



基于移动信令数据分析的位置服务与 基站定位技术的混合应用

李青, 严学纯, 陈思中

(中国电信股份有限公司上海研究院, 上海 200135)

摘要: 基于移动信令数据分析的位置服务与基站定位是两种不同类型的用户位置服务。一种是即时定位业务, 另一种是基于历史信令数据分析的位置业务, 二者各有优劣性。提出一些将基站即时定位与基于历史轨迹、区域人群统计的移动信令数据分析位置开放能力相结合的技术方案, 并详细描述了这些方案的实现方法。所述内容为电信运营商基于网络信令的位置能力与优化提供了新思路。

关键词: 移动网; 信令数据分析; 位置服务; 定位

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017243

Hybrid application of location service based on mobile signaling data analysis and base station positioning technology

LI Qing, YAN Xuechun, CHEN Sizhong

Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200135, China

Abstract: Location services based on mobile signaling data analysis and base station positioning services are two different user location services. One is the real-time positioning service; the other is the location service based on historical signaling data analysis, and they all have their own advantages and disadvantages. Some technical solutions that combined the base station real-time positioning with the open capability of mobile signaling data analysis based on historical trajectory and regional population statistics were presented, and the implementation of these methods were described in detail. A new idea for telecom operators to open and optimize their location capability based on network signaling was provided.

Key words: mobile network, signaling data analysis, location service, positioning

1 移动信令数据的位置服务与基站定位分析

目前, 电信运营商定位能力平台有两类: 一类是面向第三方用户提供实时定位服务的基础定位能力平台(包括精定位、粗定位等 LBS(location based service, 基于位置的服务)类平台); 第二

类是基于移动用户历史信令数据分析提供用户位置轨迹服务的能力开放平台, 如中国电信 OIDD(open information dynamic database, 开放信息动态数据库)。这两类平台各有其特点。其中, 基站定位平台属于主动定位平台, 用户向定位平台发起定位请求, 平台向用户实时返回用户当前位置

收稿日期: 2017-06-30; 修回日期: 2017-08-02



信息,其特点如下。

- 状态无关性,用户发起定位请求,定位平台实时返回终端当前位置信息,定位平台在事前、事后均不保存用户当前位置信息。
- 资源占用性,定位平台通过网络与待定位终端交互卫星或移动网的基站信息,计算获得终端位置,需占用网络、平台资源,在大量、并发性定位请求时存在性能瓶颈。
- 终端适应性,基于基站的定位方式,对终端硬件配置、终端设置及当前状态等均有特定要求。因此,终端各因素对定位成功率有明显影响。

基础定位能力平台(尤其精定位)存在如下服务制约。

- 用户覆盖面较窄,由于精定位对目标用户、定位终端严格的技术要求,且精定位用户数量有限,平台每天产生的定位记录与全网2亿用户相比,用户覆盖率较小。
- 无历史轨迹,由用户主动发起定位请求,平台对用户进行实时定位,不支持对外提供大范围、长时间的用户历史轨迹查询服务。
- 性能瓶颈,主动定位型平台,每次定位请求均要消耗网络与平台性能。当系统面临大批量、高并发的定位请求时,存在性能瓶颈。

移动用户信令数据分析平台属于被动定位平台,通过采集全网移动用户通信信令数据,提取用户位置信息,并进行记录与分析,其特点如下。

- 用户覆盖广:平台可获取全网用户通信信令数据,理论上100%覆盖全网移动用户。
- 历史数据全:平台可保存全网用户历史行为与位置信息,保存周期只与平台存储有关。因此,系统能对外提供数据保存期内所有用户的位置历史轨迹。
- 无网络性能瓶颈:基于信令数据分析的位置服务属于被动定位,每次获取位置信息时只需查询平台的数据仓库,不对移动信

令网产生性能消耗。因此,移动信令位置分析平台可支持大批量、高并发的用户位置请求。

- 群体性位置分析能力:移动信令位置分析平台能够基于空间区域,提供指定区域的群体用户数量、密度、流量流向等位置行为分析服务。

同时,移动信令位置分析平台也存在以下不足。

- 定位精度较低:移动信令位置分析是基于基站扇区定位技术,定位精度与扇区的覆盖面积有关,一般精度范围为50~500 m。
- 不支持主动实时定位:移动信令位置分析是通过分析用户的通信行为被动定位,只能获取用户最近一次网络信令中反馈的位置信息,定位时延通常在3 min左右(最大不超过30 min),不支持对外提供主动实时定位。

电信运营商的基础定位能力平台与移动网络信令位置分析平台的位置开放能力各有优缺点。通过对两个定位平台的数据整合,取长补短,优势互补,可以向用户提供更加完善的定位服务,形成“1+1>2”的效果。

2 移动信令数据分析对基站定位能力的优化

移动信令位置分析(mobile signaling location analysis, MSLA)是基于基站的定位技术,其定位精度与粗定位相当。但移动信令位置分析平台的优势在于,它保存着电信运营商全网用户历史轨迹及用户终端状态信息。因此,本文从以上两个优势来考虑其对基础定位平台能力输出的互补作用,研究如何提高基础定位业务效率,提升用户业务感知。

2.1 提升基站基础定位业务用户服务感知

表1是某本地网粗定位业务成功率统计数据,定位平台粗定位业务总体定位成功率为66.39%。

表 1 某本地网某月份粗定位成功率统计

总定位次数/次	总成功次数/次	用户原因失败次数/次			成功率	
		用户关机/次	用户不可达/次	用户隐私鉴权失败/次	未排除用户原因	排除用户原因
804 238 910	533 969 653	140 174 438	72 083 224	12 181 547	66.39%	92.10%

经统计,影响定位失败原因主要有3类,包括用户侧原因、网络原因以及平台原因。其中总定位次数中,约有26%的定位失败是由于用户侧。这些原因主要包括用户关机、用户不可达、用户鉴权失败等。对于精定位来说,由于对终端配置、性能要求更高,导致用户原因失败率更高,因此,精定位总体成功率比粗定位低。

因此,可将MSLA位置服务能力应用于基站定位业务。即当实时基站定位失败时,平台从网络信令位置分析系统查询用户最近一次在移动网内更新的位置与时间信息,并作为实时定位请求的响应返回用户作为参考,以提升用户对定位失败时的业务体验。

考虑实时查询和订阅接收两类数据获取方式,本文提出以下4种可选方案。

(1) 方案1:一次查询方式

步骤1 定位平台在发起定位流程前,通过Web services接口实时向MSLA位置分析系统查询用户开关机状态、用户最近一次位置的经纬度坐标及位置更新时间,MSLA返回相应数据。

步骤2 定位平台判断用户开关机状态:若为开机状态则继续后续正常定位流程,如定位成功则返回定位响应,如后续定位失败则转步骤3;若为关机状态,则进入步骤3。

步骤3 定位平台将从MSLA取到的最近一次用户位置及发生时间,作为位置参考在定位结果中反馈给用户。

(2) 方案2:二次查询方式

步骤1 定位平台在发起定位流程前,通过Web services接口实时向MSLA查询用户开关机状态;MSLA实时返回用户开关机状态。

步骤2 定位平台判断用户开关机状态:若

为开机状态则继续后续正常定位流程,如定位成功则返回定位响应,如后续定位失败则转步骤3;若为关机状态,则进入步骤3。

步骤3 定位平台针对定位失败或关机用户,通过Web services接口实时向MSLA查询用户最近一次位置经纬度及发生时间,MSLA返回相应数据。

步骤4 定位平台将从MSLA取到的最近一次用户位置及发生时间,作为位置参考在定位结果中反馈给用户。

(3) 方案3:订阅+查询方式

步骤1 定位平台通过RESTful接口向MSLA平台订阅用户开关机状态信息,MLSA针对订阅用户,在用户开关机状态发生变更时立即推送给定位平台,定位平台在用户信息中增加比特位标识开关机状态。

步骤2 定位平台在接收定位请求进行用户鉴权的同时判断用户开关机状态:若为开机状态则继续后续正常定位流程,如定位成功则返回定位响应,如后续定位失败则转步骤3;若为关机状态,则进入步骤3。

步骤3 定位平台针对定位失败或关机用户,通过Web services接口实时向MSLA查询用户最近一次位置经纬度及发生时间,MLSA返回相应数据。

步骤4 定位平台将从MLSA取到的最近一次用户位置及发生时间,作为位置参考在定位结果中反馈给用户。

(4) 方案4:完全订阅方式

步骤1 定位平台通过RESTful接口向MSLA平台订阅用户开关机状态以及位置更新数据;MSLA平台在用户开关机状态发生变化以及位置



表 2 4 种优化方案的分析与比较

方案	查询效率	新增时延	对 MSLA 压力	定位平台是否存储
方案 1	一次实时接口查询	一般	一般	无需固定存储
方案 2	两次实时接口查询	较大	较大	无需固定存储
方案 3	一次内部+一次实时接口	较小	较小	增加比特位标识用户开关机状态, 占用存储小
方案 4	一次内部查询	最小	最小	需存储定位用户当前开关机状态、位置信息及时间信息, 占用存储大

信息发生更新时, 向定位平台推送用户开关机状态变化信息以及用户位置经纬度变化信息。定位平台入库保存用户最新信息。

步骤 2 定位平台在发起定位流程前, 查询数据库中用户开关机状态: 若为开机状态则继续后续定位流程, 如定位成功则返回定位响应, 如后续定位失败则转步骤 3; 若为关机状态, 则进入步骤 3。

步骤 3 定位平台查询数据库中用户最近一次位置经纬度及发生时间, 将最近一次用户位置及发生时间作为位置参考在定位结果中反馈给用户。

4 种优化方案的分析与比较见表 2。

考虑到方案 3 的第一次查询是查询内部用户标识, 查询效率高, 而第二次实时接口查询仅针对关机及定位失败的部分定位, 查询量较小, 整体又无需占用较大的存储空间。因此, 综合评估后, 本文建议将方案 3 作为优选方案。

2.2 利用 MSLA 进行基站坐标数据纠错

如何及时发现基站数据错误特别是扇区经纬度数据的偏差, 一直是定位优化的重要方向。基于 MSLA 大数据分析方法, 利用精定位日志实现 BSA (base station almanac, 基站数据库) 数据自动分析, 找出存在误差的可疑扇区, 这是一种优化基站基础数据的有效手段。

MSLA 平台本身是大数据分析平台, 在数据纠错方面存在天然的优势。MSLA 平台保存着运营商全网用户历史位置轨迹信息, 定位点是基于 BSA 数据中的扇区中心经纬度坐标。通过对用户轨迹的位置分析, 可以发现用户路线轨迹中的离散点、突兀点, 从而发现 BSA 基站扇区数据配

置错误情况。用户 MSLA 路线轨迹数据示意如图 1 所示。

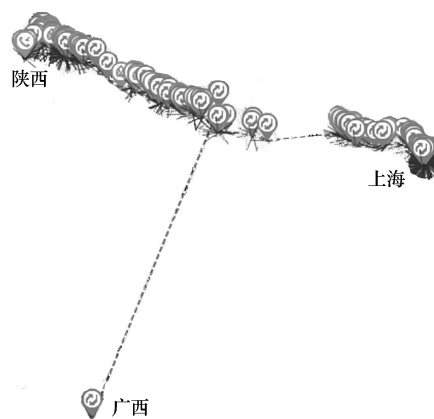


图 1 用户 MSLA 路线轨迹数据示意

如图 1 所示, 在分析某用户某日的历史轨迹时发现, 用户在陕西到上海的移动轨迹中, 有一个突然出现在广西的位置点, 很明显是错误信息。因此, 用户路线轨迹上该次定位所查询的服务扇区中心经纬度数据存在错误。

鉴于此, 在 MSLA 平台上, 通过结合用户定位时间、位置经纬度、服务扇区标识等关键值进行分析, 能够筛选出移动网络中误差扇区经纬度信息。通过周期性定位平台输出经纬度数据错误可疑扇区统计报表, 可协助相关省份移动网基站维护部门及时纠错更新。

3 基站定位技术在 MSLA 能力优化中的应用

3.1 优化思路

MSLA 系统通过定位历史纪录和实时定位请求两种方式收集定位数据, 对数据分析归类, 建立多个位置库。MSLA 位置服务处理流程示意如图 2 所示。

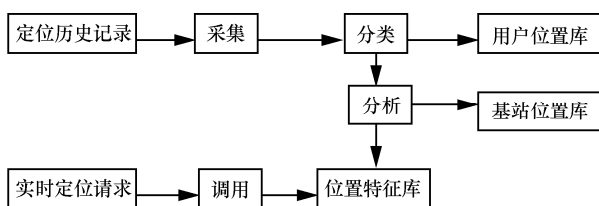


图2 MSLA 位置服务处理流程示意

MSLA 通过对收集的定位数据进行分析处理形成三大定位数据库。

(1) 用户位置库

对定位历史纪录，按用户维度梳理形成位置记录补充到 MSLA 用户历史轨迹位置库中，在一定程度上能够弥补 MSLA 本身获取信令位置频度不足的问题，细化用户历史轨迹颗粒度。同时，精定位数据能够进一步修正位置精度。

(2) 基站位置库

对定位历史纪录，按基站维度梳理成基站位置记录，形成基站位置库，帮助基站位置数据的校准。

(3) 特征位置库

定位位置记录中包含时间、位置、扇区等信息，通过将其与 GIS (geographic information system, 地理信息系统)、MSLA 的数据结合分析，形成 MSLA 特征点位置数据库。并根据用户特征点出现的频率、时间，给特征点标记时段热度，根据该指数，在用户行为分析、画像描绘、轨迹合成时可以取得更好的效果。

3.2 优化方法

(1) 定位记录合并使用

系统采集定位平台的定位记录，将用户号码作为索引关键字，以时间为序，进行检索、去重、归并，整理成包含号码、时间、经纬度坐标、基站扇区编码、呼叫类型的用户位置轨迹信息列表记录，合并到用户位置数据库中，在对外的位置能力中直接使用。根据定位记录的多少，在一定程度上提升用户历史轨迹的精细度和准确度。

(2) 特征位置精度提升

主要利用精定位数据中位置与扇区的关系来提升 MSLA 系统特征点定位精度。当特征点的扇区与 MSLA 系统的定位扇区一致，并且该特征点的时段热度达到一定值时，就可以使用该特征点坐标替换 MSLA 系统粗定位坐标。

MSLA 系统把用户出行轨迹中表示特定含义的位置点定义作为特征点，根据特性分为公共特征点和私有特征点：医院、学校、超市、火车站、地铁站、机场、景点等称为公共特征点；常住地、工作地等称为私有特征点。

MSLA 系统通过对日常大量用户的出行轨迹分析挖掘，再结合 GIS 筛选出各种特征点，利用扇区数据对特征点进行粗略标注。

(3) 公共特征点精度提升

公共特征点精度提升示意如图 3 所示。

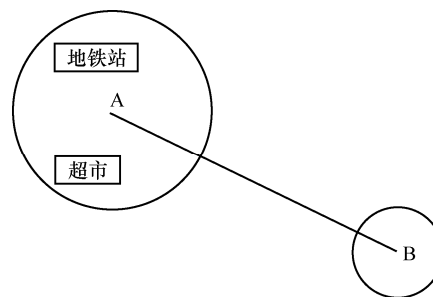


图3 公共特征点精度提升示意

基站 A 覆盖两个特征点：超市、地铁站，但它们都被标注在 A 的位置：如果精定位记录中存在相应的位置点，直接用其标注特征点；如果不存在，可以通过精定位实时定位接口获取位置标注特征点。通过对特征点的精确标注，不但可以区分出同一扇区覆盖的不同特征点，而且还可以给出精确的特征点位置。

当用户历史轨迹符合一定的特征条件（时间、流向、流速、路线等）时，可判定用户必定经过该特征点。这时用户的历史轨迹使用特征点位置代替扇区位置，从而提高用户历史轨迹的精确度和可用度。



业务场景：用户离开地铁站，步行 3 min 到南京火车站，然后从南京火车站乘高铁出发去上海。用户行为路线轨迹精度提升示意如图 4 所示。

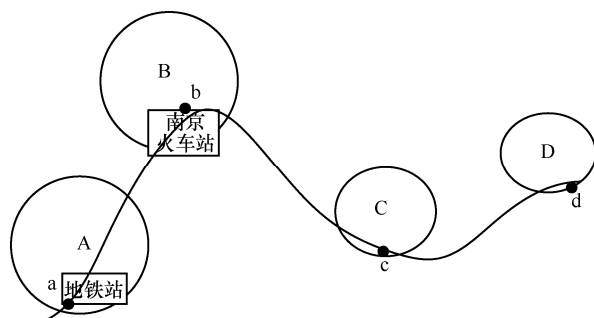


图 4 用户行为路线轨迹精度提升示意

系统根据用户基站的切换顺序 A-B-C-D，再根据用户 B-C-D 的切换速度和 A、B、C、D 所处的位置，判断出用户的出行轨迹。系统的用户轨迹 A-B-C-D，将被精确特征点替代，优化成 a-b-c-d 的精确轨迹。

(4) 私有特征点精度提升

系统对个体用户行为轨迹进行挖掘，分析出用户的居住地、工作地等私有特征点。由于 MSLA 系统定位精度低，无法确定用户的具体位置；另外还存在用户在同一地点、不同时间在相邻的扇区间来回切换的情况，也无法确定用户位置。通过精定位历史数据获取用户曾经在特征点出现过的历史位置，或者当用户在特征点出现时通过精定位平台定位获取的精确位置，用其对特征点进行精确标注，大大提升用户行为特征轨迹的精度。用户特征点精度提升示意如图 5 所示。

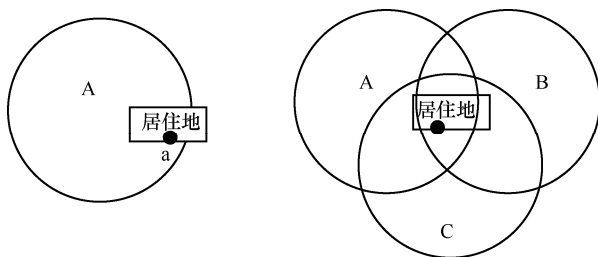


图 5 用户特征点精度提升示意

根据优化思路，将用户居住地从 A 或者 A&B&C，精确到 a 点。根据特征点精度提升的思路，系统将高速公路、高铁线路、地铁线路等各种出行线路划分成不同的区间，每个区间标注成特征点，再将这一串特征点进行组合形成特征线路。

系统先对用户行为轨迹的特点（流向、流速、扇区切换顺序等）进行判断，符合特征线路的出行轨迹，使用特征线路位置点来描述用户出行轨迹。用户特征路线轨迹精度提升示意如图 6 所示。

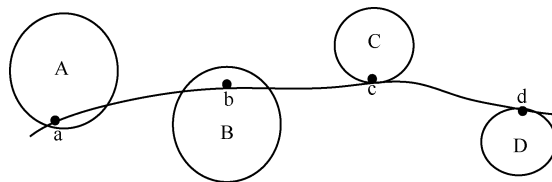


图 6 用户特征路线轨迹精度提升示意

A-B-C-D 为用户实际扇区点，a-b-c-d 为特征路线的位置点，系统将 A-B-C-D 扇区的切换时间作为位置更新时间，取 a-b-c-d 经纬度为位置坐标，合成用户的行为轨迹，提升用户历史轨迹的准确度。

4 移动信令位置服务能力与基站定位混合应用

随着物联网、车联网的快速发展，用户对被监控对象（车、物、人）的历史轨迹需求越来越多，并且对位置精度与时间覆盖有很高的要求。精定位平台与 MSLA 系统在这方面都存在优势和不足。精定位平台无法对大批量用户进行高频次的定位，MSLA 系统定位精度存在不足，都难以单独支撑这种需求。

如果将精定位平台与 MSLA 系统相结合，构建全新混合位置能力，向用户提供两个系统位置数据合成的历史轨迹，既能满足许多用户的需求，又能降低用户的使用成本。

精定位与 MSLA 系统位置数据合成历史轨迹可在时间和地域两个维度上进行。

(1) 时间维度

用户根据需要定制时间点，在这些时间采用

精定位的数据, 其他时间使用 MSLA 数据。基于定制时间的位置服务组合应用示例如图 7 所示。

(2) 地域维度

用户根据需要定制区域, 当被监控对象处于定制的区域中, 将采用精定位数据, 其他区域使用 MSLA 数据。基于定制区域的位置服务组合应用示例如图 8 所示。

5 用户位置信息访问权限控制

基于移动网络信令的用户位置信息开放在车联网、物流调度、外勤助手、银行贷款个人征信、公共安全等领域有着广泛的应用前景。为防止用户个人隐私泄露, 终端位置能力开放过程中, 权限访问管理分别从线下、线上两个环节进行管控: 线下, 企业申请终端位置访问业务时, CRM

(customer relationship management, 用户关系管理) 需同步提供被定位终端所属用户或企业有效书面授权协议信息; 线上, 在业务平台发起终端位置访问过程中, 每次业务请求均需经过综合业务管理平台(如中国电信 ISMP(integrated services management platform, 综合业务管理平台))白名单鉴权认证。未授权请求将被拒绝, 授权请求将以加密形式进行位置信息传递。同时, ISMP 将对业务平台本身的合法性进行安全认证, 以提高位置能力开放的安全风险管控能力。移动终端位置信息开放访问权限管理示意如图 9 所示。

6 下一步研究方向

面向公众的定位服务在社会各行各业、互联网应用中有广泛的应用场景。随着基站定位平

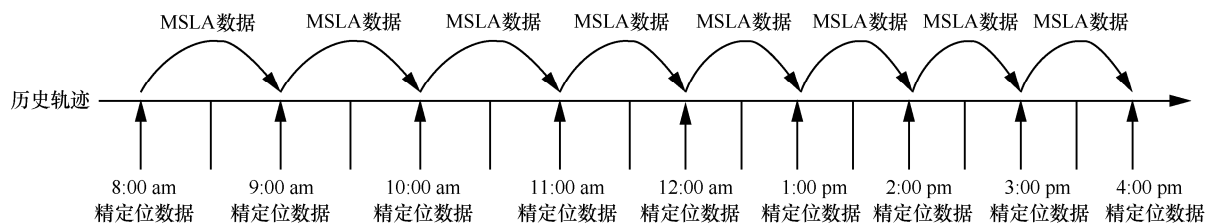


图7 基于定制时间的位置服务组合应用示例

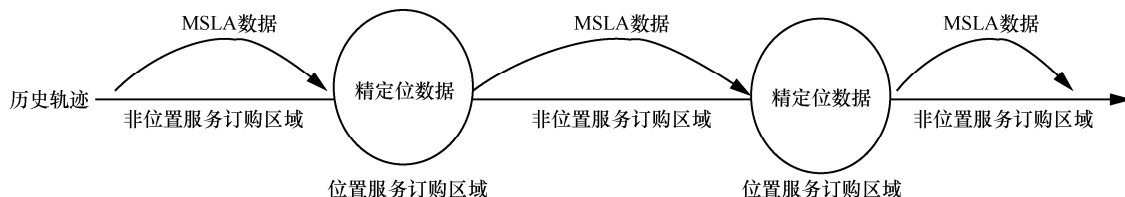


图8 基于定制区域的位置服务组合应用示例

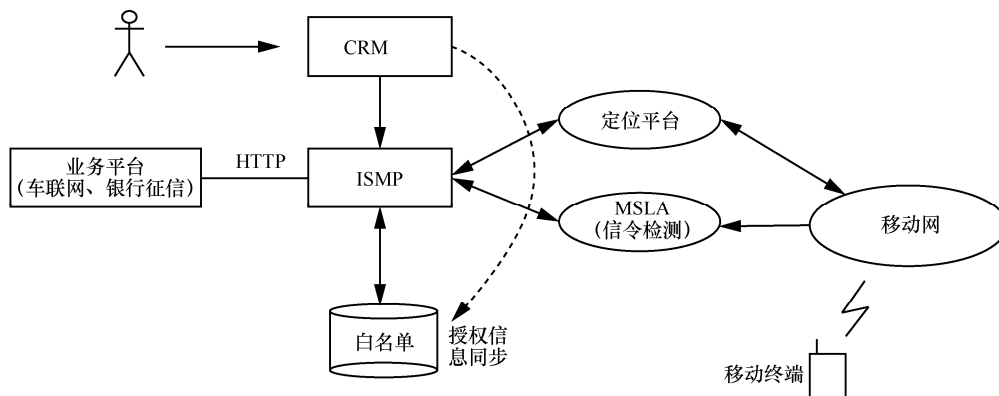


图9 移动终端位置信息开放访问权限管理示意



台与移动信令位置分析类平台的发展,不久将会实现基于 Wi-Fi 热点的定位能力,整体位置服务能力不断扩充和提升。定位平台与移动信令位置分析平台定位能力的融合应用,必将为用户带来更好的业务体验,显著提升电信运营商位置服务能力。

参考文献:

- [1] 中国电信集团公司. 中国电信 cdma2000 核心网络接口协议技术规范[S]. 2008.
China Telecom Corporation. Technical specification of interface & protocol in cdma2000 core network of China Telecom[S]. 2008.
- [2] 中国电信集团公司. 中国电信用户公开信息动态数据库(OIDD)技术规范[S]. 2014.
China Telecom Corporation. China Telecom open information dynamic database (OIDD) technical specification[S]. 2014.
- [3] 中国电信股份有限公司上海研究院. 中国电信信息汇聚平台设备规范[S]. 2010.
Shanghai Institute of China Telecom Co., Ltd. Equipment specification of China Telecom information convergence platform[S]. 2010.
- [4] 谷红勋, 杨珂. 基于大数据的移动用户行为分析系统与应用案例[J]. 电信科学, 2016, 32(3): 139-146.
GU H X, YANG K. Mobile user behavior analysis system and applications based on big data[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(3): 139-146.
- [5] 陈森, 陈超, 张小勇, 等. 基于大数据分析的移动互联网用户感知评估系统[J]. 电信科学, 2015, 31(4): 154-161.
CHEN S, CHEN C, ZHANG X Y, et al. Evaluation system of mobile internet user experience based on big data analysis[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(4): 154-161.
- [6] 刘春, 邹海锋, 向勇. 大数据环境下电信数据服务能力开放

研究[J]. 电信科学, 2014, 30(3): 156-161.

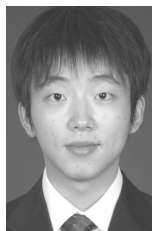
LIU C, ZOU H F, XIANG Y. Research on telecom data service open ability under the environment of big data[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(3): 156-161.

- [7] 曹旭, 曹瑞彤. 基于大数据分析的网络异常检测方法[J]. 电信科学, 2014, 30(6): 152-156.
CAO X, CAO R T. Network anomaly prediction method based on big data[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(6): 152-156.

[作者简介]



李青 (1973-), 男, 中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师, 长期从事云计算、大数据、电信增值业务开发与技术研究工作。



严学纯 (1978-), 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 长期从事核心网、定位技术研究与应用工作。



陈思中 (1971-), 男, 中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师, 长期从事短信、网络信令数据分析与应用增值新产品开发工作。