



基于重叠社区检测的跟踪区列表管理方法

王维鹏¹, 林强强^{2a}, 涂山山^{2a,2b}, 肖创柏^{2a}

(1. 北京机电工程研究所, 北京 100074; 2. 北京工业大学 a. 信息学部; b. 可信计算北京市重点实验室, 北京 100124)

摘 要: 跟踪区列表(TAL)由多个跟踪区(TA)灵活配置组成,在 3GPP R8 中引入 TAL 可减少位置管理信令开销。目前基于 TAL 的位置管理方法大多针对不同用户产生不同的 TAL,在海量蜂窝部署环境下的计算效率急剧降低。针对该问题,在 TA 规划的基础上,提出一种基于重叠社区检测的 TAL 管理方法。通过统计用户在跟踪区内产生的位置更新和寻呼数据,将 TAL 管理建模为图形分割问题,给出线性规划模型,并应用基于博弈论的重叠社区检测算法得到 TAL 结构。实验结果表明,该方法能够有效降低蜂窝网络中的位置管理信令开销,提高 TAL 分配效率。

关键词: 位置管理;跟踪区列表;博弈论;重叠社区检测;信令开销

开放科学(资源服务)标志码(OSID):



中文引用格式:王维鹏,林强强,涂山山,等. 基于重叠社区检测的跟踪区列表管理方法[J]. 计算机工程,2020,46(2):195-200.

英文引用格式:WANG Weipeng, LIN Qiangqiang, TU Shanshan, et al. Tracking area list management method based on overlapping community detection[J]. Computer Engineering, 2020, 46(2):195-200.

Tracking Area List Management Method Based on Overlapping Community Detection

WANG Weipeng¹, LIN Qiangqiang^{2a}, TU Shanshan^{2a,2b}, XIAO Chuangbai^{2a}

(1. Beijing Research Institute of Electro-Mechanical Engineering, Beijing 100074, China;

2a. Faculty of Information; 2b. Beijing Key Laboratory of Trusted Computing, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

【Abstract】 Tracking Area List(TAL) is formed by the flexible configuration of multiple Tracking Areas(TA). The introduction of TAL into 3GPP R8 can reduce the location management signaling overhead. The current TAL-based location management methods mostly generate different TALs for different users, and the computing efficiency in a massive cellular deployment environment has drastically decreased. To address this problem, based on TA planning, a TAL management method based on overlapping community detection is proposed. By counting the location updates and paging data generated by users in the tracking area, the TAL management is modeled as a graph segmentation problem, and a linear programming model is given. The overlapping community detection algorithm based on game theory is used to give the TAL structure. Experimental results show that this method can effectively reduce the location management signaling overhead in the cellular network and improve the efficiency of TAL allocation.

【Key words】 location management; Tracking Area List(TAL); game theory; overlapping community detection; signaling overhead

DOI:10.19678/j.issn.1000-3428.0053376

0 概述

移动通信系统的位置管理是无线资源管理的一个重要方向^[1-2]。为了在跟踪区列表(Tracking Area

List, TAL)网络中降低信令开销,将整个网络覆盖区域划分为多个互不重叠的跟踪区(Tracking Area, TA)。其中,每个跟踪区由至少一个蜂窝小区组成,每个小区只能属于一个 TA。当用户移动到某一小区时就会被分

基金项目:国家自然科学基金(61801008);国家重点研发计划(2018YFB0803600);北京市自然科学基金重点项目(L172049);北京市科技计划项目(Z171100004717001)。

作者简介:王维鹏(1989—),男,硕士,主研方向为移动通信、云计算、信息安全;林强强,硕士研究生;涂山山,讲师、博士;肖创柏,教授、博士、博士生导师。

收稿日期:2018-12-11

修回日期:2019-04-24

E-mail:969118264@qq.com

配到相应的 TA。用户从一个 TA 移动到另一个 TA 时会进行位置更新,并将当前位置上报给核心网络的移动性管理实体(Mobile Management Entity, MME)^[3-4]。用户在 TA 内移动时不需要进行位置更新操作,当产生网络寻呼时,核心网络会在当前所属 TA 内的所有蜂窝小区发送寻呼消息。

传统 TA 的概念在最小化寻呼开销方面具有优势,但仍存在一些不足。由于乒乓效应可能产生更多的位置更新信令开销,因此用户在属于不同 TA 的 2 个相邻小区之间跨越所产生的位置更新,在密集部署的蜂窝环境下会更加频繁。同时,在大量用户具有类似行为,如同时从一个 TA 移动到另一个 TA 时,会引起移动性信令拥塞。此外,TA 的使用具有对称性限制,如果 2 个蜂窝小区在同一 TA 中,则两者都不能在任何其他 TA 中。

为了解决上述问题,研究者在 3GPP R8 中引入 TAL 的概念^[5]。TAL 由一个或多个 TA 组成且 TAL 之间可以相互重叠,用户在 TAL 中移动时不需要发起跟踪区更新(Tracking Area Update, TAU)操作,而当用户移动到一个不属于之前配置的 TAL 的 TA 中时,需进行位置更新操作,核心网络重新配置新的 TAL 并将其发送给用户。TAL 越大则 TAU 操作次数越少,网络寻呼会在整个 TAL 所包含的 TA 中进行,增加了额外的网络寻呼负荷。因此,位置管理需要一种合理的 TAL 管理配置策略,以降低网络的信令开销。

近年来,博弈论已被广泛应用于无线通信网络的设计中^[6]。博弈论是研究具有竞争或斗争性现象的理论,该理论考虑了团体中的个体实际行为和预测行为,并研究其相应的优化策略。文献[7]利用博弈论检测复杂网络中的社区,受此启发,本文将 TAL 划分看成基于博弈论的社区检测问题,提出一种基于重叠社区的跟踪区列表管理方法。

1 相关工作

目前,研究者们已经从不同角度对各种跟踪区列表设计方法进行了研究^[8-9],其可以大致分为基于用户状态信息的方法和独立于用户状态信息的方法 2 类。

1.1 基于用户状态信息的方法

文献[10]提出一种基于网络寻呼和切换的最小化信令开销 TAL 方法,其主要特点是网络分配的 TAL 随着上一个用户注册的 TAL 的变化而变化。文献[11]基于 rule of thumb 进行 TAL 管理,该方法在具体实现上较为简单便捷。文献[12]提出一种基于时间记录的 TAL 方法,其适用于用户移动规律性较强的跟踪区域。文献[13]提出一种基于本地用户的 TAL 方法,该方法同样针对用户移动规律性较强的跟踪区域进行研究,但是不适用于部署密集的小蜂窝环境以及具有密集用户的热点地区。

1.2 独立于用户状态信息的方法

文献[14]提出一种基于运动量的 TAL 方法,通过测量用户移动和寻呼特性来获取运动量门限值,并分配相应的跟踪区列表。文献[15]提出一种基于自组织的 TAL 方法,通过监督用户运动行为来调整 TAL 大小。

上述位置管理方法大多基于不同移动用户产生不同的 TAL,在海量的小蜂窝部署环境下,其计算效率会急剧降低。因此,需要研究更加快速、高效的位置管理方案,降低位置管理所带来的信令开销成本。

2 基于跟踪区列表的位置管理方法

蜂窝网络可以看作一个复杂网络,其中的社区由多个节点组成,社区是包含紧密连接的节点群。将 TAL 划分建模为复杂网络中的社区检测问题,然后采用基于博弈论的社区检测算法进行快速检测。

2.1 基于图论的 TAL 建模方法

如图 1 所示,给定网络图 $G(V, E)$ 表示要进行 TAL 规划的蜂窝网络,其中顶点集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 表示不同的 TA, n 表示 TA 的数量,边集 E 表示 TA 之间的邻接关系, H 表示网络图的邻接矩阵, H 中的每一项 h_{ij} 表示用户从 TA_i 移动到 TA_j 的跨区次数(需要注意的是, h_{ij} 与 h_{ji} 是不同的, h_{ij} 表示从 TA_i 移动到 TA_j 的用户数, h_{ji} 表示从 TA_j 移动到 TA_i 的用户数)。 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 为图中顶点的权重集合,权重值 p_i 表示在 TA_i 内发生的用户寻呼请求次数。跟踪区列表 TAL 结构表示为 $\Gamma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, k 为 TAL 数量,元素 S_i 至少包含一个 TA。使用二进制参数 a_{il} 表示 TA_i 是否在 TAL_l 中,若在则 $a_{il} = 1$ 。此外, c^u 和 c^p 分别表示进行一次位置更新和寻呼操作的信令开销, α 表示在同一时间段内每个用户被寻呼的次数, u_i 表示在同一时间段内 TA_i 的用户数。

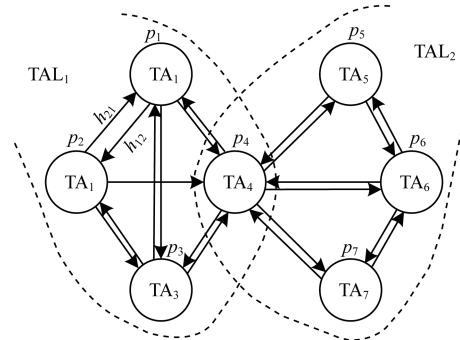


图 1 基于图论的 TAL 建模示意图

Fig. 1 Schematic diagram of TAL modeling based on graph theory

TAU 和寻呼开销的最小化问题建模如下:

$$\min C_{\text{total}} = \min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V: i \neq j} C_{\text{TAU}}(i, j) + \sum_{i \in V} C_{\text{paging}}(i) \quad (1)$$

$$C_{\text{TAL}}(i, j) = c^u \left(h_{ij} \sum_{l \in \Gamma} a_{il} (1 - a_{jl}) + h_{ji} \sum_{l \in \Gamma} a_{jl} (1 - a_{il}) \right) \quad (2)$$

$$C_{\text{paging}}(i) = ac^p \sum_{l \in \Gamma} \sum_{l \in l} u_l a_{il} \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V} a_{il} \leq N_{\text{tolmax}}, l \in \Gamma \quad (4)$$

式(1)表示 TAL 划分的目的是最小化位置更新和寻呼总信令开销。式(2)对网络中每 2 个不同 TA 之间的位置更新信令开销进行约束计算。式(3)则计算网络中每个 TA 的寻呼开销。式(4)约束确保 TAL_l 的长度不超过 N_{tolmax} , N_{tolmax} 是 TAL 中允许包含 TA 的最大数量。

2.2 跟踪区列表管理

复杂网络具有自组织、自相似、无标度等性质。对于热点地区,蜂窝部署具有随机性,这与复杂网络的性质极为相似。社区结构是复杂网络中的重要特征,图 2 给出重叠社区划分示例。在基于 TAL 的位置管理方法中,本文将 TA 看作复杂网络中的节点,将 TAL 的设计看作复杂网络中重叠社区的检测问题,不同的 TAL(即不同的社区)可以包含相同的 TA(即社区中的重叠节点)。本文受文献[7]的启发,对复杂网络中的社区检测算法进行探索,提出一种基于重叠社区检测的 TAL 划分算法,并利用博弈论进行社区检测。

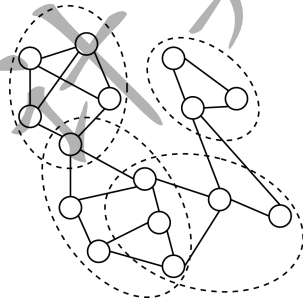


图 2 重叠社区结构划分示例

Fig. 2 Schematic diagram of division of overlapping community structure

2.2.1 基于博弈论的重叠社区检测

基于博弈论的重叠社区检测,主要思想是将重叠社区作为联盟构建博弈模型,将网络中的个体作为理性参与者,通过与网络中的其他参与者形成联盟来改善整个团体的效用。只要合并操作有利于联盟效用的增加,就允许参与者加入联盟。联盟的效用函数定义为增益函数和成本函数的组合,其中,增益函数评测联盟内参与者之间的相互作用程度,而成本函数表示联盟中的参与者与不属于该联盟的其他参与者之间的相互作用程度。通过基于博弈论的重叠社区检测算法在位置更新与寻呼开销之间寻找更优的平衡点,以进一步优化网络总信令开销。

2.2.2 效用函数

设集合 S 表示 V 的一个子集,称为联盟, $e(S)$ 表示联盟 S 内节点之间的连接总边数的权重和(即 TAL 包含所有 TA 之间的用户切换总次数), $p(S)$ 表示联盟 S 内节点的权重和(即 TAL 包含所有 TA 内发生的寻呼请求总数), $v(S)$ 表示联盟 S 的效用函数(即 TAL 集合的效用函数)。对于任意联盟 $S_1, S_2 \subseteq V$, 令 $e(S_1, S_2)$ 表示联盟 S_1 与联盟 S_2 之间连接边的权重和。令 S_{ij} 表示联盟 S_i 与联盟 S_j 的合并, 令 Γ 表示一个社区结构(即 TAL 划分结构), 即 $\Gamma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, k 代表 TAL 结构的数量, 则效用函数如式(5)所示。

$$v(S) = \frac{2e(S)}{p(S)} - \theta \left(\frac{p(S)}{2\omega|P|} \right)^2 \quad (5)$$

其中, $|P|$ 代表网络所有节点的权重和(即所有 TA 的寻呼请求和), θ 和 ω 是调整联盟成本的比例因子^[7], 本文参考文献[7]取 $\theta = 1$ 和 $\omega = \frac{1}{\sqrt{|P|}}$ 。

式(5)中等号右边的第 1 项和第 2 项分别称为联盟 S 的增益函数和成本函数。增益函数是 S 内的位置更新开销与寻呼开销之比, 成本函数是联盟中的寻呼开销与整个网络中的总寻呼开销之比。增益函数值较大表示 S 内的参与者之间存在更多的交互, 而成本函数值较大意味着联盟 S 内的参与者与网络的其余参与者之间的交互程度较大。式(5)表明联盟的建立会为其参与者带来位置更新的成本收益(即将更多 TA 划分到同一个 TAL 中, 位置更新开销降低), 但收益受到组建联盟的寻呼开销成本的限制(TAL 中包含的 TA 过多, 寻呼开销增大)。

2.2.3 联盟合并的条件

当满足以下 3 个条件时, 联盟之间进行合并操作:

条件 1 $v(S_1 + S_2) > v(S_1) \& v(S_1 + S_2) > v(S_2)$ 。该条件表明, 通过合并操作可增加联盟 S_1 与联盟 S_2 的效用, 确保由合并操作形成的联盟具有比其子集更大的效用。

条件 2 $e(S_1, S_2) \neq 0$ 。该条件表明, 当 $e(S_1, S_2) = 0$ 时, 联盟 S_1 不与联盟 S_2 合并, 即 2 个没有联系的联盟不能合并成一个更大的联盟。

条件 3 $e(S_1, S_2) < \sqrt{2\omega|P|}$ 。本文参考文献[7], 将该条件作为联盟合并的条件之一。

2.2.4 基于重叠社区检测的跟踪区列表管理算法

基于重叠社区检测的跟踪区列表管理算法是通过一种贪婪聚类方法识别 TAL 结构, 主要思想是以网络中所有 TA 为单独的联盟(即 TAL), 并将效用增量最高的联盟迭代合并为更大的联盟, 从而改善整体的效用, 直到不能执行合并操作为止。具体流程如算法 1 所示。

算法 1 基于重叠社区检测的跟踪区列表管理算法

输入 经 TA 规划之后的 TA 集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 网络的边权重矩阵 $H = (h_{ij})_{n \times n}$, $i, j \in V$, 网络的节点权重集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$

输出 TAL 规划结果 $\Gamma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$

1. 初始化

1.1 每个 TA 形成单独的 TAL, 为集合 V^0

1.2 初始化 $k=0$ 为循环检测次数, 集合 V^k 为第 k 次循环检测出的 TAL 结构

2. 重复以下步骤, 直至 $V^k = V^{k+1}$:

2.1 初始化集合 copyV, 令 copyV = V^k

2.2 $k = k + 1$

2.3 $V^k = \emptyset$

2.4 重复以下步骤, 直至 copyV = \emptyset :

2.4.1 初始化集合 $\text{MaxV} = \arg\max_{S \in \text{copyV}} v(S)$, 即合作发起者在 V^k 中具有最大效用的联盟

2.4.2 copyV = copyV - $\{\text{MaxV}\}$

2.4.3 初始化集合 canV, 该集合是一组联盟合作候选者, 与集合 MaxV 之间至少有一条边相连; 令 $\text{canV}(\text{MaxV}) = \{S \mid \exists H(i, j) \neq 0, i \in \text{MaxV}, j \in S, S \in V^{k-1}\}$

2.4.4 重复以下步骤, 直至 $\text{canV}(\text{MaxV}) = \emptyset$:

2.4.4.1 初始化集合 opV^* , 它是集合 canV 中的一个最佳合作候选者, 与合作发起者 MaxV 合并可以带来最大联盟效用增量。令 $\text{opV}^* = \arg\max_{\text{opV} \in \text{canV}(\text{MaxV})} v(\text{MaxV} + \text{opV})$

2.4.4.2 判断集合 MaxV 和 opV^* 是否满足 2.2.3 节所述的 3 个条件

2.4.4.3 如果满足, 则:

$\text{MaxV} = \text{MaxV} + \text{opV}^*$

$\text{canV} = \text{canV} - \{\text{opV}^*\}$

$\text{canV}(\text{MaxV}) = \text{canV}(\text{MaxV}) - \{\text{opV}^*\} + (\text{canV}(\text{opV}^*) - \{\text{MaxV}\})$

2.4.4.4 如果不满足, 则:

$\text{canV}(\text{MaxV}) = \text{canV}(\text{MaxV}) - \{\text{opV}^*\}$

2.5 $V^k = V^k + \{\text{MaxV}\}$

3. 返回集合 V^k

步骤 1 是初始化: 每个 TA 形成一个 TAL, 并形成集合 V^0 ; 步骤 2.4.4 循环为集合 V^{k+1} 创建联盟; 步骤 2.4 的循环为集合 V^{k+1} 创建所有联盟; 步骤 2 循环检测 TAL 结构, 步骤 2.5 输出检测出的 TAL 结构。在最坏情况下, 该算法的时间复杂度为 $O(|V| \lg |V|)$ 。

3 实验结果与分析

本节分析网络 TAL 划分之后的信令开销, 并给出位置管理方法的性能评价指标。为了说明本文算法的优势, 引入以下 2 种基于 TAL 规划的位置管理方法进行对比:

1) TAs-to-TALs 分配方案^[16], 简称 TAL-1 方案。该方案使用讨价还价游戏来确保 LU 与寻呼信令开销之间的公平权衡。

2) cell-to-TAL 动态配置方案^[17], 简称 TAL-2 方案。该方案直接将单独的蜂窝动态划分到 TAL 中, 省略了 cell-to-TA 的步骤, 分配效率较高。

3.1 TAL 信令开销计算分析

假设网络经过 TA 规划之后的 TA 集合用 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 表示, n 表示 TA 数量, 跟踪区列表 TAL 集合表示为 $\Gamma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, k 表示 TAL 数量, 则每个 TA 所属的 TAL 可以表示成 $t = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, 其中 t_i 表示跟踪区 i 所属的跟踪区列表, 跟踪区列表的设计 t 可以用一个 $N \times N$ 矩阵 $F(t)$ 表示。矩阵中每个元素 $F_{ij}(t)$ 表示 TA_i 与 TA_j 是否在同一个跟踪区列表内, 其计算过程如下:

$$F_{ij}(t) = \begin{cases} 1, & t_i = t_j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

信令开销计算如下:

$$C_{\text{total}}(t) = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V; i \neq j} (c^u h_{ij} (1 - F_{ij}(t)) + \alpha c^p u_i F_{ij}(t)) \quad (7)$$

$$C_{\text{TAU}} = c^u h_{ij} (1 - F_{ij}(t)) \quad (8)$$

$$C_{\text{paging}} = \alpha c^p u_i F_{ij}(t) \quad (9)$$

其中, c^u 和 c^p 分别表示进行一次跟踪区更新和寻呼的信令开销, c^u 和 c^p 之间的比例关系取决于无线电资源的消耗, h_{ij} 表示从 TA_i 移动到 TA_j 的用户数, α 表示在同一时间内每个用户被寻呼的次数, u_i 表示在同一时间内的用户数。式(7)前半段表示用户从 TA_i 移动到 TA_j 产生的跟踪区更新信令开销, 后半段表示用户在 TA_j 内的额外寻呼信令开销。

3.2 结果分析

本文通过以下 3 个指标来评估方案性能:

1) 总信令开销: 由寻呼和 LU 而产生的总开销, 计算过程如式(7)所示。

2) TAU 信令开销: 用户在访问新 TAL 时生成 TAU 消息的开销, 计算过程如式(8)所示。

3) 寻呼信令开销: 在呼叫建立期间从 MME 发送的用于定位用户的寻呼消息而产生的信令开销, 计算过程如式(9)所示。

本文方法是在 TA 规划的基础上进行的, 因此, 首先通过实验将蜂窝基站按照 PPP 点过程^[18]部署在 $1500 \text{ m} \times 1500 \text{ m}$ 的区域内, 并按照文献[19]将其划分为一组 TA。用户的移动性根据随机路点移动模型^[20]来建模, 其中暂停时间设置为 0。本文最初将用户随机部署在 TA 中, 在评估期间, 每个用户在部署区域内随机选择目的地 (TA) 并以 $[\text{avgSpeed} - \Delta, \text{avgSpeed} + \Delta]$ 之间均匀分布的速度向目的地移动, 其中, avgSpeed 是不同用户的平均速度, Δ 是用户速度的变化范围。

为了评估本文方法的性能, 通过调整用户平均移动速度来观察对网络信令开销的影响。增大用户平均移动速度相当于减小用户在 TA 中的逗留时间, 即减小蜂窝的覆盖范围。表 1 给出本文实验的模拟参数值。

表 1 模拟参数值

Table 1 Analog parameter values

参数名称	参数值
蜂窝分布模型	PPP
蜂窝分布密度 λ	100
部署场景大小/ m^2	$1\,500 \times 1\,500$
蜂窝基站数量	86
用户分布模型	围绕基站服从二维高斯分布
用户二维高斯分布的方差	500
每个小蜂窝下平均分布的用户数量	20
用户数量	1 720
呼叫到达率 $\mu/(\text{call} \cdot \text{s}^{-1})$	10
用户移动模型	随机路点移动模型
用户的平均速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	2、4、6、8、10、12、14
TAU 开销与寻呼开销比率	10:1

图 3 给出 3 种方法寻呼信令开销的对比,可以看出,随着平均速度的增大,3 种方法的寻呼开销趋于稳定,这是由于本文将系统呼叫到达率设置为固定数值,因此平均速度对寻呼开销影响不大。同时,本文方法的寻呼开销稳定在 82 000 左右, TAL-1 与 TAL-2 方法的寻呼开销分别稳定在 60 000 和 45 000 左右,本文方法的寻呼开销高于其他 2 种方法。这是由于 TAL 方法将 TA 组织成更大范围的 TAL,额外增加了系统的寻呼开销。

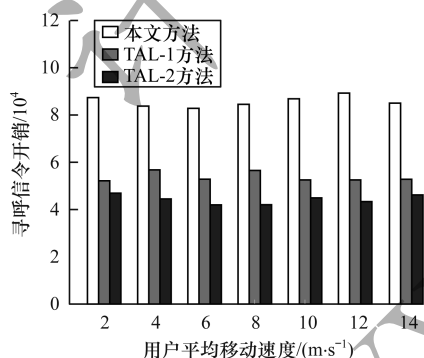


图 3 3 种方法的寻呼信令开销对比

Fig. 3 Comparison of paging signaling overheads of three methods

图 4 给出 3 种方法 TAU 信令开销的对比。由图 4 可知,随着平均速度由 2 m/s 提高至 14 m/s, 3 种方法的 TAU 开销均逐渐增大。这是由于用户移动速度增大,其在 TA 之间频繁切换并造成大量的位置更新信令开销。本文方法的 TAU 信令开销较低,而 TAL-2 方法的 TAU 信令开销较高,这是因为本文方法将访问频繁的 TA 划分到不同的 TAL 中,减少了用户位置更新的次数。

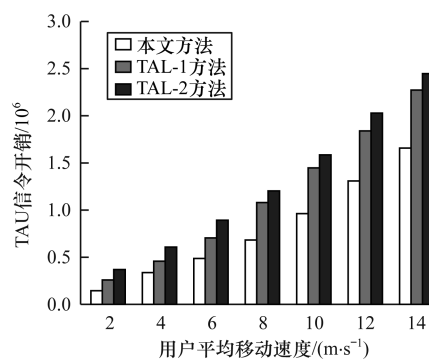


图 4 3 种方法的 TAU 信令开销对比

Fig. 4 Comparison of TAU signaling overhead of three methods

图 5 给出 3 种方法总信令开销的对比,可以看出,总信令开销随平均速度变化的趋势与图 4 类似,这是由于在用户移动速度增大时,影响网络信令开销的主要因素是用户频繁跨越 TA 所带来的位置更新信令开销。相比于 TAL-1 与 TAL-2 方法,本文方法的总信令开销分别降低 22.4% 和 27.1% 左右,说明在用户平均移动速度变化的情况下,本文方法在降低网络总信令开销方面具有优势。

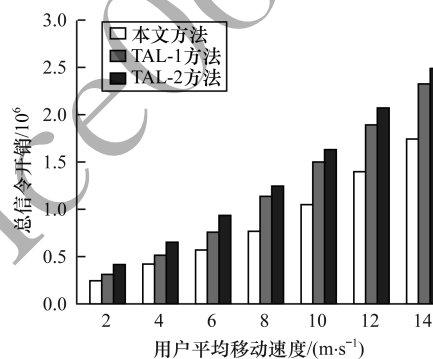


图 5 3 种方法的总信令开销对比

Fig. 5 Comparison of total signaling overhead of three methods

综上所述,基于跟踪区列表管理方法的关键是在 TAU 和寻呼信令开销间寻找平衡点,进一步降低网络总信令开销成本。通过与 TAL-1、TAL-2 方法的对比可知,本文方法在用户平均移动速度较高的情况下,仍然能够有效降低网络总信令开销成本。因此,本文的位置管理方法适用于蜂窝基站超密集组网的环境。

4 结束语

未来蜂窝网络应用的一个重要挑战是应对位置管理带来的信令开销,尤其是在热点区域密集部署蜂窝基站时,其网络信令开销可能会大幅增加。本

文提出一种基于重叠社区检测的跟踪区列表管理方法,在 TA 规划的基础上,应用基于博弈论的重叠社区检测算法进行 TAL 划分。实验结果表明,在用户平均移动速度变化的情况下,该方法能够有效降低网络总信令开销,同时,由于其针对整个热点区域的用户进行跟踪管理,因此在一定程度上提高了网络效率和服务质量。然而,该方法没有对具体用户进行位置管理,其所产生的 TAL 不一定是最优的。因此,下一步将在各种部署场景中详细分析用户移动对 TAL 划分的影响。

参考文献

- [1] HU W C, HUANG N H, CHIUUEH T D. Software defined radio implementation of an LTE downlink transceiver for ultra dense networks [C]//Proceedings of 2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2018: 1-5.
- [2] KUANG Xiaohong. Research on the management method of tracking area list in LTE system [D]. Changsha: Hunan University, 2015. (in Chinese)
旷小红. LTE 系统中跟踪区列表管理方法研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2015.
- [3] MUKHERJEE A, DE D. Location management in mobile network: a survey [J]. Computer Science Review, 2016, 19: 1-14.
- [4] CHEN Fatang, YUAN Jinlong, WU Zengshun. Improvement of authentication and key agreement in LTE system [J]. Application of Electronic Technology, 2012 (7): 155-158. (in Chinese)
陈发堂, 袁金龙, 吴增顺. 鉴权与密钥协商过程在 LTE 系统中的改进 [J]. 电子技术应用, 2012 (7): 155-158.
- [5] DENG Tao, WANG Xian, FAN Pingzhi, et al. Modeling and performance analysis of a tracking-area-list-based location management scheme in LTE networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 65 (8): 6417-6431.
- [6] HAN Z, NIYATO D, SAAD W, et al. Game theory in wireless and communication networks: theory, models, and applications [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012.
- [7] ZHOU L, LÜ K, YANG P, et al. An approach for overlapping and hierarchical community detection in social networks based on coalition formation game theory [J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42 (24): 9634-9646.
- [8] ZHAO Xiaomin, LANG Meiya, CHEN Qingzhang. Research on location management based on irregular cellular network topology model [J]. Journal of Software, 2010, 21 (6): 1353-1363. (in Chinese)
赵小敏, 郎美亚, 陈庆章. 基于不规则蜂窝网络拓扑模型的位置管理研究 [J]. 软件学报, 2010, 21 (6): 1353-1363.
- [9] MA Junchao, WANG Xian. Signaling cost analysis of location management in long term evolution [J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2014, 36 (10): 2320-2325. (in Chinese)
马俊超, 王献. LTE 位置管理中信令开销的分析 [J]. 电子与信息学报, 2014, 36 (10): 2320-2325.
- [10] RAZAVI S M, YUAN D, GUNNARSSON F, et al. Exploiting tracking area list for improving signaling overhead in LTE [C]//Proceedings of 2010 IEEE Vehicular Technology Conference Vehicular Technology Conference. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2010: 1-5.
- [11] RAZAVI S M, YUAN D, GUNNARSSON F, et al. Dynamic tracking area list configuration and performance evaluation in LTE [C]//Proceedings of 2011 IEEE Globecom Workshops. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2011: 49-53.
- [12] IKEDA S, KAMI N, YOSHIKAWA T. A tracking area list configuration method to mitigate burst location updates [C]//Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Communications and Electronics. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2014: 258-263.
- [13] WANG X, LEI X F, HU R Q Y, et al. Modeling of tracking area list-based location update scheme in long term evolution [C]//Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Communications. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2014: 2325-2331.
- [14] CHUNG Y W. Adaptive design of tracking area list in LTE [C]//Proceedings of 2011 International Conference on Wireless and Optical Communications Networks. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2011: 1-5.
- [15] TALEB T, SAMDANIS K, KSENTINI A. Supporting highly mobile users in cost-effective decentralized mobile operator networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2014, 63 (7): 3381-3396.
- [16] BAGAA M, TALEB T, KSENTINI A. Efficient tracking area management framework for 5G networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2016, 15 (6): 4117-4131.
- [17] FERRAGUT J, MANGUESBAFALLUY J. A self-organized tracking area list mechanism for large-scale networks of femtocells [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Communications. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2012: 5129-5134.
- [18] GUO Weisi, WANG Siyi, CHU Xiaoli, et al. Automated small-cell deployment for heterogeneous cellular networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 51 (5): 46-53.
- [19] TORIL M, LUNA-RAMIREZ S, WILLE V. Automatic replanning of tracking areas in cellular networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, 62 (5): 2005-2013.
- [20] CAMP T, BOLENG J, DAVIES V. A survey of mobility models for ad hoc network research [J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2010, 2 (5): 483-502.