

# 一种基于排队论的新型直放站监控机制研究

罗光春 卢显良

(电子科技大学信息中心 成都 610054)

**摘要** 随着通信产业的不断发展,现有直放站监控技术已表现出管理规模小、可用性不够好等诸多不足。本文基于排队论,对其通信瓶颈和拥塞进行了理论分析和设计。通过对传统直放站系统结构进行扩展,设计并实现了一个高性能的 iREPEAT 监控系统,并通过实验对该系统的设计方法和性能进行了验证。结果证明,本文所采取的方法具有更高的性能。

**关键词** 直放站,监控技术,性能

## The Research on Novel Mechanism of Monitor and Control of Repeater Based on Queuing Theory

LUO Guang-Chun LU Xian-Liang

(Information Centre of UEST of China, Chengdu 610054)

**Abstract** With China mobile market developed very fast in recent years, technique of Monitor and Control on Repeater occurs some limitation, such as small scope of management, usability is not enough good. This paper researches the method of bottleneck and congestion based on Queuing Theory. As extend the system architecture of traditional repeater, design and achieve a high performance system named iREPEAT, as it showed by the research result this method has higher performance.

**Keywords** Repeater, Technique of monitor and control, Performance

## 1 引言

近年来移动通信得到了迅速的发展,但无论是传统的 GSM 与 CDMA,还是即将投入运营的 3G,其通信覆盖区域都无法避免弱信号区和盲区。对此缺陷,模拟或数字基站存在着成本高、基础设施复杂等问题。直放站作为同频放大设备,直放站的基本功能就是一个射频信号功率增强器<sup>[1,2]</sup>。具有技术手段简单,成本较低等优点,因而成为所有移动通信运营商的必要选择。

目前的直放站监控系统,大多数都能支持 GSM 或 CDMA 协议,并可实现如下功能<sup>[3]</sup>:

(1)拓扑管理与网络监控:实现各直放站与相应的基站的拓扑信息相互关联的一种拓扑关系的管理功能;(2)配置管理与配置统计分析:完成对直放站设备的动态属性和静态属性的配置(包括配置信息指派)功能;(3)故障管理与处理监控:监控多种直放站上报的告警信息,完成对告警进行显示、前转处理、告警级别设置、过滤等管理功能。此外,还具有性能管理与性能分析、报表管理和自定义报表、系统自身管理等功能。可见,目前各类产品的功能已经基本能满足运营商的要求。

现有技术的局限性,主要体现在单套系统支持的直放站,其数量规模和性能之间存在着无法兼顾的矛盾:从数量规模而言,运营商需要在保证稳定性的基础上,支持尽可能多的直放站,而现有软件产品支持直放站的数量非常有限;另一方面,如果在数量上满足要求,其稳定性和可用性又无法满足要求。为解决上述问题,本文设计了 iREPEAT 系统,通过多串口技术和排队论优化算法,来实现支持大规模直放站的同时,监控系统还能具有较高性能。

## 2 理论分析与系统设计

根据现有直放站的工作原理<sup>[4]</sup>,当其出现故障时会发出不断的告警信号,若监控系统不能及时发送告警命令回应,则会产生大量的短消息,从而严重阻塞短消息模块的正常工作,降低系统性能,甚至导致系统崩溃。

### 2.1 传统工作方式分析

传统的直放站管理系统如图 1 所示,监控中心电脑通过一台短消息管理所有的直放站,当图中的直放站编号  $n$  足够大时, $n$  台直放站要与监控中心的计算机通信,其计算机接口上的短消息模块 0 将会遇到大量的数据信息,很可能产生通信瓶颈或阻塞。经过大数据样本的测试,直放站短信传送到监控中心短消息模块的过程是符合参数  $\lambda(\lambda > 0)$  的泊松分布,短信所需的服务时间序列为独立、服从参数为  $\mu$  的指数分布;系统中只有一个服务台,容量为无穷大,而且短信到达过程与服务过程彼此独立,因此可认为它是一个  $M/M/1/\infty$  的排队系统<sup>[5]</sup>。

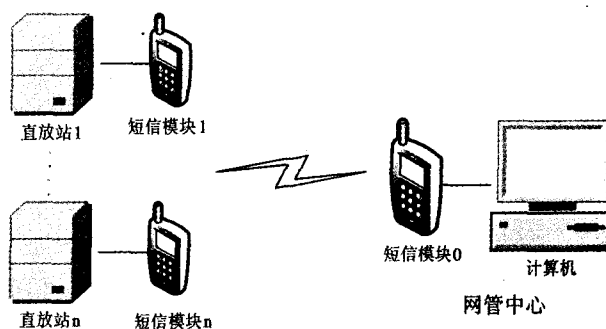


图 1 传统监控系统的通信模式

现有的直放站综合监控系统,一般标称能支持直放站上限是 1000 台。先假设现有监控系统可管理直放站数为 1000 台,每台直放站的故障率为 5%(即每台的告警率为 5%),短信模块的处理短信速度是 52 条/分钟,通过排队论可以推导出:

故障直放站的期望值是  $E=0.05\eta=50$  台;  
 $M/M/1/\infty$  的排队系统的  $\lambda=0.05\eta=50, \mu=52$ ;  
 则排队系统的交通强度为  $\rho=\frac{\lambda}{\mu}=0.005\eta=0.96$ ;

平均队长为  $\bar{N}=\frac{\rho}{1-\rho}=25$  条

平均等待队长为  $\bar{N}_q=\frac{\rho^2}{1-\rho}=24.04$  条

平均等待时间为  $\bar{W}_q=\frac{\rho}{\mu(1-\rho)}=0.48$  分钟

平均逗留时间为  $\bar{W}=\frac{1}{\mu-\lambda}=0.5$  分钟

由此可得到短信等待时间大于一分钟的概率为(即监控中心短信模块堵塞的概率):

$$P\{W_q>1\}=\rho e^{-(\mu-\lambda)}=13.01\%$$

### 2.2 系统设计依据

本文设计的系统与传统技术相比,首先是对计算机的 PCI 插槽进行扩展,一台计算机可同时接 10 个串口,在增加了短信模块数量同时,也增加了通信带宽。如图 2 所示。

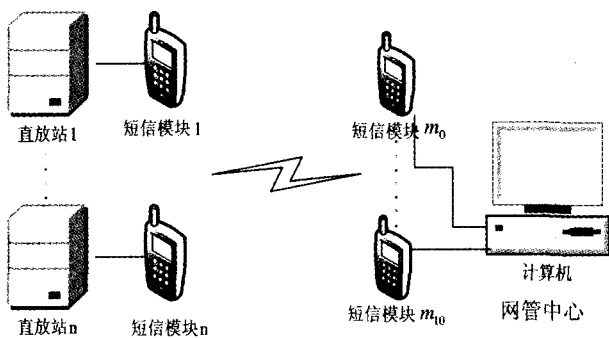


图 2 iRepeat 系统的通信模式

在监控中心的短消息模块不仅仅只负责管理用户所定义好的直放站通讯,还担负着通讯分流的作用。当直放站短消息模块一直无法收到监控中心的回应时,可以采用路由算法,寻找一个空闲的监控中心短消息模块发送。这样,不但提高了直放站与监控中心的通信效率,还降低了监控中心短信模块的工作负载。通过对该提桶的研究和分析可见,监控中心的短信模块接收数据信息属于  $M/M/c/\infty$  排队系统。

设现有监控系统可管理直放站数为 1000 台,每台直放站的故障率为 5%(即每台的告警率为 5%),监控中心短信模块有 10 个,每个短信模块的处理速度是 100 条/分钟,通过排队论我们可以推导出:

故障直放站的期望值是  $E=0.05\eta=50$  台;  
 $M/M/c/\infty$  的排队系统的  
 $c=10, \lambda=0.05\eta=50, \mu=52$ ;  
 则排队系统的交通强度为

$$\rho=\frac{\lambda}{\mu}=0.05\eta=0.96, \rho_c=\frac{\lambda}{c\mu}=0.005\eta=0.1;$$

平衡时任意时刻队长是 0 的概率为

$$p_0=\left(\sum_{j=0}^{c-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^c}{c! (c-\rho)}\right)^{-1}=0.38$$

平均等待队长为

$$\bar{N}_q=\frac{\rho^{c+1}}{(c-1)! (c-\rho)^2} p_0=3.38 \times 10^{-4}$$
 条

平均队长为  $\bar{N}=\bar{N}_q+\rho=0.96$  条

平均等待时间

$$\bar{W}_q=\frac{\bar{N}_q}{\lambda}=6.76 \times 10^{-6}$$
 分钟

平均逗留时间

$$\bar{W}=\bar{W}_q+\frac{1}{\mu}=0.019$$
 分钟

短信等待时间大于一分钟的概率为(即监控中心短信模块堵塞的概率):

$$P\{W_q>1\}=\frac{\rho^c}{1-\rho^c} e^{-\mu(c-\rho)}=6.02 \times 10^{-212}$$

从上面的分析我们不难看出,如果直放站监控系统管理同样数目的直放站,采用多串口技术,对直放站与监控中心间的通讯效率有了十分显著的提高。短信队列的平均等待队长降低了 7 万倍、短信的平均等待时间降低了 7 万倍、短信的平均处理时间快了 26 倍,更重要的是监控中心的短信模块的堵塞概率从 13% 降至几乎为零,使得短消息及时通讯的可靠性大大增加。

### 3 系统实现与实验

为验证本文的设计方法,本文对直放站监控系统进行了设计与实现,并进行了大数据样本实验。

#### 3.1 系统设计与实现

直放站综合监控系统主要完成对直放站的监控和管理。该系统由通讯层、协议层、应用层和显示层四个子系统完成,具体内容如表 1 所示。

表 1

| 模块  | 子模块       | 功能描述                      |
|-----|-----------|---------------------------|
| 通讯层 | 通讯层接口     | 向外提供统一的通讯层接口。             |
|     | GSM 通讯子层  | GSM 短消息通讯                 |
|     | CDMA 通讯子层 | CDMA 短消息通讯                |
|     | 串口直连通讯子层  | 串口直连通讯                    |
| 协议层 | 协议层接口     | 向外提供统一的协议层接口              |
|     | CDMA 协议子层 | 实现 CDMA 协议的编码和解码          |
|     | GSM 协议子层  | 实现 GSM 协议的编码和解码           |
| 应用层 | 应用层接口     | 向外提供统一的应用层接口              |
|     | CDMA 应用子层 | 实现针对 CDMA 协议应用级的解析入库和编码生成 |
|     | GSM 应用子层  | 实现针对 GSM 协议应用级的解析入库和编码生成  |
| 显示层 | 未明确划分子模块  | 实现显示界面的动态生成和显示数据的实时更新     |

直放站监控系统的体系结构如图 3 所示。

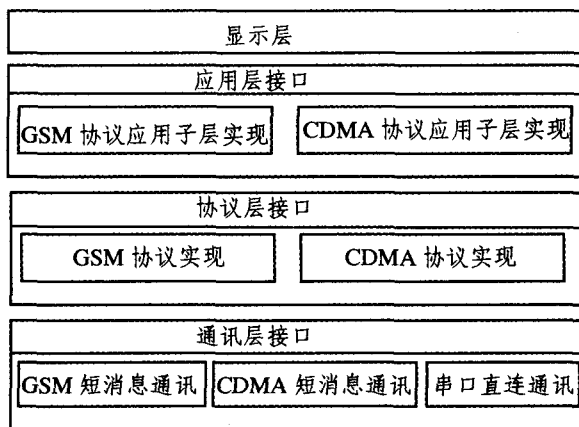


图 3 iRepeat 系统的体系结构

系统总体数据流图有数据包发送过程和数据包接收两个再赘述,原理近似。过程。发送过程如图 4 所示,限于篇幅,本文对数据包接受不

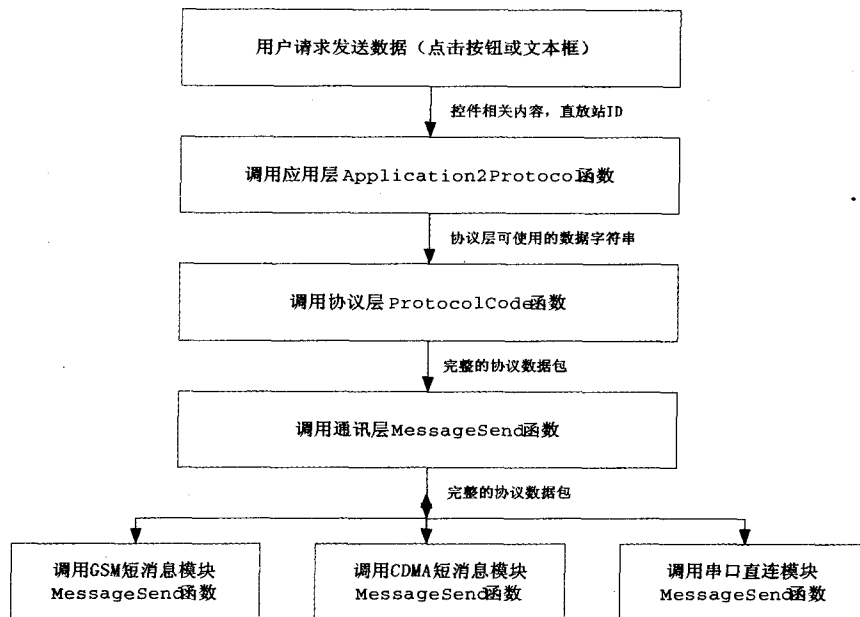


图 4 iRepeat 系统的数据包发送过程

### 3.2 实验过程与结论

为验证系统设计的有效性,本文对优化前后的系统性能进行了对比实验。实验中数据格式采用了《中国联通 CDMA 直放站综合监控管理协议规范 1.0》的标准。首先采用原有系统结构,即一个监控中心通过串口连接 20 个短信模块来监控 500 个直放站,为简化起见,实验中并未使用大批直放站,而是采用了一台报警控制主机和 500 个短信模块,来模拟 500 台 CDMA 直放站。实验中,当报警主机驱动短信模块进行报警时,只要同时报警超过 2 个,监控中心就会出现延迟等待;同时报警超过 10 个,则系统发生拥塞,表现为死等或瘫痪。

然后对扩展优化后的系统进行实验,在实现了系统的软件功能后,搭建了用于测试的实验环境。监控中心端由一台扩展为 10 个串口的 PC 连接 20 个短信模块来实现;为简化起见,实验中并未使用大批直放站,而是采用了一台报警控制主机和 500 个短信模块,来模拟 500 台 CDMA 直放站。实验开始后,报警控制主机驱动短信模块模拟多个直放站同时报警的状况。当同时报警数为 60 以下,系统工作正常;60 到 180 之间时,系统出现延迟现象;大于 180 时,则系统发生拥塞,表

现为死等或瘫痪。由以上实验可见,优化扩展后的监控系统的性能得到了显著提高。

**小结** 本文基于排队论,对手机直放站监控系统的通信瓶颈和阻塞进行了理论分析和设计。通过对直放站监控计算机的 PCI 插槽进行扩展,设计并实现了一个高性能的 iREPEAT 监控系统,并通过实验对该系统的设计方法和性能进行了验证。结果证明,本文所采取的方法能有效地解决现有直放站技术中,管理规模与通信拥塞之间的矛盾。

### 参考文献

- 1 米永涛. CDMA 直放站的原理及规划设计. 电信工程技术与标准化, 2003(3)
- 2 孔让梨, 王博. 现阶段 CDMA 网络中直放站的设计及应用. 电信技术, 2004(6)
- 3 王亚丽. 直放站网管系统的现状与发展分析. 移动通信, 2004, 28(5)
- 4 邱相群. 移动通信直放站的应用分析. 移动通信, 2003, 27(2)
- 5 张柏生, 任剑锋, 孟相如. 基于排队论的网络通信系统的建模与分析. 空军工程大学学报(自然科学版), 2002, 3(3)
- 7 Lai K, Baker M. Nettekimer; a tool for measuring bottleneck link bandwidth. In: Proc. of USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, March 2001, 1~12
- 8 Guojun J, Yang G, Crowley B R, et al. Network characterization service (NCS). In: Proc. of IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC), San Francisco, CA, USA, August 2001. 289~299
- 9 Jacobson V. Pathchar - A tool to infer characteristics of Internet paths. <http://ftp.ee.lbl.gov/pathchar/>
- 10 Mah B A. pchar: A tool for measuring internet path characteristics. <http://www.kitchenlab.org/www/bmah/software/pchar/>

(上接第 51 页)

- 4 Jain M, Dovrolis C. End-to-end available bandwidth: measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2003, 11(4): 537~549
- 5 Mathis M, Mahdavi J. Diagnosing Internet congestion with a transport layer performance tool. In: Proc. INET'96, Montreal, Canada, June 1996. 281~291
- 6 Shioda S, Yagi T, Mase K. A new approach to the bottleneck bandwidth measurement for an end-to-end network path. In: IEEE International Conference on Communications, Seoul, Korea, May 2005. 59~64