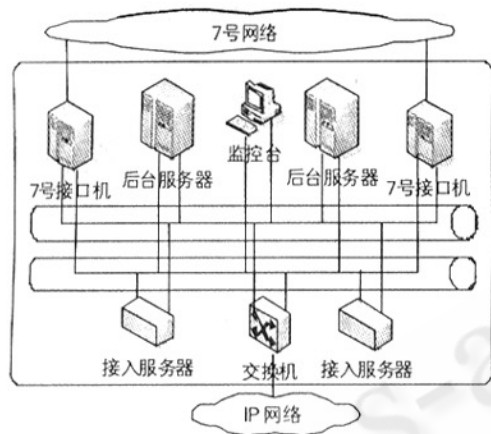


图 1 GMLC 系统硬件结构

base Access Management) 排队器代表数据库统一管理。提供此抽象排队网络模型的主要目的是为了后续的性能分析。

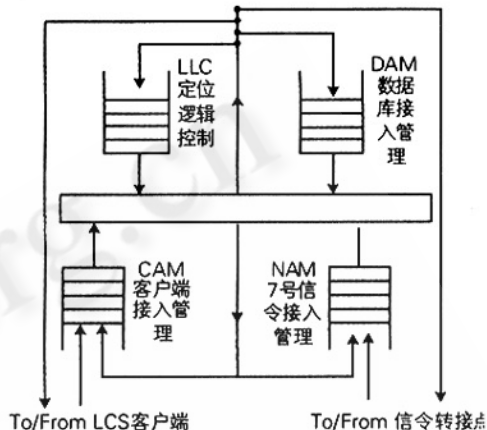


图 3 GMLC 后台服务器排队模型

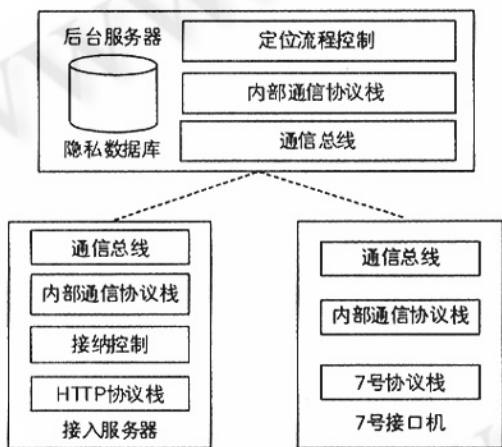


图 2 GMLC 系统软件结构

3.1 系统排队模型

通过前面对 GMLC 的软件功能模型的介绍和分析,根据各个实体的功能,将后台服务器抽象为图 3 所示的排队网络模型。它由 4 个排队器组成,各排队器共享服务员。其中 CAM (Client Access Management) 排队器代表 LCS 客户端定位请求接入和定位结果反馈管理,NAM (No. 7 Access Management) 排队器代表 7 号信令请求发送和结果反馈管理,LLC (Location Logic Control) 排队器代表定位逻辑执行管理,DAM (Data-

3.2 排队模型消息流程

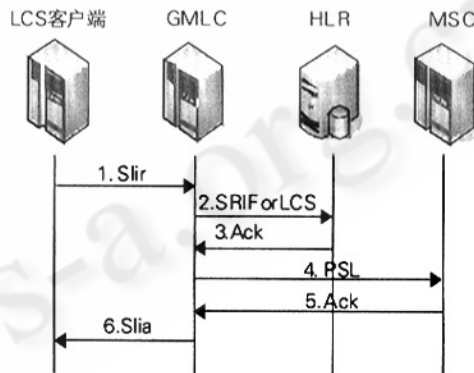


图 4 GMLC 定位信令流图

GMLC 消息流程如图 4 所示:移动用户发送定位业务请求到业务提供商(如图 4 中的 LCS 客户端),LCS 客户端根据请求的业务类别向 GMLC 发起定位 Slir (Service Location Immediately request),请求消息中带有 LCS 客户端的用户名,密码,移动终端号码,请求业务类别等。GMLC 在接收到 Slir 消息后对 LCS 客户端和移动终端隐私信息进行鉴权,如果鉴权通过,GMLC 向 HLR 发送 SRIForLCS (Send Routing Info for LCS) 请求以查询移动终端当前所在的拜访 MSC 的地址,HLR 向 GMLC 返回的结果中包括移动终端的拜访

MSC 地址,接下来 GMLC 向 MSC 发送 PSL (Provide Subscriber Location) 请求, MSC 在接收到定位请求后,同 SMLC 等实体进行交互获取用户的经纬度信息并反馈给 GMLC, GMLC 将定位结果回送给 LCS 客户端。

由图 4 可知,整个 GMLC 定位流程通过三个外部消息来驱动:Slir 消息、SRIForLCS Ack 消息和 PSL Ack 消息。为了在 GMLC 中应用图 3 表示的排队网络模型,将图 4 所示的信令流程在 GMLC 中的处理过程分解成图 5 所示的三部分。它反映了一条消息进入 GMLC 后在各个排队器中的处理过程。每一个方框上面标明每一步动作在对应排队器中的处理时间,以毫秒为单位,它们仅是一个参考值,在实际系统中,每一步的处理时间将依赖于系统的实际软硬件配置情况。在后续的性能分析中,只考虑正常流程。

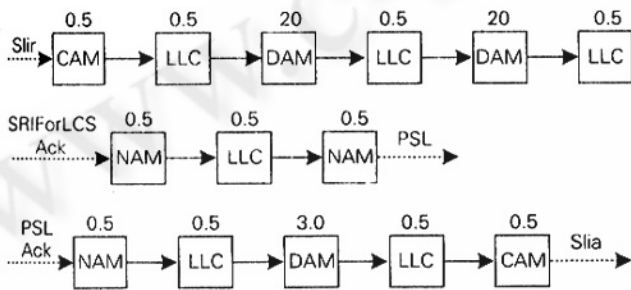


图 5 GMLC 定位信令处理过程

从图 5 的分析可以看出,对于 GMLC 的排队网络模型,共有三类外部客户请求服务,每个外部客户在相关的排队器中反馈固定次数,从而可以看作是具有固定反馈次数的多类顾客到达系统。文献[5, ch4]给出具有固定反馈次数的多类顾客到达排队系统中各类顾客排队长度的概率生成函数,假定每类顾客的到达过程服从泊松分布,利用概率生成函数的特点,通过对相应的变量求导,求得各类顾客的平均排队长度,最后借助于 Little 公式,可以求得各类顾客的平均逗留时间,即系统时延。

文献[5, ch4]的定理 4.1 给出在平稳状态下,在具有固定反馈次数的 M/G/1 排队系统中:假定有 m 类顾客(为方便讨论,分别将各类顾客标识为 $C_i (1 \leq i \leq m)$ 类顾客)根据泊松分布以不同的到达率 $\lambda_i (1 \leq i \leq m)$ 到达系统。在离开系统之前, C_i 类顾客一共接受 k_i

次服务,前 $k_i - 1$ 次服务结束后,立即重新反馈到队尾等待下一次新的服务,第 k_i 次服务结束后,该顾客才离开系统。无论是新到达的外部顾客,还是反馈回来的老顾客,均按它们到达队尾的顺序依次接受服务。假设 C_i 类顾客的第 $k (1 \leq k \leq k_i)$ 次服务时间(用随机变量 X_{ik} 表示)对应的分布函数为 $B_{ik}(x)$ 。为了区分不同类顾客的不同次服务,将第 k 次接受服务的 C_i 类顾客视为 C_{ik} 类顾客,这样系统中共有 $k_1 + k_2 + \dots + k_m$ 类顾客。各类顾客 $C_{ik} (1 \leq i \leq m, 1 \leq k \leq k_i)$ 的排队长度 N_{ik} 的联合概率分布为:

$$P(z) = 1 - \rho + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{k_i} \rho_{ik} \cdot \prod_{ik}(z) \cdot z_{ik} \cdot \frac{1 - B_{ik}^*(\lambda - \sum_{i=1}^m \lambda_i z_{i1})}{\bar{x}_{ik}(\lambda - \sum_{i=1}^m \lambda_i z_{i1})} \quad (1)$$

在公式(1)中假设所有顾客类 $C_{ik} (1 \leq i \leq m, 1 \leq k \leq k_i)$ 的服务时间之间彼此

相互独立。 $\bar{x}_{ik} = E(X_{ik}), \bar{x}_{ik}^2 = E(X_{ik}^2), \rho_{ik} = \lambda_i \bar{x}_{ik}, \rho = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{k_i} \rho_{ik}, \lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i$ 。 $B_{ik}^*(s)$ 为随机变量 X_{ik} 的 Laplace-Stieltjes 变换,即 $B_{ik}^*(s) = \int_{0+}^{\infty} e^{-s t} dB_{ik}(t)$

$\prod(z) = (\prod_{11}(z), \dots, \prod_{1k_1}(z); \prod_{21}(z), \dots, \prod_{2k_2}(z); \dots; \prod_{m1}(z), \dots, \prod_{mk_m}(z))^T$ 满足:

$$\prod(z) = A(z) \prod(f(z)) + (1 - \rho)(e_{k_1}^1 \oplus e_{k_2}^1 \oplus \dots \oplus e_{k_m}^1)$$

$$= (1 - \rho) \sum_{k=0}^{\infty} [\prod_{k=0}^{k-1} A(f^{(k)}(z))] (e_{k_1}^1 \oplus e_{k_2}^1 \oplus \dots \oplus e_{k_m}^1) \quad (2)$$

上式中 $f^{(k)}(\cdot)$ 表示 $f(\cdot)$ 的 k 次迭代, $\prod_{k=0}^{n-1} A(f^{(k)}(z))$ 表示 $A(z)A(f(z)) \dots A(f^{(n-1)}(z))$, 由于 $n = 0$ 时,此连乘积没有意义,约定其值为单位矩阵 I 。

公式(1)、(2)给出具有固定反馈次数的多类顾客到达排队系统中各类顾客排队长度的概率生成函数,还需要利用概率生成函数的特点,对相应的变量求导,求得各类顾客的平均排队长度,最后借助于 Little 公式(3),可以求得各类顾客的平均逗留时间,即系统时延。

$$\lambda \cdot \bar{s} = \bar{k} \quad \lambda \text{ 代表平均到达率, } \bar{s} \text{ 代表平均系统时间, } \bar{k} \text{ 代表平均排队长度} \quad (3)$$

4 模型仿真能力评价

4.1 测试实验

为了评价模型对实际系统的仿真能力,在 GMLC 系统平台进行了相关测试,将系统的响应时间作为衡量系统的主要性能指标。

(1) 测试条件。进行定位业务请求的实验条件见表 1。

表 1 定位业务请求的实验条件

后台服务器 (Compaq Es40 服务器) 系统指标: CPU 主频: 2 * 677MHz 内存容量: 2GMB 磁盘容量: 40GB
接入服务器 (IBMX 系列 PC 服务器) 系统指标: CPU 主频: 2.0MHz 内存容量: 2GMB 磁盘容量: 25GB
7 号接口机 (东信交换机) 系统指标: 每秒呼叫数: 80CAPS

(2) 测试结果。在不同的定位请求达到速率下进行测试,测得的系统响应时间参见表 2。

表 2 GMLC 系统在不同请求速率下的平均处理时延测量值

速率 (calls/s)	10	20	30	40	50	60	70
平均时延 (毫秒)	15.38	18.48	23.86	28.52	40.42	60.68	147.51

4.2 模型数据分析

根据公式 (1)、(2)、(3) 和图 5 不同消息的处理时延计算得到的系统平均处理时延值。计算值参见表 3。

表 3 利用模型公式计算得到的不同请求速率下的平均处理时延值

速率 (calls/s)	10	20	30	40	50	60	70
平均时延 (毫秒)	14.26	17.29	20.76	26.08	35.31	55.37	133.48

4.3 结果分析

图 6 绘出实际测试结果和模型计算结果的对比图。其中横坐标表示请求到达率,纵坐标表示平均处理时延。通过图 6 发现,实际测试结果和模型计算结果比较吻合,从而验证了模型的正确性和有效性。

5 结论

本文主要内容包括: (1) 建立了 3G 中 GMLC 的系统模型。(2) 针对 GMLC 平台进行了大话务量试验,为

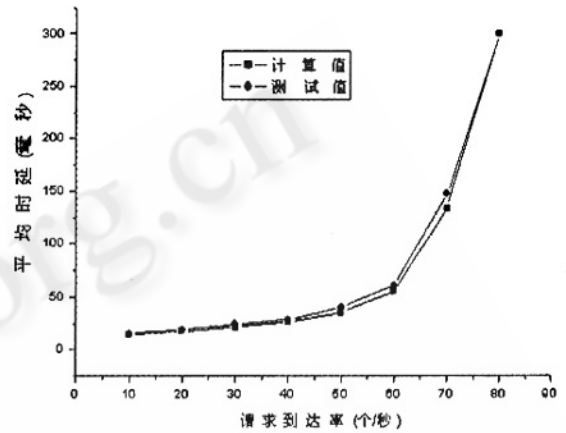


图 6 移动定位业务平均处理时延结果对比

模型正确性提供了真实的数据基础。(3) 对理论计算结果和实际测试结果进行了对比分析,验证了模型的正确性。因此可以根据模型,利用 MATLAB 的计算快速得到时延曲线图。根据这条曲线,我们可以预测系统的性能,从而省去了对系统进行实际测试时所花费的工作量。本模型具有较强的现实应用意义。

参考文献

- 唐勇, 位置服务, 电信建设 [J], 2002 年 2 月。
- Lam A, Ouellette M, Orozco - Barbosa L, et al, Performance evaluation of SCP in an intelligent network [C], In Proceedings of Intelligent Information Systems 1997, IIS 97, 1997: 481 - 485.
- Ouellette M, Orozco - Barbosa L, Performance evaluation of a multiprocessor SCP for intelligent network services [C], IEEE 1997 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 1997: 804 - 807.
- Kolyvas G T, Polykalas S E, Venieris I S, Performance evaluation of intelligent signaling servers for broadband multimedia networks [C], The Second IEEE Symposium on Computers and Communications, 1997: 96 - 103.