

基于锚节点可靠路由的 IMS 电话呼叫分拣方法^①



罗威¹, 赵金城², 宋江², 江淞², 丁仪³, 刘锐¹

¹(南京南瑞信息通信科技有限公司, 南京 210003)

²(国网江苏省电力有限公司 信息通信分公司, 南京 210024)

³(南京邮电大学 通信与信息工程学院, 南京 210003)

通讯作者: 丁仪, E-mail: dingyi@njupt.edu.cn

摘要: 传统的网络架构在会话过程常发生网络中断从而无法提供足够的安全保障, 针对现有的系统不能获取和组装通话记录, 以及电话终端无法及时可靠地查询员工的通话记录的情况. 提出了一种基于锚节点可靠路由协议的 IMS 电话呼叫分拣方法, 通过流量捕捉模块将捕获的流量进行端口镜像, 并解析 SIP 协议数据, 其中流量当前 IP 报文通过预测链路生命期之后的候选中继节点的存在来识别更可靠的链路进行转发, 以降低数据丢失的频率, 提高员工的行政办公效率. 将本文提出的优化的路由算法 RRCP 与 GBSR 和 FMHR 路由协议算法进行比较, 通过网络仿真技术搭建网络通信模型, 分析并验证上述路由优化协议在路由的故障数, 丢包率, 数据交付延时, 平均跳数上显示出更好的性能, 并在实际的监控系统测试中监控响应时长有效降低.

关键词: 路由优化; 中继节点; 电力物联网; IMS; 网络仿真

引用格式: 罗威, 赵金城, 宋江, 江淞, 丁仪, 刘锐. 基于锚节点可靠路由的 IMS 电话呼叫分拣方法. 计算机系统应用, 2020, 29(7): 117-122. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7439.html>

IMS Telephone Call Sorting Method Based on Reliable Routing of Anchor Nodes

LUO Wei¹, ZHAO Jin-Cheng², SONG Jiang², JIANG Song², DING Yi³, LIU Rui¹

¹(NARI Group Corporation Information & Communication Technology Co. Ltd., Nanjing 210003, China)

²(Information and Communication Branch, State Grid Jiangsu Electric Power Co. Ltd., Nanjing 210024, China)

³(College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The traditional network architecture often causes network interruption during the session process, which cannot provide sufficient security. The existing system cannot acquire and assemble the call record, and the telephone terminal cannot timely and reliably query the employee's call record. An IMS telephone call sorting method based on the reliable routing protocol of the anchor node is proposed. The traffic capture module performs port mirroring on the captured traffic and parses the SIP protocol data. The current IP packet of the traffic passes the predicted link lifetime. The existence of candidate relay nodes to identify more reliable links for forwarding, to reduce the frequency of data loss, and improve the administrative efficiency of employees. The optimized routing algorithm RRCP proposed in this paper is compared with the traditional GRP algorithm. The network communication model is built by network simulation technology. The number of faults, packet loss rate, data delivery delay and average hop of the route optimization protocol are analyzed and verified. The number shows better performance.

Key words: route optimization; relay node; power internet of things; IMS; network simulation

① 基金项目: 国家电网公司科技项目 (5246DR190037)

Foundation item: Science and Technology Project of State Grid Corporation of China (5246DR190037)

收稿时间: 2019-08-30; 修改时间: 2019-09-29, 2019-11-05; 采用时间: 2019-12-09; csa 在线出版时间: 2020-07-03

1 引言

过去电力系统的行政交换网以电路交换为主,为日常行政办公提供优质的语音,传输等通信业务。随着业务的不断增加,现有的程控设备已不能满足发展的需求,国网公司近年来逐步在全国推广 IMS 技术^[1]。

电力公司现有的 IMS 系统基本可以满足企业员工的正常通话的需求,但是公司不能获取终端的详细通话记录和将通话记录保存到公司的后台数据库中,无法提供给员工们查询来电信息^[2]。对于传统的路由协议仍存在的传输时延长、路由发送成功率低、链路断裂频繁等问题, Sukdea Yu 等^[3]提出了一种贪婪边界优势路由 (GBSR)。当节点面向局部最大值时,节点生成边界优越图而不是生成平面图,恢复模式中的数据包可以使用图形尽可能快地从恢复模式中退出。但是在链路路由断裂的条件下,再进行路由的恢复,这样的恢复具有很大的时延性。Bilal 等^[4]提出了 FMHR 算法,该算法在基于贪婪算法选择最远的下一跳同时,还考虑到下一跳节点的速度和方向,增加了链路的相对稳定性。但方向很难精确确定,这也将大大增加计算负载和额外开销。

通过查阅相关资料,能够完全适配于 IMS 体统的路由协议很少,根据现有路由协议的缺点,提出一种一种基于锚节点可靠路由协议 (RRCP),可以降低路由故障和数据丢失的频率,同时保持较低的路由开销,在源节点和目的节点之间建立更稳固的路由。

2 基于 IMS 的监控系统

如图 1,该系统首先将域外和域内的通话流量镜像到一个端口,存储到流量捕获模块中;然后把捕获的流量利用 SIP 协议进行解析处理,获得一些必要的报文参数^[5];接着分析和处理呼叫数据记录,生成通话记录;最终可以将用户的通话记录保存到公司的后台数据库中,便于提供给终端系统查询。IMS 的监控系统架构如图 2。

方法流程为:

S1: 将 P-CSCF 端口及 AGCF 端口的流量通过端口镜像技术保存到一个端口上。域内的用户通过交换机连接到 P-CSCF 端口,域外的用户通过交换机连接 AGCF 端口,用户的通话流量存在各自对应的端口中,流量不能同时保存到一个端口,这样就不能很好地处理端口的流量。所以将 P-CSCF 和 AGCF 端口通过交换机连接到镜像端口,然后利用端口镜像技术监听流

量的数据包,并将网络数据流传递给流量捕获模块,这时所需要处理流量可以同时保存到一个镜像端口中,然后将其映射到 IMS 外的通话记录分拣服务其中,可以方便地进一步处理数据。

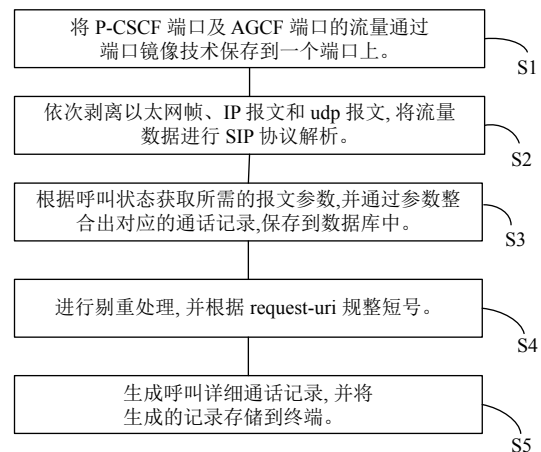


图 1 IMS 的监控系统流程示意图

S2: 依次剥离以太网帧、IP 报文和 udp 报文,将流量数据进行 SIP 协议解析。

S3: 根据呼叫状态获取所需的报文参数,并通过参数整合出对应的通话记录,保存到数据库中。要想生成完整的呼叫通话记录 (CDR),使用 SIP 协议解析的字段信息较多,并且呼叫状态的不同所需解析的报文字段也不一样。

当接收到 Invite 请求时,并且有 ACK 进行响应请求,表明该呼叫正常接通,此时 SIP 协议会解析 From 字段的标签参数和 To 字段的标签参数,From 和 To 标签参数是最小 32 位宽的真正随机数,可以识别主叫方和被叫方,然后通过获取 calling Number 和 called Number 提取到通话的主叫号码和被叫号码。在这次呼叫应答过程中,解析获取 Call ID 字段的值,Call ID 是给定时间内 IMS 域内的唯一 ID,可以识别出此次会话的唯一连接。当在这次 Invite 请求响应结束接收到 Bye 消息时,表明这个会话正常结束,利用 SIP 协议解析报文获得 request Time、start Time 和 end Time 等标签。其中,request Time、start Time 和 end Time 分别记录通话的请求、开始和结束时间,start Time 仅在通话正常接通的情况下记录。这时就会生成一条临时的通话记录存储到数据库中。

当接收到 Invite 请求时,若没有 ACK 响应请求,会通过 SIP 解析出响应消息状态码,若是 480、486、

487,则表示对方没有接听电话.此时解析出 From 字段的标签参数和 To 字段的标签参数,依然可以判断出主叫方和被叫方,然后通过获取的 calling Number 和 called Number 提取到发起会话的主叫号码和被叫号码,最后利用 SIP 协议解析报文获得 request Time 标签,可以获知主叫方发起会话请求的时间.此时也会生成一条临时的通话记录保存到数据库中.

S4: 通过在 IMS 核心网集中分拣一个用户下的所有终端电话呼叫 SIP 信令,合并同一身份对应的多终

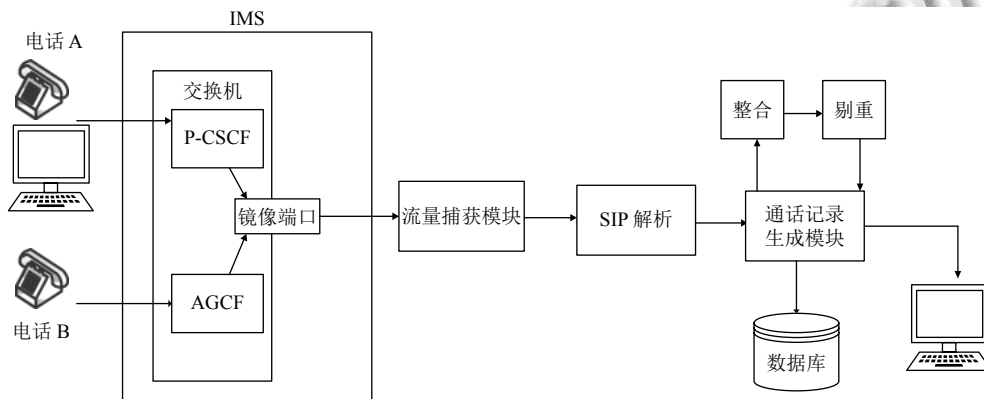


图2 IMS的监控系统架构图

S5: 合并同一身份对应的多终端来电信息后生成的呼叫数据记录,生成呼叫详细通话记录,并将生成的记录存储到终端.经过上述步骤,本系统利用表格将生成的呼叫详细通话记录存储到终端,以方便用户可以查询通话记录.

3 基于锚节点的可靠路由优化算法

在上一节基于IMS的监控系统S3流量捕捉模块中,流量当前IP报文通过预测链路生命期之后的候选中继节点的存在来识别更可靠的链路进行转发.

因此本章提出路由优化的协议(RRCP)主要包括3个方面:路径选择、下一跳转发机制和预测中继节点的优化.首先是路径选择方面,在实际数据转发之前增加一个选择路径的过程,将端到端的连通概率作为转发路径的依据.其次是下一跳转发机制的优化,不采用基于贪婪算法选择最远下一跳,而是选择最靠近下一个锚点的邻居节点作为下一跳节点.最后是预测中继节点方面,先确定下一个中继节点并计算出链路生命期.再对当前中继节点的邻居节点进行位置预测,随后判断邻居节点在链路生命期内是否离开了当前中继节点的通信范围,若离开了当前中继节点的通信范围,则

端来电信息后生成的呼叫数据记录.进行别重处理,并根据 request-uri 规整短号.上一步中生成的通话记录临时保存到数据库中,当同一个用户再次向一个用户发起同样的请求时,首先通过 From 和 To 标签判断主被叫,然后利用 Call ID 进行强识别,若 Call ID 相等的话,则该条通话记录不会被保存到数据库中,以达到别重的效果.如果 sip header 中的 From 标签和 To 标签中都是短号的话,则会从 request-uri 头域取长号前缀,来补齐短信.

当前中继节点发送阻塞的消息给起始锚节点,锚节点立刻选择另一条最短路径.

3.1 路径选择机制

当源节点S开始发送数据分组之前,首先要进行转发路径的选择,即构建通往目的地节点D的路由路径.因此源节点S首先发送路径发现请求的报文信息,源节点的速度向量以及目的节点的位置等均被记录到广播报文的报头中^[6].接收到广播报文的邻居节点,计算离上一跳节点的连接概率.

假设 n 条路径中的某一条路径 $Path(i)$ 由 k 条链路构成,每条链路的协助连通概率为 P_l ,其中 $l=1,2,3,\dots,k$,则该 $Path(i)$ 的连通概率为:

$$P_{path(i)} = \prod_{i=1}^k P_i \quad (1)$$

转发路径发现请求的每个节点通过其自己的数据重写报文分组中的“前节点的速度向量”字段.如果节点的速度向量的方向与“前节点的速度向量”字段不同(即非平行),则节点将锚点添加到广播包,锚节点包含当前节点的坐标和先前节点的坐标以及它们各自的速度矢量^[7].当广播路径通过新的交叉时,则将另一个锚节点添加到分组^[8].最后,当广播到达目的地时,目的地

节点到源节点的整个路径被记录为一组中间锚节点。

目的节点 D 在接收到多条路径的信息后, 目的节点 D 选择一条协助连通概率最高的路径作为最优路径^[9]。随后路由答复从目的地节点 D 发送回源节点 S。路由答复是单播分组, 其包含目的地的坐标和速度向量、一组锚节点信息以及其他一些到达目的地的路上路由请求收集到的信息。当源节点 S 接收到路由答复后, 记录下路径信息并可以开始发送数据分组。

3.2 下一跳转发机制

该路由方案采用了锚节点, 源节点接收到目的地节点关于这组锚节点的速度矢量、位置等信息。当前中继节点在选择下一跳的时候, 并不采用传统的贪婪算法将数据分组转发到地理上更接近目的地的邻居节点, 而是选择最靠近下一个锚点的邻居节点。

为了避免多次尝试逐渐接近下一个锚节点, 每次转发的节点检查其位置和下一个锚点的位置是否小于节点覆盖范围的一半。如果是, 则标记该锚点, 并且选择下一个锚节点作为下一个转发节点; 如果不是, 则继续该过程, 寻找下一个邻居节点直到分组到达其目的地节点^[10]。

3.3 预测候选中继节点方法

假设锚节点为在报文传输途中路径的交点处, 定义两个锚节点之间的路段为链路^[11]; 在传输过程中, 锚节点接收到数据分组, 选择最靠近的链路, 将分组转发给此链路; 如果锚节点发现所选择的链路阻塞, 则选择最接近下一个锚点的链路^[12,13]。如图 3 所示, 在最接近下一个锚节点的链路 (即链路 1) 上出现阻塞的示例场景。在这种情况下, 锚节点 A 在从中继节点接收阻塞消息之后, 将重新规划路由到的下一个最接近下一个锚节点的链路 2。

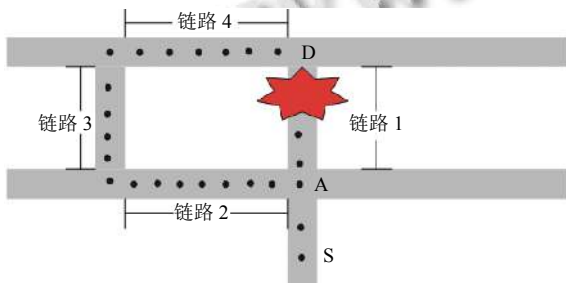


图 3 阻塞发生情况模型图

具体算法的实施方法流程可以分为以下 4 个步骤:

步骤 1. 当前中继节点将最接近下一个锚节点的目的地确定为下一个中继节点, 并计算出此链路的生命

期。 P_n 和 P_c 分别表示新选择的中继节点和当前中继节点。使用邻居表中的信息, P_c 将最接近下一个锚节点的节点确定为下一个中继节点 P_n , 根据 P_c 和 P_n 的位置及速度信息可以估计出此链路的生命期 it_expire 。

$$it_expire = \frac{R - \sqrt{(x_n - x_c)^2 + (y_n - y_c)^2}}{\left| \vec{v}_n \right| - \left| \vec{v}_c \right|} \quad (2)$$

步骤 2. 对当前中继节点的邻居节点进行位置预测。

$$nx_i = nb_x_i + nb_dx_i \times it_expire$$

$$ny_i = nb_y_i + nb_dy_i \times it_expire \quad (3)$$

$$D = \sqrt{(x_c - nx_i)^2 + (y_c - ny_i)^2} \quad (4)$$

步骤 3. 通过式 (3) 对 P_c 的邻居节点 i 的位置进行预测; 通过式 (4) 计算此时邻居节点 i 与 P_c 的位置之间的距离。若 $D < R$, 则选择的这条链路并无阻塞, 因此节点 P_c 发送一个无链路断裂的消息给起始锚点, P_c 继续正常接收数据和发送数据; 若 $D \geq R$, 则选择的这条链路有阻塞, 则表示当链路生命期结束时, 在所选的链路上有链路断裂, 节点 P_c 接收到这样的信息后, 立刻发送包含的阻塞消息以及 P_n 的位置给起始锚节点, 起始锚节点在高速缓冲区中保存 it_expire 的信息, 并选择另一条最短的链路来传递信息。

步骤 4. 在 it_expire 到期前, 定义一个预定间隔, 每过一次预定间隔, P_c 便重新检测阻塞的链路上是否依旧是 $D \geq R$, 若发现 $D < R$, 则向起始锚节点发送无阻塞消息, 此时起始锚节点可从高速缓冲中去掉 P_c 的 it_expire 消息, 并恢复该阻塞链路的非阻塞状态。

4 性能分析与评价

4.1 路由算法仿真实验

本文利用的网络仿真工具是 OMNeT++ 软件。实验设置基于 $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ 的数据传输情景: 5 条横向和 5 条垂直的数据传输通道。数据沿着给定的传输路径行进, 直到它们到达交叉传输口, 然后以相等的概率随机地在可用方向之一 (直行, 向右或向左) 中继续传输。实验的参数设置如表 1 所示。

此算法由路由故障数、丢包率、数据交付延时、平均跳数这 4 个度量衡量, 并根据 GBSR 和 FMHR 路由协议来评价所提出的基于锚节点的可靠路由优化协议的性能^[14,15]。根据实验参数设置完毕后, 接下来分别对 GBSR 和 FMHR 路由协议以及 RRCP 协议进行仿真, 仿真的变量是节点密度, 用 recordScalar 函数输出

程序中 4 种度量参数的值. 根据仿真结果在 Matlab 中画出节点密度与 4 种度量参数的关系.

表 1 实验参数设置

参数	配置
仿真区域	3 km×3 km
数据通信范围	250 m
数据包大小	1024 bytes
发包速率	10 packet/s
节点数	10-35 辆/km
中继节点选择间隔	1 s
候选节点预测间隔	1 s
信标间隔	0.5 s
仿真时间	600 s

图 4 显示路由故障的数目随着节点密度的增长而减小, 当节点密度小于 20 个/km 时, RRCP 协议与 GBSR 和 FMHR 协议相比有更低的路由故障. 在更密集部署的网络的情况下, 这 3 种协议的性能在路由故障方面相似. 图 5 显示丢包率随着节点密度的增长而减小. 当节点密度小于 30 个/km 时, RRCP 协议与 GBSR 和 FMHR 协议相比有更低的丢包率, 在更密集部署的网络的情况下, 这 3 种协议的性能在丢包率方面无太大差别. 图 6 显示平均跳数随着节点密度的增长而减小. 也就是说, 当网络密集节点密度对 GBSR、FMHR 协议或 RRCP 协议没有显著的影响. 但是当节点大于 30 个/km 时, GBSR 和 FMHR 路由协议显示出比 RRCP 协议稍微更小的平均跳数. 图 7 显示数据分组的延时主要取决于数据包传输过程中的跳数. 对于 GBSR、FMHR 协议和 RRCP 协议, 数据交付延时随着节点密度的增加而减小. 也就是说, 当网络密集, 节点密度对 GBSR、FMHR 协议或 RRCP 协议没有显著的影响. 但是当密度大于 30 个/km 时, GBSR 和 FMHR 协议显示出比 RRCP 协议稍微更小的数据交付延时.

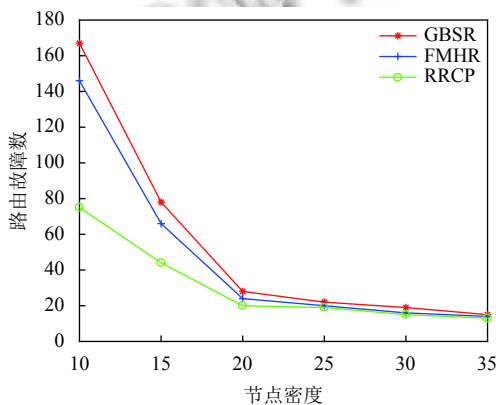


图 4 路由故障数

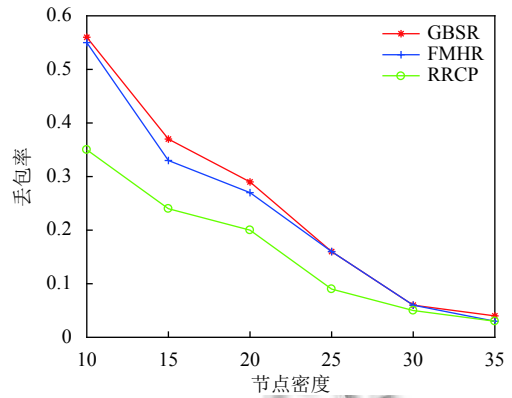


图 5 丢包率

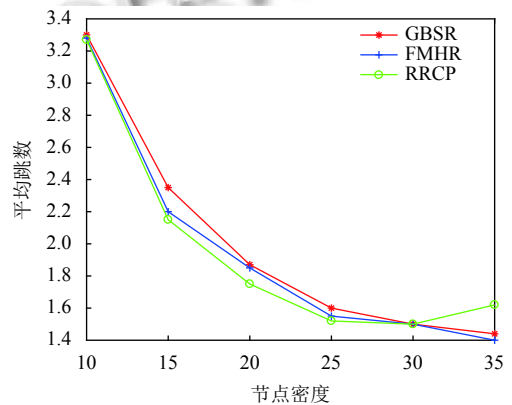


图 6 平均跳数

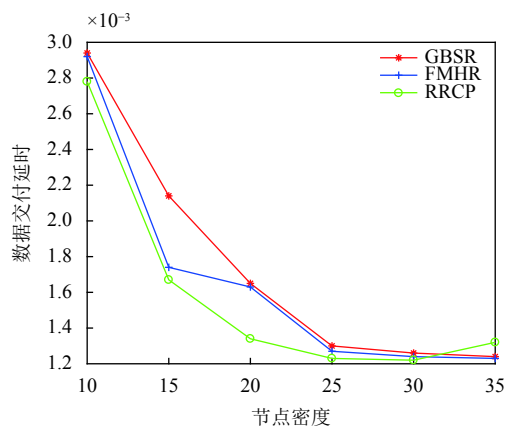


图 7 数据交付延时

4.2 IMS 监控系统的测试

以上验证了本文算法的优越性, 还需对监控系统进行功能性测试. 如图 8 所示, 使用 RRCP 协议后, 较传统的 IMS 监控系统, 在监控响应时长上有较大改善. 实验组与对照组同时对相同的信息量进行监控, 分别记录系统在处理 10、15、20、25、30、35 TB 数据量后, 系统监控的响应时长, 实验中保证实验组与对照组处理参数相同, 其结果如图 8 所示.

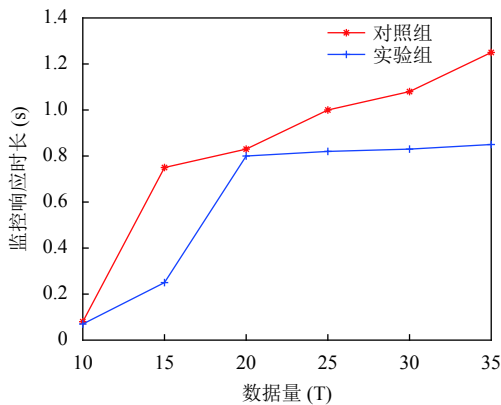


图8 监控响应时长对比

分析图8可知,在对监控响应时长对比中,信息处理数据量的不断增加,实验组与对照组的监控响应时长也都不断增加,而当数据量达到35 TB时,实验组最高时长为0.85 s,对照组最高时长为1.25 s.因此可以看出,优化了路由协议后,监控响应时长得到有效降低。

5 结论与展望

本文研究电力物联网IMS和路由协议的网络特性,提出了一种基于锚节点可靠路由的电力IMS电话终端呼叫记录集中分拣方法,此方法一方面给员工带来便利,提高了工作效率,另一方面该系统IP报文传输中所采用的RRCP路由协议,具有开销少、传输数据丢包率低、通信链路稳定的优点,最后我们还利用OMNeT++软件对改进的路由协议进行验证,实验证明提出的路由优化协议在路由的故障数,丢包率,数据交付延时,平均跳数上显示出更好的性能,并在实际的监控系统测试中监控响应时长有效降低。

参考文献

- 3GPP TS 23.228 V8.3.0. IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2. 2007
- Drempetic T, Rihtarec T, Bakic D. Next generation networks architecture for multimedia applications. Proceedings of 4th EURASIP Conference focused on Video/Image Processing and Multimedia Communications. Zagreb, Croatia. 2003. 563–568.
- Yu S, Choi H, Cho G. A new recovery method for greedy routing protocols in high mobile vehicular communications. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety. Columbus, OH, USA. 2008. 45–50.
- Bilal M, Chan PML, Pillai P. A fastest multi-hop routing scheme for information dissemination in Vehicular Communication systems. Proceedings of 2010 18th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks. Split, Dubrovnik, Croatia. 2010. 35–41.
- 王颖,董江. 移动视频业务在IMS分组网中的部署与鉴权研究. 信息技术, 2010, (10): 82–83, 86. [doi: 10.3969/j.issn.1009-2552.2010.10.026]
- Zhang KS, She J, Gao MX, *et al.* Study on urban traffic intelligent guidance system. Proceedings of 2010 International Conference of Information Science and Management Engineering. Xi'an, China. 2010. 165–168.
- Zhang KS, Xu YM. Application of intelligent guidance system to urban traffic. Advanced Science Letters, 2012, 7: 312–315. [doi: 10.1166/asl.2012.2067]
- Khekare GS. Design of emergency system for intelligent traffic system using VANET. Proceedings of International Conference on Information Communication and Embedded Systems. Chennai, India. 2014. 1–7.
- 王震,李俊芹,尹康,等. 基于IMS技术的电力系统接入组网模型. 电信科学, 2017, (S1): 2017161.
- 高坚. 基于自适应蚁群算法的多受限网络QoS路由优化. 计算机工程, 2003, 29(19): 40–41, 67. [doi: 10.3969/j.issn.1000-3428.2003.19.016]
- Augustin A, Yi JZ, Clausen T, *et al.* A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. Sensors, 2016, 16(9): 1466. [doi: 10.3390/s16091466]
- 何智勇. 基于全局能量均衡的ZigBee网络路由算法优化. 计算机应用研究, 2018, 35(2): 579–581. [doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2018.02.054]
- Amirnekooei K, Ardehali MM, Sadri A. Optimal energy pricing for integrated natural gas and electric power network with considerations for techno-economic constraints. Energy, 2017, 123: 693–709. [doi: 10.1016/j.energy.2017.01.145]
- Zhou TR, Kang CQ, Xu QY, *et al.* Analysis on distribution characteristics and mechanisms of carbon emission flow in electric power network. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(15): 39–44.
- Wei ZB. Overview of complex networks community structure and its applications in electric power network analysis. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(7): 1567–1577.