



泛在网络下的群组移动模型研究现状及展望^{*}

赵庶源¹, 赵季红^{1,2}, 曲桦¹

(1. 西安交通大学电子与信息工程学院 西安 710049;

2. 西安邮电大学通信与信息工程学院 西安 710061)

摘要: 群组移动模型的研究对泛在网络下通信协议的设计、算法性能的评价等问题具有重要意义。泛在网络涉及多种终端同时为移动用户服务的场景, 有效地整合终端能力需要有效的群组移动模型进行指导。总结了以往 Ad Hoc 网络下各种群组移动模型的特点和适用场景, 结合泛在网络下多终端多网络的环境特点, 以用户和业务为中心, 对个人服务场景中的群组移动模型的构建方案进行了探讨和展望, 提出了关键的技术要求。

关键词: 群组移动模型; 多终端多网络协作; 个人服务场景

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.10.023

Analysis and Discussion on Group Mobility Model in Ubiquitous Network

Zhao Shuyuan¹, Zhao Jihong^{1,2}, Qu Hua¹

(1. School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. School of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Posts & Telecommunications, Xi'an 710061, China)

Abstract: Research on group mobility models has an important effect on the design of communication protocols, the evaluation of algorithm performance and other issues in the ubiquitous network. In the ubiquitous network, a variety of terminals provide certain service for users at the same time, and how to integrate terminal capacity effectively need good group mobility model. The characteristics and suitable scenes of the various group mobility models for Ad Hoc network in the past were summarized, and taking the environment of multiple terminals and multiple networks working for the same goal into consideration, the implementation scheme of group mobility model in the scene of personal service was discussed based on the experience of users, the key technical requirements were also proposed.

Key words: group mobility model, collaboration of multiple terminal and multiple network, scene of personal service

1 引言

现有群组移动模型的研究大多来源于 Ad Hoc 网络。在 Ad Hoc 网络中, 对模拟节点群组的运动情况进行仿真时, 需要关注网络中各个节点的运动速率、方向等随时间

的变化, 因此提出了群组移动模型的概念。群组移动模型的实质是通过统计学的观点描述网络中各个节点个体与群组整体运动情况之间的关系。未来的移动 Ad Hoc 网络将面临各种各样的应用场合, 包括移动传感器网络、车载移动自组网、多无人机集群组成的战术互联网等; 对于不

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (No.61071126), 国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”基金资助项目 (No. 2011ZX03005-004, No.2012ZX03001029-003, No.2012ZX03001008-003)



同的应用场合,Ad Hoc 网络的节点可能表现出迥异的移动特征。例如,在传感器网络中,大部分节点移动缓慢甚至保持静止;而在多无人机构成的战术互联网络中,节点则以很高的速度运动。不同的群组移动模型对网络协议的性能评价具有不同的影响,因此,为了达到最好的网络设计性能,在研究网络协议和进行网络设计时,必须选择合适的群组移动模型。

本文将群组移动模型的应用范围推广到泛在网络的个人业务服务场景中,随着无线接入技术的发展和移动终端的日渐多样性,如何充分利用不同网络的互补特性以及异构终端的协作能力,实现用户业务体验性能的高效提升,是未来移动通信技术的核心组成部分之一。在多终端多网络的环境中,在不同区域、不同时间,业务可用的网络和终端可能会存在较大差异。为了能够随时随地选择合适的终端和网络为用户提供高效的服务,建立稳定的实时终端系统,需要对终端群组的移动性进行研究。

在多终端多网络环境条件下,可以将相互协同的多个终端看作一个终端群,通过对终端群的移动性研究建立群组移动模型。群组移动模型具有对终端群的管理与控制功能,主要通过对可用移动终端及其周围上下文环境的分析,在具体现实环境中结合用户业务需求,使终端群组能够在位置、网络等环境变化的动态情况下充分利用网络资源,以此保证异构网络以及移动终端群的高效协同,从而提高数据传输效率。

2 群组移动模型研究现状

目前提出的移动模型主要针对移动 Ad Hoc 网络,主要有随机步行移动模型、随机路点移动模型、高斯—马尔可夫移动模型、指数相关随机移动模型、参考点群组移动模型及其改进模型、群组力移动模型、参考区域群组移动模型、基于 Gibbs 分布模拟退火的群组移动模型、事件驱动的群组移动模型等。

下面对几种重要的群组移动模型进行简单的介绍。

参考文献[1]中列出了 5 种基本的群组移动模型,包括指数相关随机移动模型、参考点群组移动(RPGM)模型、队列移动模型、游牧团体移动模型和追逐移动模型。指数相关随机移动模型^[2]通过运动函数控制节点的移动,运动函数是关于离散时间点位置的递归函数,通过改变运动函数中的参数就可以改变节点的移动方式。参考点群组移动模型^[3]是一种基本的移动模型,可演变出多种不同的移动模

型,在该移动模型中,每个群组有一个逻辑中心,群组的移动轨迹由逻辑中心的移动轨迹决定,群组中的每个节点都有各自的参考点,参考点与逻辑中心同步移动,节点的位置是在参考点基础上附加某一随机向量,如图 1 所示。队列移动模型^[4,5]描述了被组织成一系列纵队、统一朝着一个方向移动的一组节点的移动方式。游牧团体移动模型^[4,5]描述了一组移动节点共同从一个点移动到另一个点的过程,群组中的节点在给定的参考点附近采用随机实体移动模型徘徊。追逐移动模型描述了一组移动节点追逐一个特定的目标的过程。

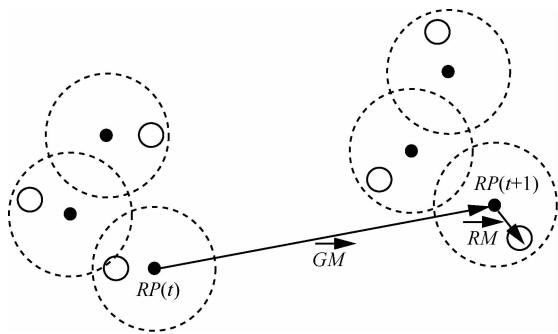


图 1 RPGM 模型示意

针对以上移动模型的不足,国内外研究者提出了各种新的移动模型。参考文献[6]提出了基于虚拟轨迹的移动模型,此移动模型在参考点群组移动模型的基础上设置了“交换站”的概念,群组通过“虚拟轨迹”在交换站之间移动,移动方式就是参考点群组移动模型,此移动模型适合描述公路上的移动群组。参考文献[7]提出了群组力移动模型,此移动模型结合了引力和斥力的概念,通过节点之间的作用力影响节点的移动。参考文献[8]提出了参考区域群组移动模型,此移动模型将每个群组与一个参考区域相关联,群组节点向参考区域运动,当群组内的所有节点到达该参考区域后,模型会产生新的参考区域位置,如此循环产生节点的移动轨迹。参考文献[9]提出了事件驱动的群组移动模型,此移动模型认为节点的移动受事件的驱动。此移动模型首先确定节点的目的地,然后根据地图计算节点的移动轨迹,此移动轨迹是从出发点到的避开障碍物的最短路径。参考文献[10]提出了基于 Gibbs 分布模拟退火的群组移动模型,此移动模型通过选择 Gibbs 势函数,采用分步模拟退火算法,描述了群体移动中的 3 种行为:聚集行为、分散行为和线型编队行为,特别适合描述军事应用场合下的节点移动。

3 泛在网络下群组移动模型需要解决的问题

在 Ad Hoc 网络下的群组移动模型的基础上,提出泛在网络下针对个人业务的群组移动模型,这与传统的 Ad Hoc 网络有一定的区别。为了更好地说明泛在网络下群组移动模型的作用,提出一个有代表性的应用场景——智能医疗业务,对该场景的描述如下。

Hubert 是智能医疗业务的用户。早上起床后,Hubert 身上佩戴的血糖计、血压计等对他的相关健康信息进行采集,可用的传输终端有手机、电脑、笔记本、PDA 等,通过任务协调分配,根据健康信息的类型(视频、语音、文字等)和紧急程度以及目前各终端的服务能力和所能连接的网络状况(2G、3G、DSL 等可用),选择一个或者多个合适的终端,向医院或指定医生发送各项生理指标,并获得反馈消息。

当 Hubert 出行在路上时,周围的网络分布发生了变化,可用的终端剩下手机、笔记本、PDA 等,网络状况只剩下 2G、3G,途径 Wi-Fi 热点地区时可使用 Wi-Fi,随着环境的变化,服务群组需要进行重构,根据设定的准则重新选择合适的终端,使其能够随时发送健康消息。

当 Hubert 抵达公司后,笔记本、手机、PDA 等均可用,网络条件可能变化为 3G、WLAN、Wi-Fi 等,根据预先设定的准则,随时更新群组构成和信息发送终端,为用户完成智能医疗业务。

另外,在 Hubert 移动过程中,也可能存在和其他用户终端的协作情况。比如,Hubert 携带的手机启动视频流业务后,发现 3G 网络不可用或者不能提供足够的带宽,此时租用周围用户可连接的高速网络,通过用户 A 的终端从 Wi-Fi 等得到数据,利用无线个域网(WPAN)技术将数据从 Hubert 的终端传输到用户 A 的终端。两条数据链路提供的总带宽能够满足视频业务对带宽的要求,从而提升用户业务 QoS 需求。这时的终端群组有了新的节点加入,不同于以前完全固定的群组状态。

上述智能医疗业务场景中,移动群组实际上指的是分工合作,共同完成健康信息接收和发送功能的终端群组,群组的特点如下。

- 宏观上,整个终端群组的移动围绕着一个中心节点进行,这个中心节点是用户本身,决定了终端的位置变化趋势。
- 终端群组的移动性与常规 Ad Hoc 网络群组移动模

型的不同之处在于:群组的移动性不仅指整个群组位置和群内节点相对位置的变化,更包含位置或者网络状态等引起的群内部节点的相对运动,这种运动主要表现为不同终端节点的离开与加入,是一种离散性行为,而非连续性的。

- 针对群组内部的离散型变化,需要设计一种合理的聚合及重构机制,使得终端群组能够在环境变化后迅速保持稳定。

以往 Ad Hoc 网络下的各种移动性模型大多考虑的是静态群组的构造情况,并不关注群组本身的主观因素,但在泛在网络多终端多网络环境中,涉及很多个人服务场景,群组的移动情况受用户决策和业务控制,群组周围的环境是动态变化的,而且群组本身也是变化的,先前 Ad Hoc 网络下的各种群组移动模型并不适用,这要求在以往群组移动模型研究的基础上对应地添加 3 个要素,分别为用户、环境以及业务,这 3 个要素决定了现在的模型并不只是一种描述、预测,更应该具有一定的控制功能。

4 泛在网络下的群组移动模型解决方案

根据以上内容,可以得到泛在网络下针对个人服务场景的群组移动模型的特点,如下:

- 所描述的移动群组,是指可以提供个人服务业务的终端群组;
- 所描述的群组移动性,不仅指整个群组位置和群内节点相对位置的变化,更包含位置或者网络状态等引起的群内部节点的相对运动,这种运动主要表现为不同终端节点的离开与加入,是一种离散性行为,而非连续性的。

将以上两种情况概括为:位置移动性和结构移动性。

4.1 群组的位置移动模型

因为整个群组的构建和服务是围绕中心用户进行的,群组的位置移动取决于用户和业务的需求。

在业务 QoS 需求度不高时,群组的位置主要由用户本身的能动性决定,需要做的仅是对伴随用户移动的整个终端群组的位置进行预测和模拟,执行移动性预测任务。

主要工作是研究对于由中心节点—用户引起的具体位置的移动性,可以借鉴基于行为策略的位置预测方案:收集移动用户的长期移动日志,挖掘用户的行为规律;对于特定的人群(如老师、学生等),日常的活动在时间和空间上都有相对较强的规律性;通过挖掘出来的用户移动行



为的规律,可统计出每个用户行为随时间变化的概率,从而对用户的位置进行模拟预测;另外,更重要的一点,对于以个人为中心的群组移动模型下特定的群内部节点的“移动”。随着用户位置的变化,用户周围的网络环境很有可能随之改变,同时用户周边可使用的终端也会发生变化;构成个域网的各终端组件相互广播各自的状态信息,并根据自己当前的状态和业务要求,选择是否加入有效服务终端群组。

在业务 QoS 需求度较高时,用户希望尽可能选择能更好享受业务的行为方式,这时发往控制中心的信息应该尽可能完备。为了满足这一条件,用户在前往目的地的过程中需要尽可能选择能够方便发送数据的路线,这一部分内容称为执行移动性指导任务。结构移动性决定位置移动性,即通过对用户当前地点邻近区域的可用终端、网络、交通等状态的分析,得到下一步可能行进路线上各点可用终端群组的服务能力,选择最满足用户业务需求的方向作为指导路线。

移动模型工作的整个过程如图 2 所示。

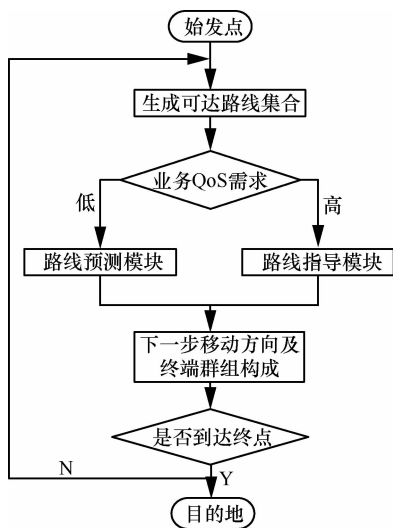


图 2 移动模型的工作流程

4.2 群组的结构移动模型

个人应用场景下,群组移动模型的最大特点在于群组本身不是固定的,其移动不仅是位置的变化,更包括整个群组构成的变化。群组的结构移动模型,要求能够根据环境的改变选择合适的终端构成群组,为用户提供最佳的业务服务体验。

概括来说,终端选择主要受 3 方面因素的影响,分别是物理信息、逻辑信息和相对信息,具体介绍如下。

- 物理信息指用户周围的环境情况以及周围可用终端的状态等客观信息,影响终端当前具体的能力状态。
- 逻辑信息指业务的具体需求(如是否需要同时发送多种类型信息、紧急程度如何等)、用户的主观倾向等一些预先设定的要求,是该业务中体现最佳服务体验的需要。
- 相对信息指初始设定的各终端的相对重要性,体现终端选择的基本优先度。

终端选择的过程,实际上是在获取相关逻辑信息和物理信息后,根据不同的发送数据类型要求以及各终端之间的协作关系,选择当前最能满足条件的若干个终端共同构成群组协调工作。本文选择的方案是基于 ABE(always best experience)的,具体过程如下。

(1)根据物理信息判断当前可用的终端,确定每个可用终端的可接入网络;对应不同的发送数据要求,找出能够满足需要的所有终端。

(2)根据逻辑信息中的用户偏好和花费等具体因素以及物理信息中的网络和终端能力,结合不同终端之间的相对关系,确定完成不同发送任务的终端的优先级大小。

(3)根据以上准则,将不同发送任务的最优终端以及对应的发送网络构成发送群组,如果同一终端的任务有冲突,则根据优先级的大小,逐一重新筛选。

5 泛在网络下群组移动模型涉及的关键技术

泛在网络下基于个人服务的群组移动模型的构建需要关注以下内容。

5.1 虚拟终端的重构聚合技术

在泛在网络多终端多网络环境下,可以将为用户服务的终端群组理解为一个整合的虚拟终端,随着用户位置、网络环境、业务需求的变化,根据合适的策略选择合适的终端,重构群组。虚拟终端的构成和功能如下。

首先,应该有居于核心地位的主控终端,主控终端不是固定的,根据即时的网络、业务需求和终端能力判断生成。具有的功能应该包括以下 3 方面:

- 能够发现并识别可接入的个域网,构成虚拟终端的所有设备,并实现它们之间的通信;
- 能够获取目前各种网络状态,如是否接入、信号强弱以及资费情况;

- 具有自主判断选择功能,根据用户偏好、网络状态等选择具有完成业务能力的终端,并合理分配各自承担的工作。

具体实现某项业务的流程介绍如下。

(1)某个人在想要完成某项业务时,首先告知手边某一终端上的主控器。

(2)可通过各个终端上的主控器相互联系构建个域网,形成虚拟终端。

(3)通过获取当前各种网络的状态,并根据用户预先设置的偏好信息,主控器判断哪些终端可用,哪些终端不可用;根据业务种类,判别是否可多终端协同处理;通过判断各终端的处理能力及对应接入网络的服务能力,合理分配处理任务。

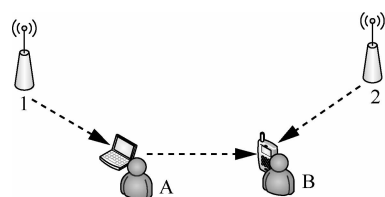
5.2 群组位置预测与更新技术

为了保持业务数据的高效传输,位置预测作为一项辅助性技术,可以协助群组移动性模型保证多网络与多终端的有效协调。通过位置预测,可以提前预测终端群组未来时刻的位置,为移动性管理、切换管理以及资源预留提供服务,以此减少切换时延、避免由资源不足引起的数据分组丢失等问题,从而保证业务的连续性,提高用户体验。更进一步,通过预测得到的信息,群组移动性模型可以提前对未来时刻的地理环境、网络环境以及终端状态进行分析,便于更好地控制协调移动终端群组,使其能实现最佳的协同状态。

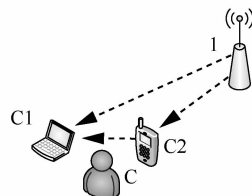
5.3 异构网络切换管理技术

泛在网下基于个人服务的群组移动模型的构建,涉及多个终端通过多个连接共同为某一用户服务。属于相同或不同用户的终端连接到不同或相同的网络,共同为用户提供服务。这种协同方式的最大优势是能够极大地提高用户能感受到的网络带宽,提高用户的应用体验。从用户的角度看,协同的各个终端组成了一个虚拟终端,集合了统一的终端能力,向用户提供如同单一终端所能提供的能力。

泛在网下多终端多网络协同示意图如图3所示。在图3(a)中,只携带了一个终端的用户B启动了视频流业务,然而发现可用网络2不能提供足够的带宽,因此租用周围用户可连接的高速网络,通过用户A的终端从网络1得到数据,利用WPAN技术将数据从用户A的终端传输到用户B的终端。两条数据链路提供的总带宽能够满足视频业务对带宽的要求,从而提升用户体验。图3(b)



(a) 属于不同用户的终端之间的协同



(b) 属于相同用户的终端之间的协同

图3 泛在网下多终端多网络协同场景

中的用户C携带两个终端,在终端C1上启动了视频会议业务,然而单一的网络1不能提供足够的带宽,此时可以将终端C2连接到网络1,建立两条数据链路,从而实现带宽提升。

当用户移动时,其可能离开正在使用的网络的覆盖范围或进入另一个新的网络的覆盖范围,因此正在使用的网络可能不再是最能满足各方面需求的网络。这时,应当重新启动网络选择或切换算法选择新的最优网络。如果重新选择的网络与之前的网络相同,那就不用启动切换;如果不同,就启动垂直切换过程。

6 结束语

泛在网下多终端多网络协作服务是未来通信技术发展的趋势。如何在复杂多变的网络环境中合理利用各种异构终端,实现业务的最佳体验,需要关注新环境下群组移动模型的构建。泛在网络中的群组移动模型构建并非单一的位置预测,涉及终端、网络、业务等各个层面,并与无线资源管理、无线接入控制、会话控制等其他技术密切相关、相互交织,对支持泛在异构网络的融合、保证业务层面的连续性、提供平滑无缝的用户体验具有非常重要的意义。

参考文献

- 1 Camp T, Boleng J, Davies V. A survey of mobility models for Ad Hoc network research. *Wireless Communications and Mobile Computing: Special Issue on Mobile Ad Hoc Networking-Research, Trends and Applications*, 2002, 2(5):483~502
- 2 Bergamo M. System Design Specification for Mobile Multimedia Wireless Network (MMWN). Technical Report, DARPA Project DAAB07-95-C-D156, 1996

(下转第144页)



4 结束语

流量经营是一项系统工程,涉及运营商多部门、跨专业协同工作,需要循序渐进地进行建设,同时,移动互联网流量经营涉及营销学、社会心理学及通信学等多门学科,在移动通信发展日新月异、激烈的市场经营环境中,其内涵及经营目标将不断被刷新与深化,本研究仅是“管中窥豹”,分析考虑欠周之处请批评指正。

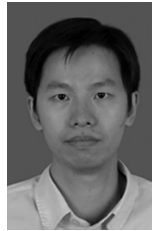
参考文献

- 1 华为赛门铁克科技有限公司. 互联网应用分析专题报告, 2011
- 2 孙丽娟, 方义松. 流量经营之道. 通信企业管理, 2012(1)
- 3 3GPP TS 23.203. Policy and Charging Control Architecture (Release 11), 2013
- 4 Liu K, Xu K. Open service-aware mobile network API for 3rd party control of network QoS. Proceedings of 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, Beijing, China, 2012
- 5 Copeland R. Network intelligence-facilitate operators win in mobile broadband era. Proceedings of 13th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks (ICIN 2009), Bordeaux, 2009

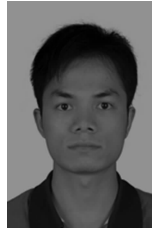
(上接第 135 页)

- 3 Hong X, Gerla M, Pei G, *et al.* A group mobility model for Ad Hoc wireless networks. Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Beijing, China, 1999: 53~60
- 4 Sanchez M, Manzoni P. ANEJOS: a Java based simulator for Ad Hoc networks. Future Generation Computer Systems, 2001, 17(5): 573~583
- 5 Davies V A. Evaluating Mobility Models within an Ad Hoc Network. Golden: Colorado School of Mines, 2000
- 6 Zhou B, Xu K, Gerla M. Group and swarm mobility models for Ad Hoc network scenarios using virtual tracks. Proceedings of Military Communications Conference, CA, USA, 2004: 289 ~ 294
- 7 Williams S A, Huang D. Group force mobility model and its obstacle avoidance capability. Acta Astronautica, 2009, 65 (7-8): 949~957
- 8 Ng J M, Zhang Y. Reference region group mobility model for Ad Hoc networks. Proceedings of the Wireless and Optical Communications Networks, Dubai, United Arab Emirates, 2005: 290~294
- 9 Chang Y C, Liao H C. EMM: an event-driven mobility model for generating movements of large numbers of mobile nodes. Simulation Modeling Practice and Theory, 2005, 13(4):335~355
- 10 Peng H, Shen L C, Bu Y L, *et al.* Group mobility model for Ad

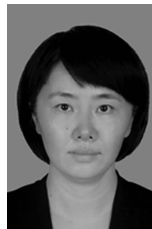
[作者简介]



冯国聪,男,广东省电信规划设计院有限公司高级通信设计师,主要研究方向为增值业务网络、移动互联网业务运营。



陈学云,男,广东省电信规划设计院有限公司通信设计师,主要研究方向为业务网、云计算。



张瑞虹,女,广东省电信规划设计院有限公司总工程师,主要研究方向为 IP 与业务网络。

(收稿日期:2013-05-02)

Hoc networks. Journal of Software, 2008, 19(11):2999~3010

[作者简介]



赵庶源,男,西安交通大学博士研究生,主要研究方向为新一代无线移动互联网、泛在网及物联网、异构网络融合等。

赵季红,女,西安交通大学电子与信息工程学院教授、博士生导师,西安邮电大学兼职教授,主要研究方向为宽带通信网络的基础理论研究及应用开发,如宽带网的网络管理、多层传送网技术、现代交换技术、新一代网络的管理与控制、网络的生存性等。

曲桦,男,西安交通大学电子与信息工程学院教授、博士生导师、院长,主要研究方向为移动互联网技术、新一代网络宽带无线移动通信网等。

(收稿日期:2013-06-13)