

基于小基站的校园位置服务系统设计

张笑非,刘庆华,刘 镇

(江苏科技大学 计算机学院,江苏 镇江 212003)

摘 要:随着小基站在校园无线网络构建中的普及,研究基于小基站的位置服务是对位置服务在智慧校园中应用的一种积极探索。该系统包含接入、交换、数据、服务四个子系统,分别由 Femtocell 基站、软交换设备、小基站数据库及校园地理数据库以及定位服务所构成。定位服务根据基站的空中接口参数将其信号覆盖区域表示成符合 OGC 规范的缓冲区对象,利用空间推理技术计算出校园地理数据库中与缓冲区对象关联的道路、建筑等空间要素,将接入特定基站的移动站与相应的空间要素关联,从而计算用户所在的场所及轨迹。实验结果表明,合理选择小基站的放置地点以及参数设置,将信号覆盖范围关联的空间要素数量控制在一个合理的范围内,该系统就能在尽量不侵犯个人隐私的前提下,较细粒度地为校园内人员分布和个人行为统计提供支持。

关键词:小基站;位置服务;缓冲区;空间推理

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)11-0201-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.11.043

Design of Campus Location Service System Based on Small Cell Stations

ZHANG Xiao-fei, LIU Qing-hua, LIU Zhen

(School of Computer, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: With the popularity of small cells in the campus network construction, the research about location service based on small cell is a kind of active exploration for the application of location service on the smart campus. The system contains four subsystems, including access, switching, data and service, which are implemented by Femtocells, soft-switching devices, small cells and campus geospatial databases, and location service. The location service represents signal covering area as open geospatial consortium specified buffer object based on the parameters of cells' air interface. It calculates the related spatial features from campus geospatial database with spatial reasoning technology, builds the relationships between small cells and mobile stations and computes the place and trajectory of users. The experimental results indicate that personnel distribution and individual behavior can be investigated at some accepted fine granular level, at the ground of rational siting of small cell stations and parameters setting within reasonable scopes, without the privacy violation at best effort.

Key words: small cell; location service; buffer; spatial reasoning

0 引 言

移动互联网的快速发展以及小基站(Small Cell)的普及,为新形态的校园位置服务框架提供了条件。2016 年小基站部署市场状态报告^[1]显示,截止到 2015 年 10 月,小基站的市场装配量已达到 1 330 万台,其中 2015 年的城市装配量增长了 280%,企业装配量也增加了一倍。从区域装配量来看,中国的装配总量也接近整个北美市场的 1/3。小基站作为 3G/4G 网络的重要组成部分,可以实现校园内的深度覆盖,结合软交换等技术也可为校园提供内部电话服务。因此,研究

小基站在校园网中的应用,以及如何在此基础上提供位置服务,将成为校园位置服务研究的又一个热点。

目前,GPS、WiFi 等主要的无线定位方法都已应用在校园位置服务的设计当中。文献[2]讨论了高校数字校园位置服务体系。文献[3]基于校园网的 WLAN 环境,实现了一个校园无线局域网环境下的位置服务系统框架。文献[4]介绍了几种适合校园使用的无线定位方法及位置服务在校园和教学中的应用。文献[5-6]均探讨了室外 GPS 定位技术与室内 WiFi 定位技术在校园位置服务中的应用。

收稿日期:2016-07-01

修回日期:2016-10-19

网络出版时间:2017-08-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51008143)

作者简介:张笑非(1980-),男,讲师,硕士,从事通信技术和位置服务科研与教学工作。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170801.1549.010.html>

小基站具有专有频段,不会出现 WiFi 密集布置时出现的干扰严重情况,与属于主动定位的 GPS 相比不需要用户过多的操作。在基于小基站应用在校园无线网络构建的情况下,在提供 3G/4G 深度覆盖服务的同时,利用小基站覆盖范围从 10 m 到 2 km 的伸缩性,通过校园地理数据库和空间推理技术,为校园位置服务提供较细粒度的定位功能。

1 校园 LBS 架构

系统架构如图 1 所示,由接入子系统、交换子系统、数据子系统、服务子系统组成。

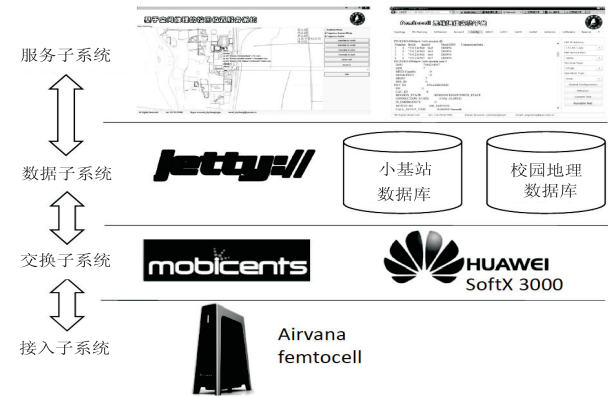


图 1 校园位置服务系统架构

每个子系统都具有较高的独立性,彼此间又能通过定义的接口进行快速、有效的整合,这对于系统今后的功能扩展、模块升级以及故障排查都非常有益。其中接入子系统与交换子系统通过 SIP 信令协议进行通信,交换子系统与接入子系统共同完成 IMS/SIP 的主要功能;数据子系统通过交换子系统的数据库接口进行基站及接入手机数据的读取;服务子系统定位算法实现移动站与空间要素的定位关联计算。

(1)接入子系统:由校园内部署的小基站构成,用

于将校园内用户手机发出的语音和数据信息呼叫至校园主干 IP 网络,提供移动通信与移动互联网服务。用户在接入某小基站时,手机用户的 IMSI、ESN、MEID 等信息将被小基站记录,小基站通过 SIP 信令将这些信息传送至交换子系统。校园内采用的小基站是由 Airvana 生产的,该基站空中接口参数可以访问其 TCP 56001 端口。因此,整个系统可以通过 apache.commons.net.telnet 库实现对所有小基站的统一配置和管理。表 1 为其中一个小基站适配器 alpha 扇区的参数。

表 1 某小基站 alpha 扇区参数

扇区参数	值
频段 (Band Class)	0
信道号 (Channel Number)	594
PN 码偏置指数 (PN Offset)	60
发送功率 (Transmit Power)	10
导频功率百分比 (Pilot Power Percentage)/%	19.950
同步信道的流量/导频比 (Sync T2P)/%	23.458
同步信道功率百分比 (Sync Power Percentage)/%	4.679
寻呼信道的流量/导频比 (PCH T2P)/%	93.333
寻呼信道功率百分比 (PCH Power Percentage)/%	18.619

(2)交换子系统:提供基于 SIP 协议的呼叫控制功能,以及与接入无关的多种业务。实现过程中可以使用商用的 IMS/SIP 系统,如华为为 SoftX3000 系统,或者使用开源的 Mobicents 系统。如图 2 所示,考虑到部署的灵活性,该子系统在实验过程中使用 Mobicents。Mobicents 是一个开源的通信平台,能够将多种智能 Web 和多媒体应用融合到一个基础设施上^[7]。该子系统将接入子系统中获取的手机 IMSI、ESN、MEID 信息,以及小基站的发送功率、Cell ID、Network ID、System ID、Band-Class、PN-Offset 等信息发送给服务子系统的小基站数据库。

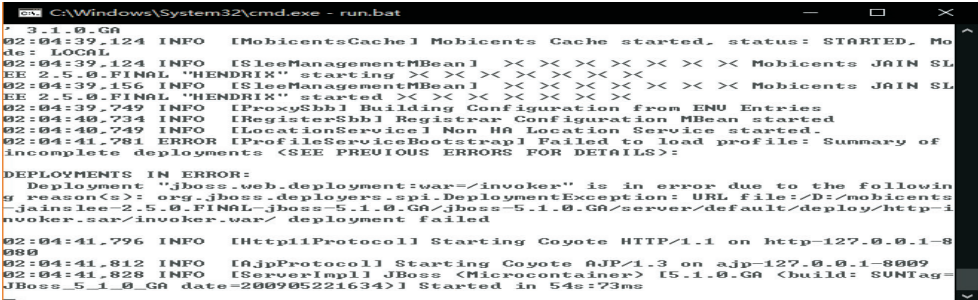


图 2 基于 Mobicents 的交换服务

(3)数据子系统:提供位置服务核心功能模块所依赖的两个数据库,一个是小基站数据库,另一个是校园地理信息数据库。前者的数据由交换子系统提供,后者的数据通过 OpenStreetMap^[8] 开源地理数据获得。OpenStreetMap 提供了基于 RESTful 规范的数据访问接口,即 <http://api.openstreetmap.org/>,通过参数 bound-

ding box 给出所需地理数据的一个经纬度范围。为了保证校园位置服务系统的用户体验效果,该子系统基于文献[9]中的方法,通过离线的方式事先将必要的地理数据下载并存储在本地。

(4)服务子系统:根据基站的空中接口参数,将其信号覆盖区域表示成符合 OGC 规范^[10] 的缓冲区对

象,利用空间推理技术计算出校园地理数据库中与该缓冲区对象关联的道路、建筑等空间要素,并将接入特定基站的移动站与相应的空间要素关联。空间要素的表示方式使用的是 OGC 定义的 WKT (Well-Known Text, 熟知文本),用于在地图和空间参考系统中表示向量几何对象,作为 ISO/IEC 13249-3:2011^[11] 标准中的内容之一被大量使用在 GIS 系统中,在之后的空间推理运算中可以方便地调用 OGC 提供的 9 交集模型空间关系运算函数。

9 交集模型^[12]是一个描述两个二维区域空间关系的拓扑模型,它将一个空间几何对象 A 分成内部 A° 、边界 ∂A 、外部 A^c 。当需要表达两个几何对象 A 和 B 的空间关系时,可以用该模型对应的 3×3 矩阵进行表示。9 交集模型能够表示的空间关系包含 Intersects、Touches、Crosses、Covers/CoveredBy、Contains/Within、Overlaps、Disjoint、Equals。每种关系对应的矩阵模式不

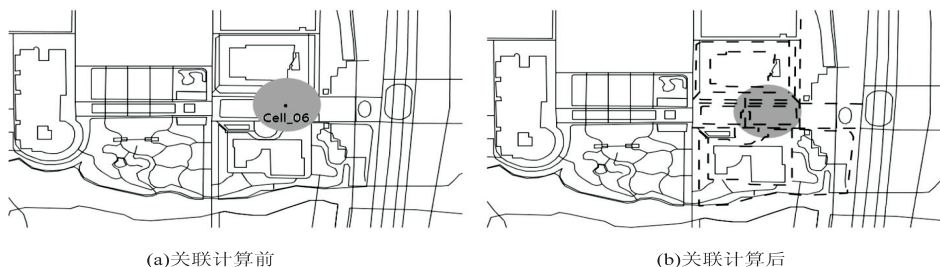


图 3 缓冲区与空间要素的关联计算

该系统的定义如下:

定义 1: LBS 系统 $L = (C, B, F, R)$ 是一个 4 元组。

定义 2: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 是校园位置服务系统中基站的集合,元素 c_i 表示一个基站。

定义 3: $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 是基站覆盖区域的集合, b_i 是用 WKT 格式表示的一个圆圈,表示基站 c_i 所覆盖的范围。元素 b_i 对应 C 中的元素 c_i , 基站 c_i 的覆盖半径可由其发射功率计算得到,并将半径作为 OGC 标准函数 c_i . Buffer(radius) 的输入参数,得到 b_i 所对应的 WKT 格式数据。

定义 4: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ 是地理信息数据库中空间要素的集合,元素 f_i 通过 WKT 格式进行表示。

定义 5: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ 是一个集合的集合,元素 r_i 是 F 中所有与元素 b_i 空间关联的元素所构成的集合,即 $r_i = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ij}\}$, 且 $r_i \subseteq F$ 。

定义 6: f_i 与 b_j 空间关联,当且仅当 f_i . Intersects(b_j) = true。函数 Intersects 是基于 DE9IM 模型的 OGC 标准函数。

定位功能中,缓冲区与校园地理数据库中的空间要素进行的空间关联算法设计如下:

function CALCULATERELATEDFEATURES (c_i , F) 万方数据

同,其中一些关系是存在包含关系的,比如 A 与 B 存在关系 Touches,则两者也必然存在关系 Intersects。

2 定位方法

该系统最核心的功能是服务子系统定位功能,所采用的定位方法流程为:根据用户移动设备所接入小基站的 ID,从小基站数据库中查询到最新的基站坐标及信号功率,并以此计算小基站信号覆盖范围,确定用户可能在一个区域,如图 3(a) 所示。这个区域用 WKT 表示的缓冲区来表示,缓冲区被广泛应用于 GIS 研究中^[13-14];将小基站信号覆盖区域与校园地理数据库中的空间要素进行 9 交集模型运算,判断覆盖区域与哪些空间要素关联,如图 3(b) 所示。当用户同时连接上多个基站时,返回这些空间要素及其信息,并对关联的空间要素集合进一步过滤出可能的空间要素,从而更加精确地确定用户所在场所。

```

 $r_i = \emptyset$ 
 $b_i = c_i$ . buffer(RADIUS( $c_i$ . TXpower))
for  $j = 0 \rightarrow m$  do
  if  $f_j$ . intersects( $b_i$ ) then
    insert  $f_j$  into  $r_i$ 
  else
    continue
end if
end for
return  $r_i$ 
end function

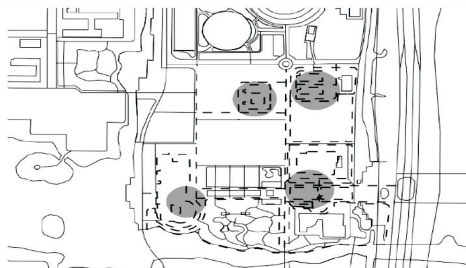
```

3 实验

3.1 实验数据获取

如图 4 所示,实验收集并计算了校园内部署的小基站、在不同发射功率下关联的空间要素数据。将基站部署在校园的四个不同测试点,基站使用的是 800 MHz 的 Band Class 0 频段,初始发送功率为 10 dBm。中国国内电信行业一般规定手机的城市信号最低标准边缘为 -90 dBm、乡村信号最低标准边缘为 -94 dBm。通过发送功率、最低接收标准边缘、自由空间损耗计算公式,以及信号的频率,结合路测工具估算出基站信号

的近似覆盖半径。基站的坐标和覆盖半径参数被记录



(a)测试基站覆盖范围较小时关联的空间要素



(b)测试基站覆盖范围较大时关联的空间要素

图 4 基站部署与测试

3.2 结果分析

通过对小基站的功率进行调整,结合自由空间损耗计算公式与路测结果估算其近似覆盖半径,与校园地理数据库中的数据定位服务计算,得到的结果如图 5 所示。

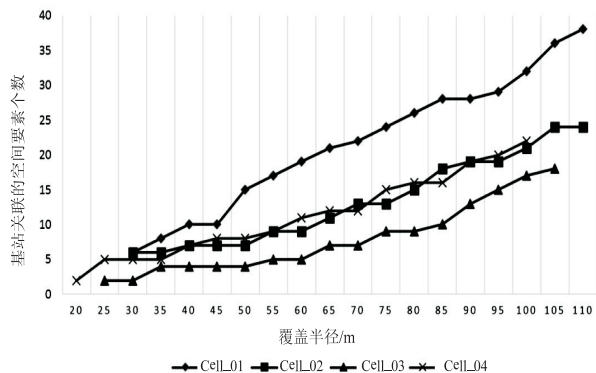


图 5 关联空间要素的分析结果

可以看到,随着基站功率的增加,其覆盖半径也不断增加,定位服务中可能关联的空间要素数量也在增加。具体的数值会由基站的部署地点,以及周边道路、建筑数量和分布决定。

因此,综合校园内小基站通信服务需求和定位服务需求,合理选择小基站的放置地点以及参数设置,将小基站信号覆盖范围关联的空间要素数量控制在一个合理的范围内,就可以在较细粒度上对移动站进行定位。一个小基站特定时段接入的移动站数量,可以统计出附近场所的人员分布;一个移动站不同时段接入的小基站序列,可以统计出该移动站用户的行为特征。

4 结束语

探索小基站定位技术在校园位置服务中的应用,是对 GPS 和 WiFi 定位技术的一种补充和拓展。该系统利用小基站覆盖范围从 10 m 到 2 km 的伸缩性,通过将校园地理数据库中的空间要素和基站覆盖区域进行抽象表达,利用空间推理技术将接入特定基站的移动站与相应的空间要素相关联,为特定场所用户分布及轨迹分析提供必要支撑,从而提供较细粒度的校园内位置服务,为智慧校园的建设提供了高附加值内涵

到小基站数据库中用于定位分析。

要素。

参考文献:

- [1] SmallCellForum. org. Market status report 2016[R/OL]. 2016-03-10. http://www.smallcellforum.org/site/wp-content/uploads/2016/03/050_Market_Status_Report_2016.pdf.
- [2] 杜 焰,付小龙,钟文峰,等. 高校数字校园位置服务体系研究[J]. 实验技术与管理,2012,29(1):102-105.
- [3] 李 巍,王琪全,陈鑫玮. 面向校园无线网的位置服务系统[J]. 中山大学学报:自然科学版,2009,48:65-68.
- [4] 周 瑞,邢建川. 位置服务在校园中的应用研究[J]. 实验科学与技术,2012,10(2):37-40.
- [5] 杨 鹏. 基于 Android 的校园位置服务系统研究与实现[D]. 大连:大连理工大学,2013.
- [6] 于 睿,陆 南,张好好,等. 基于室内外定位的校园 LBS 系统设计与实现[J]. 电子器件,2015,38(2):463-468.
- [7] Deruelle J. JSLEE and SIP-servlets interoperability with mobile communication platform [C]//International conference on next generation mobile applications, services, and technologies. [s. l.] :IEEE,2008:634-639.
- [8] Haklay M, Weber P. OpenStreetMap: user-generated street maps[J]. IEEE Pervasive Computing,2008,7(4):12-18.
- [9] 张绛丽,张笑非,徐 丹,等. 基于 OpenStreetMap 的智能交通路网数据的构建[J]. 道路与安全,2014,14(1):41-47.
- [10] OGC. Implementation standard for geographic information-simple feature access-part1: common architecture [S/OL]. 2011-05-28. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25355.
- [11] International Organization for Standardization. Information technology-database languages-SQL multimedia and application packages-part3: spatial [S]. [s. l.] :International Organization for Standardization,2011.
- [12] Egenhofer M J. Reasoning about binary topological relations [C]//Second international symposium on advances in spatial databases. Zürich, Switzerland: [s. n.],1991:144-160.
- [13] 董 鹏,毛东军,李 军,等. 一种有效的 GIS 缓冲区生成算法[J]. 计算机工程与应用,2004,40(16):4-8.
- [14] 陈学工,张文艺,张驰伟,等. 一种 GIS 缓冲区矢量生成算法及实现[J]. 计算机技术与发展,2007,17(3):13-15.