

Pilot Study on Disaster Tolerance Technology in Soft-Switch Framework for Mobile Communication Core Network

Fan Zhang¹, Xiaodan Gu²

1 Beijing Special Electrical Mechanical Research Institute, Beijing, China

2 Dept. of Information Equipment, Academy of Equipment Command & Technology, Beijing, China

Email: x_dan_2002@163.com

Abstract: On the basis of analyzing for the threats to the core network of mobile communication system, this paper has studied on how to promoted security and reliability of Mobile Switch Center under the Soft-Switch Framework. And it has emphasized on the comparison between the double-attached mechanism and the pool-area mechanism which are both network level disaster tolerance technology of MSC.

Keywords: Mobile Switch Center; Media Gateway; Double-Attached mechanism; Pool-Area mechanism

软交换架构下移动通信核心网络容灾技术初探

张帆¹, 顾晓丹²

1 北京特种机电技术研究所, 北京, 中国, 100012

2 装备指挥技术学院信息装备系, 北京, 中国, 101416

Email: x_dan_2002@163.com

摘要: 论文在移动通信核心网络威胁分析的基础上, 从设备级容灾和网络级容灾两个层面探讨了如何提高软交换架构下移动业务交换中心的安全可靠性, 重点分析和比较了基于双归属机制和池域机制的移动业务交换中心网络级容灾技术。

关键词: 移动业务交换中心; 媒体网关; 双归属机制; 池域机制

1 移动通信核心网络面临的安全威胁

第二代移动通信系统结构如图 1 所示, 基站控制器 (Base Station Controller, BSC) 与移动业务交换中心 (Mobile Switch Center, MSC) 的接口是一种树形结构, 即每个 BSC 只能被一个 MSC 控制, 如果 MSC 发生故

障, 受其管理的 BSC 就不能正常工作, 这将造成该服务区内业务的中断。

第三代移动通信系统则在上述结构的基础上在核心网引入了控制和承载分离的软交换架构, 即将 MSC 分离成移动交换中心服务器 (MSC Server) 和媒体网关

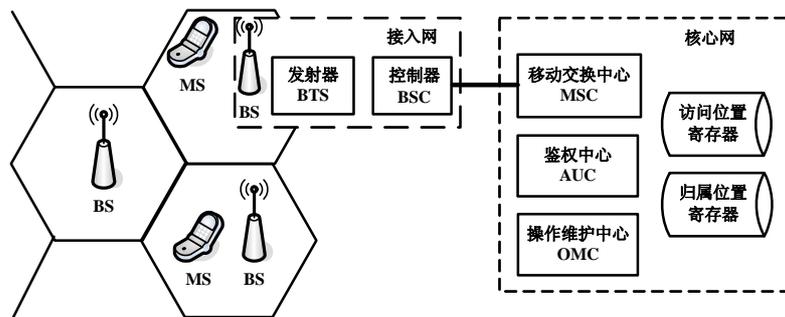


Figure 1. Structure of Mobile Communication System
图 1 移动通信系统结构示意图

(Media GateWay, MGW), 其中 MSC Server 负责信令处理、路由和业务, MGW 则负责媒体流处理。但是, 其接入网和核心网的接口仍为树形结构。如果 MSC Server 发生故障, 则其管辖的 MGW 和无线网络控制器 (Radio, Network Controller, RNC) 都不能正常工作, 这将造成服务区内业务的中断。

另一方面, 在移动通信网络中, 为了随时记录移动用户的位置、业务签约信息、业务受限信息和补充业务信息等, 所有的用户资料都会存储在核心网的数据库——访问位置寄存器 (Visitor Location Register, VLR) 和归属位置寄存器 (Home Location Register, HLR) 中。以 HLR 为例, 作为移动网络中最重要的数据中心, HLR 存放着移动用户的签约数据和位置信息, 一旦 HLR 发生故障, 将导致以下严重后果:

- (1) 所有呼入业务 (如被叫和接收短信) 的流失;
- (2) 用户不能做位置更新或重新入网;
- (3) 不能将鉴权信息发给 VLR, 有可能导致某些呼出失败;
- (4) 用户无法通过手机修改自己的登陆信息;
- (5) 客户服务系统不能在 HLR 新增用户和修改用户的业务数据等。

随着移动网络规模的扩大, 带来诸多急需解决的问题, 如网络的组织、管理、还有网络的安全性等。尤其是随着集成化程度的提高, 单网元设备的容量越来越大, 一旦出现故障, 将会导致对某个地区众多用户的服务中断, 造成不良影响。因此, 针对网络上的重要网元设备 (如 MSC、VLR、HLR 等) 进行灾备, 提高其安全可靠性显得尤为重要。由于篇幅限制, 本文主要讨论核心网中 MSC 的容灾技术, VLR、HLR 的容灾原理与其类似。下面, 我们将从设备级容灾和网络级容灾两个层面来探讨如何提高移动业务交换中心服务的安全性。

2 设备级容灾技术

考虑移动业务交换中心的设备级容灾, 可分为 MSC 服务器和媒体网关设备两方面。

MSC Server 硬件系统可采用单板的备份、负荷分担、冗余配置等可靠性设计方法, 并通过优化单板和系统的故障检测/隔离技术来提高系统可维护性。软件系统可采用模块化设计, 通过专业的容错能力、对故障的监视系统及对故障的合理处理来保证设备的可靠性。

MGW 的设备级容灾, 可采用模块化设计, 局部模块变化不会对其他功能模块造成影响。风扇和电源采用

冗余设计, 并提供多种告警处理机制。针对 MGW 设备容量较大的特点, 在板级备份的基础上, 为了避免 MGW 设备宕机影响的用户过多, 可基于硬盘分区的原理, 可以将一个 MGW 物理区分为多个逻辑上独立的虚拟 MGW (Virtual MGW, VMGW), 如图 2 所示。每一个 VMGW 可以连接多个 RNC, 并且可以独立注册到 MSC Server 上, 但是一个 VMGW 不能被多个 MSC Server 同时管理。这就大大减少了 MGW 宕机时造成的影响范围。此外, 还可通过多级用户权限管理、防火墙功能、密钥、鉴权等方式, 提供业务安全性, 从而提高系统性能和业务质量。

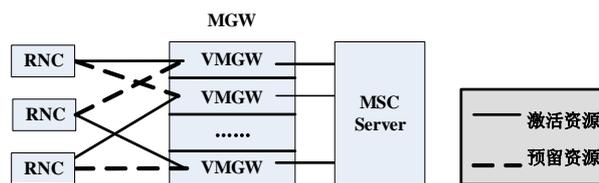


Figure 2. Structure of VMGW
图 2 VMGW 结构示意图

设备级容灾主要通过单板备份、端口备份和逻辑分区来保证移动业务交换中心设备本身的可靠性, 但是设备级容灾没有体现出针对设备失效的安全性措施。为了减少出现问题时移动业务受影响的范围, 通常的解决方法是尽量采取小容量 MSC 的策略来规避风险, 但这也不是根本的解决办法, 只有结合网络级备份, 才能真正保证系统安全性和服务连续性。

3 网络级容灾技术

3.1 双归属机制

MSC Server 与 MGW 间有控制和被控制的关系, 其网络级可靠性措施比较复杂, 一般采用 MGW 与 MSC Server 间的双归属机制来实现。引入备份 MSC 节点, 当主用 MSC 由于种种原因不能提供服务时, 备份 MSC 可以快速接管业务, 使得故障情况对网络运行和用户业务的影响降到最小。

目前的双归属方案主要有以下几种, 如图 3 所示。

- (1) 1+1 主备模式

主 MSC Server 与备 MSC Server 同时运行相同的软件和数据, 备用 MSC Server 是主用 MSC Server 的镜像, 备用 MSC Server 与外部网元如 HLR 等的信令链路处于非激活态。一旦主用 MSC Server 出现故障, 备用 MSC Server 将激活为主用 MSC Server, MGW 注册接入新的

MSC Server。该模式下，在资源上比较浪费，且如果主 MSC Server 和备 MSC Server 放在同一机房，虽然在网络配置上比较节约，但是容灾的效果将大为降低。

(2) 1+1 互助模式

两个 MSC Server 都预留部分资源给对方作为非激活的资源，一旦对方 MSC Server 出现故障，就激活预留的资源，接管对方管理的 MGW 等资源，原来独立运行的端局将合二为一。该互助模式在目前移动通信网中应用广泛，它要求网元必须成对配置，每个 MSC Server 都要预留资源，这将造成 MSC Server 处理能力的闲置。该容灾方式的网元配置数据比较复杂，也不够经济，是向 N+1 备份方式转变的过渡模式。

(3) N+1 备份模式

N+1 备份模式是指在由 N 个 MSC Server 组成的网络中，设置一个备份用的 MSC Server，平时 N 个 MSC Server 正常工作，备份用的 MSC Server 空转。当 N 个正常工作的 MSC Server 中一个出现故障时，备用的 MSC Server 自动接管故障的 MSC Server 下管理的 MGW 和 RNC。

(4) N+1 互助模式

N+1 互助模式中，采用 N 个主用 MSC Server 和 1 个灾备 MSC Server，而且灾备 MSC Server 也处理本局业务。灾备 MSC Server 实时备份 N 个主用 MSC Server 的数据，一旦主用 MSC 发生故障，容灾 MSC Server 将接管故障的主用 MSC Server 中的所有用户。

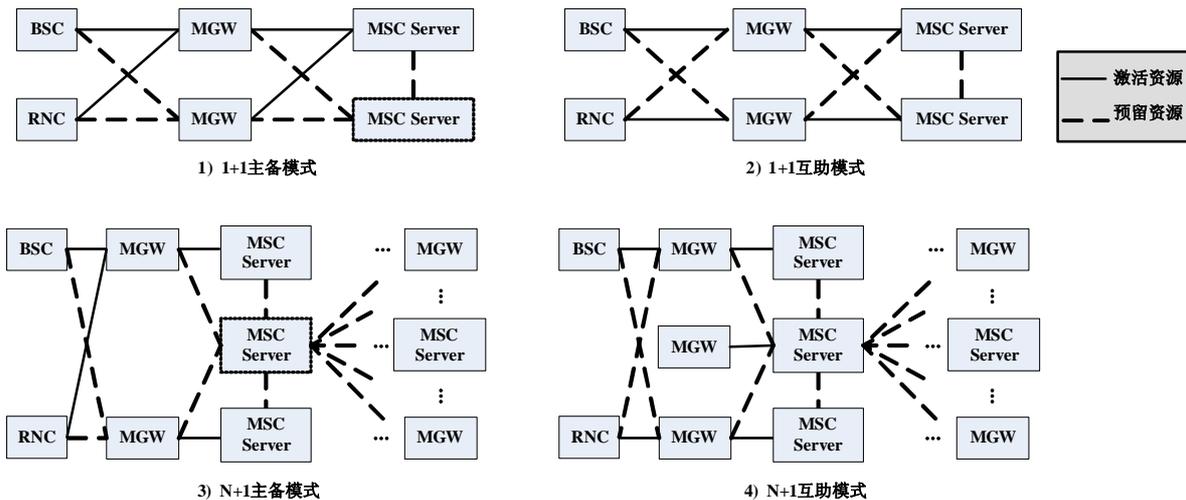


Figure 3. MSC Backup Scenarios based on Double-Attached Mechanism
图 3. 基于双归属机制的 MSC 灾备方案示意

N+1 备份模式的缺陷是无法处理两个 MSC Server 同时退网的情况，虽然两台 MSC Server 同时出现故障的概率非常低。但在移动运营商的实际网络中，由于局所的限制，大量网元可能设置在同一局所，甚至在同一机房，自然灾害和社会灾害可能会导致一个局所的设备都不可用。因此在现实中，出现 2 个以上 MSC Server 同时瘫痪的情况不可排除。此情况下，N+1 备份模式将不起作用。

3.2 池域机制

为了解决 N+1 备份模式的局限性和降低 1+1 备份模式的配置成本，WCDMA 引入了“池域 (Pool-Area)”的概念，即由多个同类网元组成的共同控制一个或多个

位置区的网元集合。核心网节点作为资源池，RNC 可以连接多个 MSC/SGSN 网元、池域。RNC 被池中的多个网元同时管理，RNC 的终端用户可以按照负载均衡的原则注册到池中的任意一个节点。

在物理连接上，一个 RNC 可以与多个 MGW 连接，以保证当其中一个 MGW 不可用时切换到别的 MGW 上。MGW 可以和 MSC Server 分开放置，它们不必为一一对应关系，MGW 和 MSC Server 可以是多对多的关系，一个 MGW 可受控于多个 MSC Server，如图 4 所示。

多个 MSC Server 形成一个池，一旦其中的一个 MSC Server 出现故障，此 MSC Server 所负责的用户可以马上被池域中的其他 MSC Server 接管，当用户重新

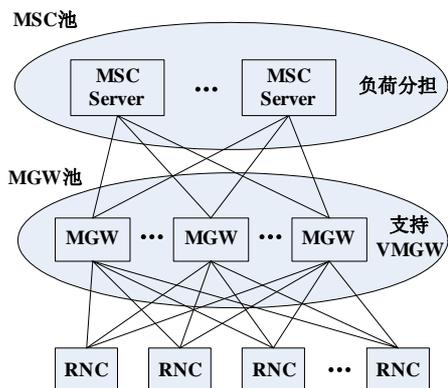


Figure 4. Structure of MSC Pool-Area
图 4. MSC 池域结构示意图

接入网络时，BSC/RNC 将实时用户分配至池中其他 MSC Server，使用户感受不到网络服务的中断，实现“零”宕机时间，从而保证其服务的连续性。

该技术的提出，改变之前协议中接入网-核心网的树形结构网络接口，代之以层次化网状结构，除了从根本上解决了树形结构所不能解决的灾备问题，其主要特点还有：

(1) 实现 MSC 之间的资源共享与互助。

在池域中的多个 MSC 是并行服务于 RNC 的，相互分担池域中的业务。增加池域容量简单容易，新增网元对现有网络影响很小甚至没有影响。当池域中某一节点出现故障或拥塞，BSC/RNC 可选择池域内其他可用节点接替，此时各个节点共同分担故障节点的业务，避免了双归属方式中容易出现的备份局点难以满足两个局点业务负荷要求的情况。

(2) 节省 MSC 的设计容量。

移动通信网络用户群一般是在市中心的工作区工作而在市郊的居住区居住，这导致市中心和市郊的 MSC 的负荷呈现“潮汐效应”。传统设计 MSC 容量时，为了使 MSC 满足业务要求，都是按可能的最大容量来进行设计，这导致 MSC 资源的浪费。而池域技术能实现 MSC 之间资源共享与互助，在市中心和市郊部分的位置区组成一个池域，多个池域可在市中心重叠，有效克服了“潮汐效应”，提高 MSC 资源利用效率，也能提高市中心 MSC 的容量。

(3) 减少 MSC 局间切换和到 HLR 的业务负担。

与单节点服务区相比，池域大大减少位置登记信令交互以及局间切换过程，减少了 MSC 到 HLR 的信令负荷，还大大减少了跨局切换的次数。

虽然这种层次化组网结构增加了网元的数目和配置的复杂度，风险和难度均增大。尤其跨地域 MSC 互助困难，核心网局部的调整会导致接入网全网范围的调整，需要全网升级，扩容复杂，因此目前多适用于热点地区或者小规模组网。

4 结论

在移动通信网络中，核心网络的 MSC 模块是业务处理中心，其容量一般都较大，且集中设置，是网络、设备安全的关键。为了防止单点故障引起大片区域业务中断的情况，MSC 网元除了要提供设备级的可靠性措施外，一般还需要提供网络级的可靠性措施。本文分析了针对 MSC Server 的单板备份和针对 MGW 的 VMGW 等设备级容灾技术，重点描述了针对 MSC 的双归属机制和池域机制两项网络级容灾技术。目前，池域技术多在热点地区或小规模组网中应用，在“大容量，少局所”的跨地域大本地网组网模式下，由于池域方案需要 RNC 将接口同时连接到多个 MGW，会引起接口位置不必要的路由迂回，因此，这种情况下建议采用双归属容灾方案。如果今后池域机制能和 VMGW 技术相结合，将能发挥更大的技术优势，同时减少引入池域带来的复杂性问题，还有待进一步研究。

References (参考文献)

- [1] Liu Caixia, Yu Dingju et al, RESEARCH ON HLR MOBILITY DATABASE FAILURE RECOVERY AND PERFORMANCE ANALYSIS FOR CDMA2000 SYSTEMS, JOURNAL OF ELECTRONICS, 2004, 21(4):296-305.
- [2] 3GPP TS 29.060, Technical Specification Group core Network, www.3gpp.org.
- [3] Xu Zhifa, Wang Haipeng, Analysis on the Key Technology of Telecom Disaster Tolerance System, Data Communications, 2003.01, P9-11.(Ch).
徐志发, 汪海鹏, 电信级容灾系统关键技术分析. 数据通信, 2003.01, P9-11.
- [4] Chen Gang, Study and Application for Disaster Tolerance Technology of WCDMA Mobile Database, Mater's Degree Paper, Central South University, 2005.03.(Ch).
陈刚, WCDMA 移动数据库容灾技术研究与应用, 硕士学位论文, 中南大学, 2005.03.