

GSM-R 信令监测选择录音系统设计与实现

余松平^{1,2}, 蔡志平¹, 吴建进², 谷凤芝²

(1. 国防科学技术大学, 湖南 长沙 410073;

2. 炬元通讯技术有限公司, 广东 广州 510663)

摘要:基于 GSM-R 的传统的录音系统具有通信事件和部分通话无法记录的局限,并且需要 GSM-R 网络的特别支持。文中提出了一种基于 GSM-R 信令监测的选择录音系统(OVRS),通过信令监测技术,对呼叫信令流程进行分析,根据录音规则选择性地记录语音和与语音通话相关的事件,有效解决了以上问题,具有易规划、易管理、安全保密、易操作、易维护的特点。首先介绍了 OVRS 系统的硬件架构和软件系统设计;然后,阐述了系统包含的信令链路自动识别、选择录音、DXC 设备控制等关键技术;最后,描述了系统的实现方案和实验结果,并对该系统的应用前景和社会效益、未来的工作进行了展望。

关键词:信令监测;选择录音;录音规则;信令链路;通信事件;呼叫

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)07-0047-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.012

Design and Implementation of an Optional Voice Recording System Based on GSM-R Signaling Monitoring

YU Song-ping^{1,2}, CAI Zhi-ping¹, WU Jian-jin², GU Feng-zhi²

(1. National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. JOYIT Communications, Guangzhou 510663, China)

Abstract: Traditional voice recording system based on GSM-R has limitations that communication events and part of calls can't be recorded, and the need for special support of the GSM-R network. In this paper, the Optional Voice Recording System (OVRS) based on the GSM-R signaling monitoring is proposed, with signaling monitoring technologies to analyze the process of calling signaling, recording voice alternatively according to recording rules and tracking communication events relating to voice call, which effectively solves the above problem. The OVRS is easy to plan, manage, secure, operate and maintain. First, the hardware architecture and software system designing of OVRS are introduced. Second, the key technologies of OVRS are elaborated, which includes the automatic identification of the signaling link, optional recording and DXC equipment control. Finally, the system implementation and experimental results are described, and the system application prospects, social benefits and future work are explained.

Key words: signaling monitoring; optional recording; recording rules; signaling link; communication event; voice calling

1 概述

中国铁路的高速发展对及时、准确地保障高速行驶的列车的运行安全提出了很高的要求,需要记录所有通信内容以便于发生事故后进行通信回溯、对事故原因进行具体分析、确定事故责任者,以及平时对少量职员工作状态进行实时监听。GSM-R^[1-4]是构建于成熟的 GSM 技术之上,专门为满足铁路通信运营和管理需求而开发的数字无线通信系统。对于 GSM-R

上的网络信息安全记录系统,国内外现已有的相关项目主要以通话录音为主,此类记录系统的技术实现方式有调度台录音和主动式中继录音^[5-6]两种方式。其中,调度台录音仅记录有调度人员参与的通话内容,对于机车司机与站台人员、机车司机与机务人员的通话无法记录,而且无法记录 GSM-R 网络中发生的通信事件(如:小区切换、位置更新)。主动式中继录音系统能够记录 GSM-R 网络中全部的通话内容,但同

收稿日期:2013-09-30

修回日期:2014-01-05

网络出版时间:2014-05-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61070198);广东省产学研结合项目(2011B090400569)

作者简介:余松平(1990-),男,安徽怀宁人,硕士研究生,研究方向为网络安全、移动通信;蔡志平,副教授,CCF 高级会员,研究方向为网络安全。

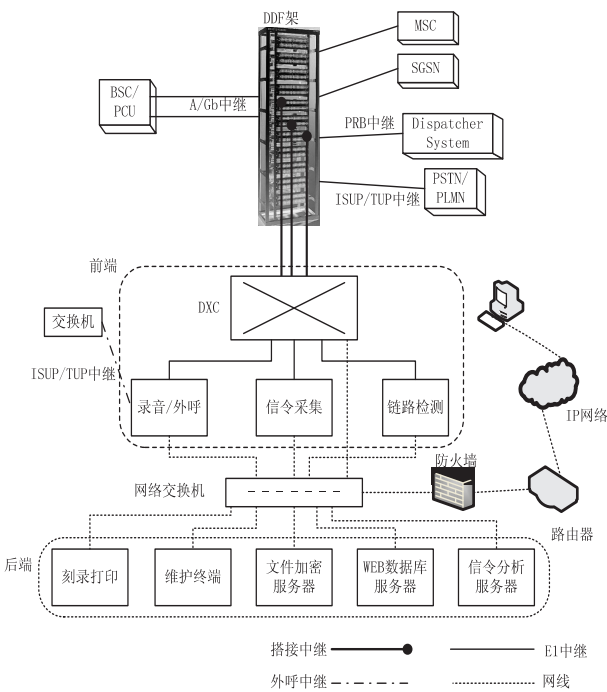
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140505.1618.001.html>

样无法记录网络中发生的通信事件。它们还有一个共同的缺点,记录系统与 GSM-R 网络紧耦合,需要 GSM-R 网络给予能力或资源上的支持。

为解决上述记录系统的不足,文中提出的基于 GSM-R 信令监测^[7-9]的选择录音系统采用了信令链路自动扫描技术识别信令链路,根据录音规则选择录音,采用多维度检索语音记录和话务量统计分析技术呈现呼叫相关信息,进一步改善 GSM-R 安全监测技术。

2 系统硬件架构

选择录音系统通过被动式搭接 GSM-R 的 A/Gb 口中继、调度台 PRA 中继、ISUP/TUP 中继。在 DDF 架上用三通高阻隔离器搭接被采集 E1/T1 中继,从高通隔离器隔离端口引线至系统的前端的数字交换连接设备(DXC),DXC 增益信号和将链路收敛到录音(呼叫)设备、信令采集设备、链路检测设备(信令采集和链路检测可以集成为一体);后端的设备与前端的设备通过交换机组成网络,通过 TCP/IP 进行通信。其中,信令分析服务器分析信令采集设备采集的信令数据;数据库服务器存放信令分析的结果以及业务统计信息;文件加密服务器对录音文件进行加密;维护终端主要向用户发送系统告警的信息(如硬盘故障、存储介质即将用完、处理资源占用达到临界值等,使系统不能正常工作的警戒信息);刻录打印机用于备份语音文件和打印系统的性能或业务的统计报表。系统的组网如图 1 所示。



3 软件系统设计

系统软件按功能划分为五个层次:设备控制层、分析记录层、数据中心层、业务应用层和呈现层。整个软件系统结构如图 2 所示。

3.1 设备控制层

设备控制层的数字交叉控制模块控制时隙交叉矩阵的动态建立以及监控 DXC 设备的运行状态;录音/呼叫设备控制模块更新选择录音的状态和录音/外呼设备的运行状态;通过 TCP/IP 接收系统控制传来的指

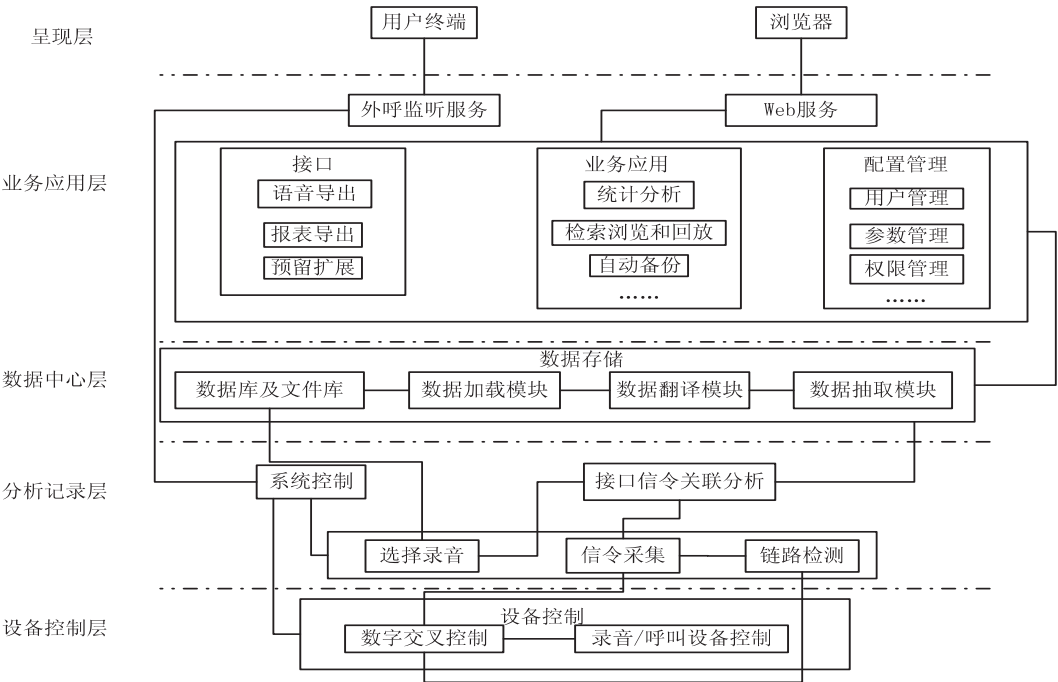


图 2 基于 GSM-R 的 OVRS 软件系统结构

令,并反馈响应消息。

3.2 分析记录层

系统的核心层—分析记录层通过链路检测模块自动识别出各个接口的信令链路,通过启动信令采集模块采集信令,信令数据交由接口信令关联分析模块分析,识别出呼叫信令后,启动选择录音模块,选择录音通过与系统控制模块交互消息,由系统控制模块发送命令至录音/呼叫控制模块进行录音。

3.3 数据中心层

系统的数据存储层,数据库存放与通话有关的事件和通话记录以及系统运行的相关信息,文件库存放系统的语音文件;数据加载模块、数据翻译模块、数据抽取模块专职于数据中心层和上下层的交互通信工作。

3.4 业务应用层

系统的逻辑应用层,包含的模块有

- (1)接口:语音导出、报表导出、预留拓展类型接口,为用户提供数据来源;
- (2)配置管理系统:用户管理、权限管理、参数配置、密钥管理、系统管理与操作维护,为用户提供系统访问权限及服务安全指数;
- (3)业务应用系统:浏览检索和展示回放、实时监听、实时短信告警、统计分析、自动备份,为业务应用的核心功能,用户的逻辑端;
- (4)外呼监听服务,为用户监听终端提供;
- (5)Web 服务,Web 的业务应用。

3.5 呈现层

直接面向终端实体,包括 Web 浏览器、用户终端、用户。用户通过终端可以获取实时的短信信息,通过 Web 浏览器远程访问系统,获取系统运行的状态信息和相关业务服务,例如检索语音信息、回放还原通话场景、查看某段时间的话务量统计信息等。

3.6 软件系统主要功能

1)采集信令数据。

通过链路自动扫描出信令链路(如 64K、2M、Nx64K、8K、16K、32K),分配采集资源,通过 TCP/IP 连接控制 DXC 的时隙矩阵,将链路交叉至信令采集设备的设定端口进行采集信令元;如按照(七号信令) SS7^[10-12]格式采集 A 口信令以及以 HDLC 格式采集 Gb 口信令。

2)分析记录语音以及通话监听。

全解析 A 口信令链路的七号信令单元,解析协议包括 MTP2、MTP3、SCCP、BSSMAP、DTAP 和 L3 消息;全解析 Gb 口信令链路的帧中继信号单元,解析协议包括 NS、BSSGP、BSSGP 用户 GMM(GPRS 移动性管理)和 BSSGP 用户 MM(网络管理);根据信令分析的

呼叫状态并结合录音规则控制录音过程的完成;根据监听条件以及分析的呼叫状态控制 IVR 呼出、播送被监听通话语音。

3)检索统计。

根据检索的条件(主叫信息、被叫信息、时间段、数据流种类、事件类型、通话起始 CGI 等)进行灵活组合检索,检索得到的结果按时间排序列表展现,可以滚动选择,对于语音流,提供右键菜单,可将多个语音流逐个接入“录音回放及关联事件展示”界面;详细结果浏览提供完整事件记录和短消息解码;录音回放,回放时间指示同语音通信实际发生时刻;如有关联事件记录,则回放界面在关联事件发生时间点示出关联事件。通过设置条件起始时间、结束时间、统计类型(话务量、通话时长、语音记录统计、语音统计)、通信号码、统计间隔(每天、每小时、高峰时间点),完成语音数据的话务统计。

4 关键技术

选择录音系统(OVRS)利用高阻搭接方式接入 GSM-R 网络,中继经 DXC 整型、均衡、放大后,包含于其中的信令链路被收敛交换到信令采集设备进行采集,其他话路时隙则根据呼叫信令分析的结果和录音规则,通过 DXC 动态交叉到录音取样设备进行选择录音。

4.1 信令链路自动识别

利用 A 接口或 Gb 接口为例来阐述 OVRS 的链路检测的流程。A 接口的 SS7 链路和 Gb 链路可能分布于 1~31 时隙中,信令链路自动识别能够检测出在 1~31 时隙中存在的 SS7 链路或 Gb 链路。识别逻辑如图 3 所示。

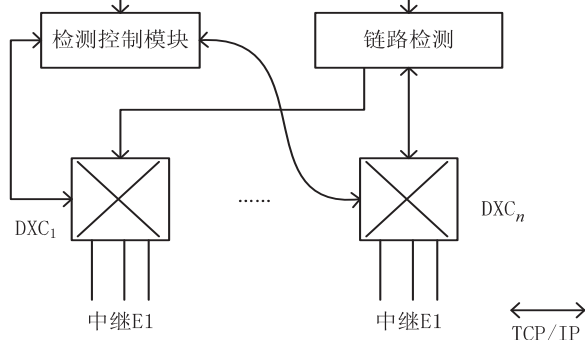


图3 信令链路自动识别逻辑连接

如图3所示,检测控制模块控制各个 DXC 轮流将 DXC 之上的 1~32 中继输出至连接于链路检测服务器的中继,同时检测控制模块通知链路检测模块开始进行链路检测。链路检测完成后,将检测结果发送给检测控制模块。检测控制模块在一轮检测完毕后,看检测结果是否有变化,若有变化则控制 DXC 调整收敛

的信令链路。

4.2 选择录音

OVRs 在信令分析阶段结合规则对部分通话不录音或者选择录音。规则满足如下要求:

(1)通过局向(来话、去话)条件、号码(号码角色、IMSI、MSISDN 等)条件生成规则集,利用权限设置位设定规则权限,默认的规则为空,按此规则语音信息全记录;

(2)规则的匹配采用抢占机制,有黑名单和白名单两张列表,所谓的抢占机制指的是当黑名单和白名单同时启用时,而规则又同时出现在黑名单和白名单中,则规则无效,过滤满足此规则的语音信息。其他的情况按照:规则出现在白名单中,记录满足此规则的语音信息;规则出现在黑名单中,过滤满足此规则的语音信息。

一次选择录音的流程如下:

Step1:接口信令关联分析模块接收信令采集模块发送的信令数据;

Step2:接口信令关联分析模块进行信元解析,如果是呼叫信令,则得到解析的规则索引(IMSI、MSISDN 等);否则,跳转到 Step1;

Step3:从录音规则集中检索出规则,获得该通话所对应的录音控制参数;如果号码出现在黑名单中,直接跳转到 Step1;

Step4:接口关联分析模块检测语音通话状态,若检测到语音通话的状态为进行状态,则获取语音通话的即时信息;

Step5:将获取的语音通话的即时信息与开始录音控制参数进行匹配,若其符合开始录音控制参数,发送开始录音命令至系统控制模块,系统控制模块通知录音/呼叫记录控制模块开始进行语音记录,并执行步骤 Step6,反之,返回步骤 Step4;

Step6:接口关联分析模块根据结束录音控制参数对语音通话进行监测,当监测到语音通话的实时状态符合结束录音控制参数时,发送停止录音指令到系统控制模块;

Step7:系统控制模块接收停止录音指令后,通知录音/呼叫记录控制模块停止录音,并将当前的语音记录数据生成语音文件后,发送到系统控制模块;

Step8:系统控制模块接收该语音文件后进行加密,并存储到数据存储模块的文件库中。

4.3 DXC 设备控制

OVRs 根据不同 DXC 的用途以及业务需要对 DXC 实施有效控制。DXC 分为两级,一级 DXC 直接接入 A 口中继;二级 DXC 对链路进行进一步收敛以提高采集设备和链路检测设备的利用率和效率,或者对

要录音的时隙进一步交换以提高录音设备的利用率和效率。二级 DXC 分为两种用途:信令时隙再收敛、链路检测和录音/IVR 时隙再汇聚,下面以 $32 \times 32 \text{E1}$ 规格的 DXC 为例介绍 DXC 数量的计算方法。

1)用于二级信令时隙再收敛的 DXC 配置数量与一级 DXC 的数量关系按照下面公式计算:

二级信令时隙再收敛 DXC 数量 = 一级 DXC 数量 / 16(向上取整数)

如:配置 4 台一级 DXC,则需配置 1 台用于信令时隙再收敛的 DXC。

2)用于二级链路探测 DXC 配置数量与一级 DXC 的数量关系按照下面公式计算:

二级链路探测 DXC 数量 = (一级 DXC 数量 - 8) / 32(向上取整数)

如:配置 9 台一级 DXC,则需配置 1 台用于信令时隙再收敛的 DXC。当一级 DXC 数量在 8 台(含 8 台)以下,无须另外配备二级链路探测 DXC。

3)用于二级录音时隙汇聚 DXC 配置数量与一级 DXC 的数量关系按照下面公式计算:

二级录音时隙汇聚 DXC 数量 = $32 / (\text{一级 DXC 数量} * 8)$

如:4 台一级 DXC,则需配置 1 台录音时隙汇聚 DXC。每台一级 DXC 输出 8 个 E1,可满足每台 DXC 上同时 124 个通话(包括双向语音),预留的量比较充足。系统对 DXC 设备的控制是通过 TCP/IP 通信进行的,网络连接模型如图 4 所示。

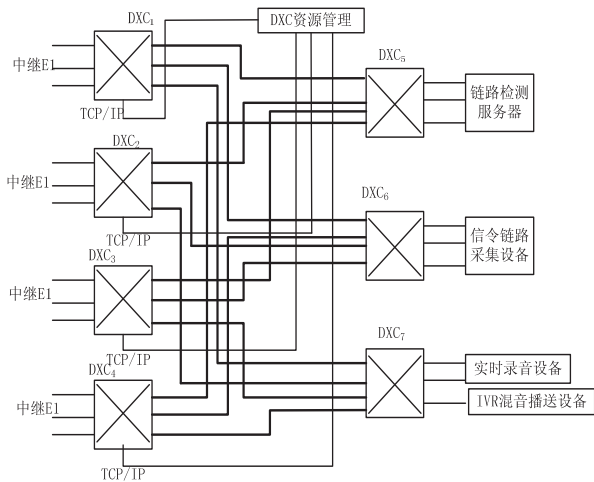


图 4 DXC 网络连接

5 系统实现及实验结果

选择录音系统在设计上采用面向模块化、层次化和分布式处理的理念;进程间通信,以 WEvent 为载体,以 Linux 系统 Message Queue 为通道;采用通用数据库(SYBASE 12.5 for Linux,客户端支持 Linux 和 Windows 两种操作系统)进行数据交换,沟通结合后台系统和

前台呈现部分。信令采集、分析及系统控制部分采用 Linux;CTI(录音和 IVR)部分采用 Windows;Web 页面采用 JAVA,同时兼顾系统的兼容性、适用性和可移植能力。

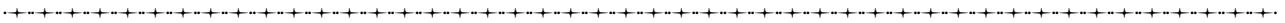
通过对 MS(139XXXXXXXX)某天一段时间(9:00-15:00)的语音数据进行话务量统计分析得到的结果如表 1 所示。其中,平均呼叫时长=总的呼叫时长/总的呼叫次数(呼入次数+呼出次数);话务量公式为: $A = C * t$ 。A 是话务量,单位为 Erl(爱尔兰),C 是呼叫次数,单位是个,t 是每次呼叫平均占用时长,单位是小时。一般话务量又称小时呼,统计的时间范围是 1 个小时。具体来讲,爱尔兰表示一个信道在考察时间内完全被占用的话务量强度,当每信道话务量>0.7 Erl/1(Erl/1 指每信道爱尔兰数)时,话务就会有溢出,BSC 接通率就会下降。

表 1 MS 的话务量统计

时刻	来话次数/次	去话次数/次	话务量(爱尔兰)	最大呼叫时长/s	最小呼叫时长/s	平均呼叫时长/s
9:00	13	23	32.46	88.548	3.376	32.460
10:00	9	27	38.75	42.572	36.846	38.749
11:00	13	17	9.05	23.268	6.673	10.861
12:00	21	9	68.89	89.916	34.817	82.665
13:00	18	17	36.25	62.445	16.700	37.282
14:00	12	25	15.52	39.382	10.095	15.100
15:00	16	5	7.30	87.416	11.177	12.518

6 结束语

该系统于 2013 年 4 月完成开发,并部署在部分的澳洲铁路检测系统中,成功运行,收到了良好的监测效果。实际的应用表明,系统能够回溯、定位和重现某一时刻通信情况,有助于事故原因分析和安全责任的落实,对优化网络服务和运营、社会公共安全起着良好的



(上接第 46 页)

France;IEEE,2003:1218-1225.

[4] Peleg S,Rousso B,Rav-Acha A,et al. Mosaicing on adaptive manifolds[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2000,22(10):1144-1154.

[5] Zou Lihui,Chen Jie,Zhang Juan,et al. An image mosaicing approach for video sequence based on space-time manifolds [C]//Proc of the 29th Chinese control conference. Beijing: IEEE,2010:3003-3006.

[6] 方贤勇,张明敏,潘志庚,等. 基于图切割的图像拼接技术研究[J]. 中国图象图形学报,2007,12(12):2050-2056.

[7] Szeliski R. Image alignment and stitching:a tutorial[R]. [s. l.]:[s. n.],2006.

[8] 孙明伟. 正射影像全自动快速制作关键技术研究[D]. 武汉:武汉大学,2008.

[9] Gracias N,Mahoor M,Negahdaripour S,et al. Fast image bl-

监督和保障作用。下一步将对系统的网络应用场景和系统容灾^[13-14]性能等方面做进一步研究。

参考文献:

[1] 刘秋明,郭嘉,葛海平,等. 高速铁路对 GSM 网络带来的影响及其解决方案[J]. 电信科学,2007,23(11):81-84.

[2] 苗丽丽,赵晓亮,贾怀义,等. GSM-R 网络的业务实现及最新进展[J]. 电信科学,2005,21(10):39-42.

[3] 钟章队,李旭,蒋文怡. 铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)[M]. 北京:中国铁道出版社,2003.

[4] 韩斌杰. GSM 原理及其网络优化[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

[5] 王骞. 铁路无线通信便携式语音记录与中继系统设计[J]. 铁路计算机应用,2009,18(2):42-45.

[6] 王宏波. E1 中继录音监听系统的研究与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2008.

[7] 韦薇,张扬. 信令监测系统架构规范的演进[J]. 电信工程技术与标准化,2011,24(4):48-52.

[8] 李娟,雒江涛. 用户感知智能分析系统 Abis 接口信令监测的研究[J]. 电信科学,2012,28(9):58-62.

[9] 张弢,雒江涛,杨理想. 3G 核心网话音质量监测系统中媒体流数据预处理模块的研究与开发[J]. 电信科学,2012,28(7):70-75.

[10] ITU2T. Signaling system No. 7 protocol tests[R]. [s. l.]:[s. n.],1993.

[11] BELLCORE. Signaling transfer point (STP) generic requirements[R]. [s. l.]:[s. n.],1996.

[12] BELLCORE. Specification of signaling system number 7[R]. [s. l.]:[s. n.],1998.

[13] 毛秀青,陈性元,杨英杰,等. 面向容灾的自适应故障检测框架研究[J]. 计算机工程,2012,38(7):4-6.

[14] 陈鹏,杨频,赵奎,等. 远程容灾系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2011,32(10):3247-3250.

ending using watersheds and graph cuts[J]. Image and Vision Computing,2009,27(5):597-607.

[10] 王年,范益政,鲍文霞,等. 基于图割的图像匹配算法[J]. 电子学报,2006,34(2):232-236.

[11] Zeng W,Du J,Gao W,et al. Robust moving object segmentation on H.264/AVC compressed video using the block-based MRF model[J]. Real-time Imaging,2005,11(4):290-299.

[12] Tsechpenakis G,Rapantzkos K,Tsapatsanlis N. A snake model for object tracking in natural sequences[J]. Signal Processing Image Communication,2004,19(3):219-238.

[13] 连静. 图像边缘特征提取算法研究及应用[D]. 长春:吉林大学,2008.

[14] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision,2004,60(2):90-110.

作者：[余松平](#)，[蔡志平](#)，[吴建进](#)，[谷凤芝](#)，[YU Song-ping](#)，[CAI Zhi-ping](#)，[WU Jian-jin](#)，[GU Feng-zhi](#)
作者单位：[余松平, YU Song-ping\(国防科学技术大学, 湖南 长沙 410073; 炬元通讯技术有限公司, 广东 广州 510663\)](#)，[蔡志平, CAI Zhi-ping\(国防科学技术大学, 湖南 长沙, 410073\)](#)，[吴建进, 谷凤芝, WU Jian-jin, GU Feng-zhi\(炬元通讯技术有限公司, 广东 广州, 510663\)](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2014(7)

参考文献(14条)

1. [刘秋明;郭嘉;葛海平](#) [高速铁路对GSM网络带来的影响及其解决方案](#) 2007(11)
2. [苗丽丽;赵晓亮;贾怀义](#) [GSM-R网络的业务实现及最新进展](#) 2005(10)
3. [钟章队;李旭;蒋文怡](#) [铁路综合数字移动通信系统\(GSM-R\)](#) 2003
4. [韩斌杰](#) [GSM原理及其网络优化](#) 2004
5. [王骞](#) [铁路无线通信便携式语音记录与中继系统设计](#) 2009(02)
6. [王宏波](#) [E1中继录音监听系统的研究与实现](#) 2008
7. [韦薇;张扬](#) [信令监测系统架构规范的演进](#) 2011(04)
8. [李娟;雒江涛](#) [用户感知智能分析系统Abis接口信令监测的研究](#) 2012(09)
9. [张弢;雒江涛;杨理想](#) [3G核心网话音质量监测系统中媒体流数据预处理模块的研究与开发](#) 2012(07)
10. [ITU2T](#) [Signaling system No. 7 protocol tests](#) 1993
11. [BELLCORE](#) [Signaling transfer point\(STP\)generic require-ments](#) 1996
12. [BELLCORE](#) [Specification of signaling system number 7](#) 1998
13. [毛秀青;陈性元;杨英杰](#) [面向容灾的自适应故障检测框架研究](#) 2012(07)
14. [陈鹏;杨频;赵奎](#) [远程容灾系统的设计与实现](#) 2011(10)

引用本文格式：[余松平](#).[蔡志平](#).[吴建进](#).[谷凤芝](#).[YU Song-ping](#).[CAI Zhi-ping](#).[WU Jian-jin](#).[GU Feng-zhi](#) [GSM-R信令监测选择录音系统设计与实现](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(7)