

**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ  
QUỐC GIA LẦN THỨ VI**

**FAIR**

**NGHIÊN CỨU CƠ BẢN VÀ ỨNG DỤNG  
CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

**THỪA THIÊN – HUẾ, 20 – 21 tháng 6 năm 2013**

**Proceedings of the 6<sup>th</sup> National Conference on  
Fundamental and Applied Information Technology  
Research (FAIR)**

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ  
Hà Nội 2013**

## MỤC LỤC

1	A HA based fuzzy association rule extracting method for classification on high-dimensional problems	1
	<i>Dương Thăng Long, Trương Tiến Tùng, Trần Tiến Dũng</i>	
2	A mobility prediction model based on group behaviors in wireless networks	7
	<i>Thuy Van T. Duong, Dinh Que Tran, Cong Hung Tran</i>	
3	A new approach for search engine on fuzzy ontology	18
	<i>Lê Anh Phương, Đinh Thị Diệu Minh, Nguyễn Thị Phương Liên</i>	
4	An effective method for determining redundant attributes in incomplete decision tables	27
	<i>Nguyễn Long Giang, Vũ Đức Thi</i>	
5	An improved LEACH routing protocol for energy-efficiency of wireless sensor networks	33
	<i>Nguyen Duy Tan, Ho Duc Ai, Duong Viet Huy, Nguyen Dinh Viet</i>	
6	Ảnh hưởng của mạng liên kết đến hiệu năng của siêu máy tính desktop CPU-GPGPU	41
	<i>Hồ Khánh Lâm</i>	
7	Bảo vệ bản quyền cơ sở dữ liệu quan hệ với các thuộc tính văn bản chứa nhiều từ	48
	<i>Lưu Thị Bích Hương, Bùi Thế Hồng</i>	
8	Xây dựng hệ thống hỏi đáp tự động cho câu hỏi định nghĩa trong y khoa	55
	<i>Nguyễn Thanh Tuấn, Hồ Bảo Quốc</i>	
9	Các phép toán đại số trong cơ sở dữ liệu hướng đối tượng mờ theo tiếp cận đại số gia từ	62
	<i>Đoàn Văn Thắng</i>	
10	Các phương pháp lập luận và tích hợp ontology mờ	71
	<i>Trương Hải Bằng, Nguyễn Phi Khứ</i>	
11	Cải thiện xử lý truy vấn Top-k trong môi trường phân tán	79
	<i>Phạm Minh Hiếu, Vũ Tuyết Trinh</i>	
12	Chọn thuật toán cộng và nhân đôi của đường cong Elliptic một cách hiệu quả	86
	<i>Trần Minh Tân</i>	
13	Chu trình Hamilton trong đồ thị $\sigma_2^* \geq N - 1$	91
	<i>Vũ Đình Hòa, Nguyễn Hữu Xuân Trường</i>	
14	Đánh giá giải pháp cải tiến giao thức định tuyến theo yêu cầu sử dụng công nghệ tác từ	97
	<i>Cung Trọng Cường, Võ Thanh Tú, Nguyễn Thúc Hải</i>	
15	Đánh giá thực nghiệm mô hình truy vấn thông tin đa ngữ	103
	<i>Lâm Tùng Giang, Võ Trung Hùng</i>	
16	Đề xuất cơ chế quản lý hàng đợi tích cực trên môi trường mạng tốc độ cao	108
	<i>Nguyễn Kim Quốc, Võ Thanh Tú, Nguyễn Thúc Hải</i>	

17	Đồng bộ hóa các bản sao dữ liệu trên nền điện toán đám mây <i>Ngô Bá Hùng, Nguyễn Hữu Lộc</i>	115
18	Dự báo ngắn hạn mức lưu lượng gọi vào trung tâm tiếp nhận cuộc gọi <i>Đỗ Khắc Vũ, Phan Phương Lan, Huỳnh Xuân Hiệp</i>	122
19	Dự đoán giá trị công sức trong quy trình phát triển phần mềm xp sử dụng mạng Bayesian động <i>Huỳnh Quyết Thắng, Đào Phan Vũ, Lưu Đức Quỳnh</i>	130
20	Evaluating the efficiency for clustering mobile Ad Hoc networks of AODV and DSR protocol <i>Nguyễn Trí Nhân, Võ Thanh Tú</i>	140
21	Extended star coordinates for visualizing clusters in multidimensional data <i>Tran Van Long</i>	149
22	Giải bài toán bố trí mảnh trong cơ sở dữ liệu phân tán theo mô hình qui hoạch tuyến tính <i>Lê Thị Ngọc Hiếu, Đỗ Phúc</i>	157
23	Giải thuật xác định SCS của hai ngôn ngữ theo otomat <i>Đặng Quyết Thắng, Phan Trung Huy</i>	164
24	Giới thiệu một phương pháp giống hàng phân đoạn ngữ áp dụng cho cặp ngôn ngữ Pháp-Việt <i>Lê Ngọc Tấn, Lê Ngọc Tiến, Đinh Điền</i>	171
25	Hệ thống giám sát môi trường trên cơ sở tích hợp mạng cảm biến vô tuyến với công nghệ OFDM <i>Hà Mạnh Đào, Vũ Chấn Hưng, Hoàng Văn Tuấn</i>	179
26	Cải tiến phương pháp lượng tử hoá vector bằng từ điểnk-mean cho bài toán nhận dạng hình ảnh <i>Nguyễn Xuân Mão, Trần Minh Triết</i>	185
27	Khai phá quy trình với thuật toán di truyền và ứng dụng <i>Nguyễn Anh Dũng, Hoàng Hữu Hạnh</i>	193
28	Đánh giá ảnh hưởng của tán sắc trong mạng OBS tốc độ cao bằng kỹ thuật mô phỏng và mô hình giải tích <i>Lê Hữu Bình, Lê Nguyên Bình, Hoàng Văn Võ</i>	203
29	Khai thác luật phân lớp kết hợp trên cơ sở dữ liệu tăng trưởng <i>Nguyễn Thị Thúy Loan, Nguyễn Thành Ngô, Đỗ Trung Tuấn</i>	213
30	Khảo sát việc nhận dạng thực thể có tên trong song ngữ Anh-Việt <i>Nguyễn Thị Thanh Thảo, Lê Ngọc Tấn, Lê Ngọc Tiến</i>	223
31	Phân tích hiệu năng của các kiến trúc chip đa lõi <i>Nguyễn Minh Quý, Hồ Khánh Lâm</i>	230
32	Mô hình hỗ trợ kinh doanh hiệu quả qua phân tích đặc trưng khách hàng <i>Nguyễn Thành Trung, Đỗ Duy Phúc, Nguyễn Hữu Việt Long, Nguyễn Phi Khứ</i>	237
33	Mô hình nhân bản động các thành phần của ứng dụng phân tán trên nền điện toán đám mây <i>Ngô Bá Hùng, Trần Cao Nhân</i>	243
34	Một cách tiếp cận chọn tập mẫu huấn luyện cây quyết định dựa trên đại số gia tử <i>Lê Văn Tường Lâm, Nguyễn Mậu Hân, Nguyễn Công Hào</i>	251

35	Một giải thuật cộng tác dựa trên sự đồng thuận để xây dựng tiếng Việt <i>Nguyễn Thị Phương Trang, Dương Trọng Hải, Lê Cung Tường</i>	259
36	Một hướng tiếp cận dựa trên tần số cơ bản để phân biệt phương ngữ tiếng Việt theo phương thức phát âm <i>Phạm Ngọc Hưng, Trịnh Văn Loan, Nguyễn Hồng Quang</i>	265
37	Một kỹ thuật trực quan mạng neuron SOM ứng dụng phân cụm dữ liệu <i>Lê Anh Tú, Phạm Việt Bình, Lê Sơn Thái</i>	270
38	Một mô hình lập lịch nhóm trên mạng chuyển mạch chùm quang <i>Nguyễn Hồng Quốc, Võ Việt Minh Nhật, Nguyễn Hoàng Sơn</i>	277
39	Một mô hình mặt hướng không gian trong bài toán phát hiện mặt người <i>Lâm Thành Hiến, Trịnh Xuân Hùng, Hà Mạnh Toàn, Trần Lê Thăng Đồng</i>	282
40	Một phương pháp chuyển đổi mô hình quan hệ có yếu tố thời gian sang mô hình Temporal XML <i>Nguyễn Minh Thiên, Hoàng Quang</i>	290
41	Một phương pháp chuyển đổi mô hình Ster sang mô hình quan hệ <i>Lê Thị Ngọc Ánh, Huỳnh Nhật Trương, Hoàng Quang</i>	299
42	Một phương pháp heuristic xây dựng hệ logic mờ loại hai đại số gia tử <i>Đào Đức Chính, Phan Anh Phong, Trần Đình Khang</i>	308
43	Một phương pháp tra cứu ảnh sử dụng kỹ thuật học từ thông tin người dùng <i>Nguyễn Hữu Quỳnh, Nguyễn Thị Thu Hà, Vũ Văn Hiệu, Cù Việt Dũng</i>	316
44	Some methods to insert backdoor into key generation scheme for RSA cryptosystem <i>Phan Trung Huy, Nguyễn Tuấn Anh, Vũ Quân Huân</i>	325
45	Một thuật toán lập lịch trong môi trường tính toán đám mây dựa trên thuật toán ACO <i>Nguyễn Hoàng Hà, Lê Văn Sơn, Nguyễn Mậu Hân</i>	331
46	Một thuật toán lựa chọn camera trong hệ thống giám sát tự động <i>Ngô Đức Vĩnh, Đỗ Năng Toàn</i>	341
47	Một thuật toán phát hiện bóng cứng với nguồn sáng song song <i>Trịnh Hiền Anh, Lê Thị Kim Nga, Phạm Khắc Tuy, Phạm Bá Máy, Đỗ Văn Thiện</i>	348
48	Nâng cao chất lượng ảnh DICOM màu dựa trên phân đoạn mờ <i>Ngô Hoàng Huy, Nguyễn Tu Trung, Đặng Trần Đức</i>	354
49	Nâng cao hiệu quả khai phá luật kết hợp mờ theo hướng tiếp cận đại số gia tử <i>Trần Thái Sơn, Nguyễn Tuấn Anh</i>	360
50	Nâng cao hiệu quả khai thác tập phổ biến sử dụng N-List <i>Lê Cung Tường, Võ Đình Bảy, Lê Hoài Bắc</i>	371
51	Nghiên cứu cải tiến đặc tính thanh điệu của hệ thống tổng hợp tiếng Việt <i>Phan Thanh Sơn, Dương Tử Cường, Vũ Tất Thắng, Lương Chi Mai</i>	378
52	Nghiên cứu phương pháp xây dựng thể hạt với ngữ nghĩa tập mờ tam giác của các từ ngôn ngữ cho bài toán phân lớp <i>Phạm Đình Phong, Nguyễn Cát Hồ, Nguyễn Thanh Thủy</i>	385
53	Nghiên cứu sự thay đổi giá trị các độ đo hiệu năng tập luật quyết định trên các tập rút gọn của bảng quyết định không đầy đủ <i>Nguyễn Long Giang, Vũ Văn Định</i>	394

54	Phân bố bậc trên mạng phức hợp bằng giải pháp song song hóa thuật toán PageRank <i>Nguyễn Thành Trung, Đỗ Duy Phúc, Trần Hoàng Anh, Nguyễn Phi Khứ</i>	403
55	Phân loại tài liệu tiếng Việt dựa trên âm tiết của từ <i>Trần Ngọc Phúc, Nguyễn Vũ Duy Quang, Phạm Công Xuyên, Nguyễn Minh Phúc, Đỗ Quốc Bảo</i>	411
56	Phân tích và đánh giá hiệu năng hoạt động của CAPE <i>Hà Viêt Hải, Trần Văn Long</i>	419
57	Giải thuật lai SA-DE cho bài toán dự báo chỉ số giá tiêu dung <i>Đinh Thị Thu Hương, Bùi Thu Lâm, Lê Thị Vân</i>	428
58	Phương pháp số giải một bài toán biên cho phương trình elliptic trong nửa dải <i>Đặng Quang Á, Trần Đình Hùng</i>	438
59	Phương pháp xây dựng tập lát cắt ứng cử viên rút gọn, ứng dụng trong nhận dạng chữ Việt in chất lượng thấp <i>Nguyễn Thị Thanh Tân, Ngô Quốc Tạo, Lương Chi Mai, Lê Mạnh Hùng</i>	448
60	Semantic integration in multi-document summarization <i>Thành Nguyễn, Quốc Hồ</i>	457
61	Shape similarity based on skeleton hyper-graphmatching <i>Ngo Truong Giang, Ngo Quoc Tao, Nguyen Duc Dung</i>	463
62	Simulation of controlling brown plant hopper population using metarhizium fungus in rice field <i>Trung Phuoc Le, Hang Viet Duong, Hiep Xuan Huynh</i>	472
63	Sinh ca kiểm thử tự động trong kiểm thử hồi quy cho các hệ thống phản ứng <i>Trịnh Công Duy, Nguyễn Thanh Bình, Ioannis Parissis</i>	484
64	Phân tích, đánh giá các cách tiếp cận dựa trên thuật toán phỏng sinh tối ưu vị trí đặt các trạm điều khiển trong mạng không dây <i>Lê Đắc Như, Nguyễn Gia Như, Lê Đăng Nguyên, Lê Trọng Vĩnh</i>	494
65	Thuật toán khai phá mẫu dãy thường xuyên với trọng số chuẩn hóa sử dụng CSDL điều kiện theo tiền tố <i>Trần Huy Dương, Vũ Đức Thi</i>	502
66	Thuật toán phát hiện độ tương tự mã nguồn dựa trên cây phân tích cú pháp và ứng dụng trong xây dựng hệ thống thi lập trình trực tuyến BKOJ <i>Nguyễn Ngọc Dũng, Huỳnh Quyết Thắng</i>	512
67	Thuật toán tìm đường đi ngắn nhất trên đồ thị mở rộng <i>Trần Quốc Chiến, Nguyễn Mậu Tuệ, Trần Ngọc Việt</i>	522
68	Thuật toán tối ưu hóa khai phá tập mục lợi ích cao sử dụng GPGPU <i>Hoàng Minh Quang</i>	528
69	Thuật toán tuần tự và song song tìm luồng cực đại bằng phương pháp hỗn hợp đẩy kéo luồng <i>Trần Quốc Chiến, Lê Mạnh Thanh, Nguyễn Đình Lâu</i>	538
70	Tích hợp tri thức bằng đàm phán <i>Nguyễn Thị Hồng Khánh</i>	550

71	Tìm mức độ tương đồng của các trình tự sinh học bằng BLAST trên mô hình MapReduce <i>Đoàn Danh Đạt, Trần Văn Lăng, Trần Nguyễn Minh Hiếu, Nguyễn Gia Khoa</i>	557
72	Tối ưu hóa sao lưu dữ liệu trong mạng ngang hàng có cấu trúc <i>Nguyễn Đình Nghĩa, Nguyễn Hoài Sơn</i>	563
73	Tóm tắt văn bản tiếng Việt dựa trên phương pháp Naïve Bayes và tập từ chủ đề <i>Nguyễn Thị Thu Hà, Nguyễn Hữu Quỳnh, Nguyễn Thị Ngọc Tú</i>	572
74	Toward to a hybrid mobile object localization method based on WiFi and image <i>Thanh-Thuy Pham, Trung-Kien Dao, Thi-Lan Le, Ngoc-Yen Pham, Hung-Long Nguyen</i>	581
75	Truy vấn ảnh dựa trên chữ ký nhị phân và cây S-tree <i>Văn Thế Thành, Lê Mạnh Thạnh</i>	586
76	Truy vấn hướng đối tượng dựa trên cây chữ ký nhị phân trong cơ sở dữ liệu hướng đối tượng <i>Trương Công Tuấn, Trần Minh Bảo</i>	594
77	Ứng dụng thuật toán Kshemkalyani – Singhal phát hiện bế tắc trong cung cấp tài nguyên phân tán cho hệ thống máy chủ ảo <i>Nguyễn Hà Huy Cường, Lê Văn Sơn, Nguyễn Thanh Thủy</i>	602
78	Xác định độ tương tự cho người dùng và sản phẩm trong lọc cộng tác dựa trên mô hình đồ thị <i>Nguyễn Duy Phương, Đỗ Thị Liên, Từ Minh Phương</i>	609
79	Xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định cảnh báo sớm lũ quét <i>Nguyễn Tấn Khôi</i>	620
80	Xử lý cấu trúc câu chứa từ 的 (DE) trong dịch máy thống kê Hoa-Việt <i>Trần Lương Quốc Đại, Nguyễn Thị Hồng Nhung</i>	626
81	Xử lý tên người mới trong dịch thống kê Hoa - Việt <i>Trần Thanh Phước, Đinh Điền</i>	635
82	Grouping operator in probabilistic databases <i>Dao Van Tuyet</i>	641
83	Xử lý tiếng Việt trong tam đoạn luận đơn <i>Phạm Đình Nghiệm</i>	652
84	Nhận dạng cử chỉ của bàn tay để điều khiển robot <i>Đoàn Tấn Phát, Nguyễn Phan Nhật Tân, Trần Thanh Việt, Trần Hành</i>	664
85	Objectness and Gist features: are they good for multiclass object classification? <i>Quoc- Hung Nguyen, Thi Thanh - Hai Tran, Van-Ngoc Nguyen, Quang - Hoan Nguyen</i>	669
86	Ánh xạ đóng và phép dịch chuyển lược đồ khối <i>Trịnh Đình Thắng, Trần Minh Tuyền</i>	677

# A MOBILITY PREDICTION MODEL BASED ON GROUP BEHAVIORS IN WIRELESS NETWORKS

Thuy Van T. Duong<sup>1</sup>, Dinh Que Tran<sup>2</sup>, Cong Hung Tran<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Information Technology, University of Ton Duc Thang, Ho Chi Minh City

<sup>2</sup>Department of Information Technology, Post and Telecommunication Institute of Technology, Ha Noi

<sup>3</sup>Department of Information Technology, Post and Telecommunication Institute of Technology, Ho Chi Minh City

[dtvan@it.tdt.edu.vn](mailto:dtvan@it.tdt.edu.vn), [vanduongthuy@yahoo.com](mailto:vanduongthuy@yahoo.com)

**Abstract.** *Mobility prediction of users has played a crucial role in the resource management of wireless networks and it has attracted recently a great deal of research interests. However, since most of the current approaches are based on user movement profiles for predicting the next location of mobile users, these techniques may fail to make a prediction for new users or ones with movements on novel paths. In this paper, we propose a prediction model which is based on group mobility behaviors to deal with such the lack of information of individual movement histories. Our proposed prediction approach makes use of clustering techniques in data mining to classify mobility patterns of users into groups, where the mobile users within the same movement group may exhibit similar movement characteristics. Towards this goal, we first determine which movement group the user's current paths belong to and then make use of mobility rules derived from that group to predict the next location for the user. Experiments will be performed to demonstrate that using group mobility behaviors may avoid the lack of extracted mobility rules due to the incompleteness of information on individual movement histories and significantly enhance the accuracy of the mobility prediction.*

**Keywords:** *movement group, mobility pattern, mobile user, prediction, wireless network*

## I. INTRODUCTION

In the recent decades, wireless networks have been widely used due to their convenience, cost efficiency, and ease of integration with other networks. However, the dynamic relocation of mobile users leads to problems of location management and network resource allocation. Among the proposed solutions, mobility prediction has received a great deal of attention since it may detect user location for providing effectively network resources [1- 9]. It means that by using user mobility information, network resources may be reserved prior to the users entering. Mobility prediction has been proposed as a means of enhancing performance including: (i) providing flexible usage of limited resource in WLANs due to accurate estimation of resource demands at future time; (ii) reducing the handover latency due to resource allocation prior to the actual handover; (iii) supporting an effective Call Admission Control scheme to reduce the new Call Blocking Probability and the Handoff Call Dropping Probability.

Unlike most previous approaches [1-3, 8- 9], which have utilized personal profile to predict the next locations visited by a mobile user, our premise is that applying group mobility behaviors to facilitate the predicting in the case of a new user or with movements on novel paths. In reality, even though human movement and mobility patterns have a high degree of freedom and variation, they also exhibit mobility behaviors in groups due to geographic, social and friendship constraints [10, 11]. For instance, mobile users in a university campus network can be categorized as students, graduate students, departmental staffs, lecturers and so on. Students often move to classrooms, laboratories, library, etc whereas departmental staffs spend most of the day near the administrative offices. In order to fully exploit the similar movement characteristics, it is crucial to determine the movement groups, where the mobile users belong to the same group have the same mobility behaviors. In other words, the group mobility behavior reflects the fact that mobile users often behave as groups. Discovering such group mobility behaviors is a key issue for predicting future movement of a new mobile user based on the mobility behaviors of members in a group.

In this paper, we propose a four-phase mobility prediction technique which is able to deal with the lack of information on personal profile. We first make use of data mining techniques to discover frequent mobility patterns (or mobility patterns for short) from personal profile of all mobile users in the coverage region. The second phase is to cluster mobility patterns of all mobile users into movement groups. The third phase determines which group the user's current path belongs to. And then the fourth phase makes use of mobility rules derived from that group to predict the next location for the user. The efficacy of the proposed approach is verified on the synthetic dataset and experimental results show that the group mobility behavior may significantly enhance the accuracy of mobility prediction.

The remainder of this paper is constructed as follows. In Section II, some mobility prediction approaches are introduced. Section III presents a novel model of mobility prediction based on the group mobility behavior. Section IV is devoted to describing experiments and results for evaluating the proposed mobility prediction approach. Finally, Section V draws concluding remarks and further research work.

## II. RELATED WORKS

The importance of mobility prediction in improving the performance of location management, smooth handoffs and call admission control has attracted a great deal of interests. Various mobility prediction techniques [1-3, 6-9] have been proposed and most of them are based on individual mobility behaviors which are discovered from personal movement profile. One of the most effective approaches has been proposed by Y. Manolopoulos et. al. [1] which has utilized personal movement history for predicting future movements of mobile users in a PCS (Personal

Communication Systems) network. After mining all frequent mobility patterns from user movement history, the authors extract mobility rules and utilize this knowledge for prediction. According to simulation results, moderate prediction accuracy was achieved, decreasing only minimally with an increase in random mobility. Another approach that has been also based on personal movement profile is presented in [2]. Juyoung Kang and Hwan-Seung Yong [2] have utilized line simplification and clustering for discovering all spatio-temporal patterns from historical trajectories of mobile user. Due to using frequent trajectory patterns in prediction, this approach can forecast accurate locations in the distant future. In [3], the authors have proposed a Moving Pattern mining algorithm to extract frequent moving patterns from individual user movement history for predicting future movement. They firstly represent the spatial location of mobile users in coordinate system with x- and y-axis and then utilize the spatial operation to transform spatial location into area for discovering significant information. After that, they apply time constraints between locations of moving objects to make valid moving sequences. Finally, the frequent moving patterns are extracted from the generated moving sequences and used for predicting. The advantage of these above techniques is that useful knowledge hidden under mobility history of one mobile user will be fully discovered to predict his future movement. However, these approaches may fail to make a prediction for a new user or with movements on novel paths due to the lack of information on personal movement profile.

In order to deal with the problem, some approaches [4, 5], which have been based on group mobility behaviors of mobile users, have been proposed. The basic idea of these approaches is to utilize mobility behaviors in the same movement group for predicting future movement of members in the corresponding group. In [4], Chih-Chien Hung and Wen-Chih Peng have proposed a new approach for predicting future movements based on group movement behaviors. They first utilize PST (Probabilistic Suffix Trees) to capture moving patterns of mobile users. Second, they define a distance function to determine the similarity between two PSTs and then propose a clustering algorithm to partition mobile users with similar moving behaviors into groups using the distance function. Third, for each group, they select one representative PST to predict future movements of users in the same group. The advantage of this approach is that the storage cost is decreased. Another approach, which also considers group of mobile users in mobility prediction, is presented by S. Avasthi and A. Dwivedi [5]. They have first cluster the mobile transaction sequences using the LBS-Alignment to evaluate the similarity of sequences. Second, a time segmentation method is introduced to find the most suitable time intervals. After clustering and segmentation, a user cluster table and a time interval table are generated. Third, the CTMSPs (Cluster-based Temporal Mobile Sequential Patterns) are mined from the mobile transaction database according to the user cluster table and time interval table. Finally, the appropriate CTMSP, which is from the corresponding cluster a user belongs to, is selected to predict future movement of the user. These above approaches focus on group mobility behaviors but do not really pay attention to elimination random movements of mobile users before clustering mobility behaviors into groups. This may affect the quality of clustering process and thus mobility behaviors in groups may be not good for predicting future movements. In conclusion, the drawback of these approaches is that the accuracy of mobility prediction may be affected due to interference from random movements of mobile users.

Motivated by the limitations of the above approaches, our paper introduces a novel mobility prediction model which utilizes mobility rules discovered from multiple similar users. This approach is not only able to deal with the lack of information on personal profile but also able to avoid interference from random movement of mobile users due to discovering frequent mobility patterns.

### III. MOBILITY PREDICTION BASED ON GROUP MOBILITY BEHAVIORS

#### A. Discovering Mobility Patterns

Even though human movements have a high degree of freedom, no one move randomly all day and every user's movement is based on some regular habits. It's easy to see that the mobility prediction can only work well with regular movements and its accuracy degrades with increasing random movements. Therefore, random movements should be eliminated from the trajectory database as much as possible. This phase takes responsibility for mining frequent mobility patterns (or mobility patterns for short) from trajectory databases of all mobile users in the coverage region. The algorithm for discovering all mobility patterns is the modified version of the Apriori technique [12, 13]. We have used spatial and temporal constraints in order to reduce the number of generated candidates. That is, the mobility pattern and the candidate derived from it must satisfy the neighbor constraint and ascending time constraint. The detail of the mining algorithm has been presented in our previous work [9].

#### B. Clustering Mobility Patterns into groups

Our purpose in this work is to discover group mobility behaviors of a population of mobile users for predicting future movement of individuals, who are new users or ones with movements on novel paths. To get such group information of mobility behaviors, we first collect mobility patterns of all mobile users and then classify them into groups of similar behaviors. The subsection presents briefly our proposed similarity measure [14], which is the basis for constructing the clustering procedure to identify groups of similar mobility patterns. As presenting in previous work [9], a mobility pattern is defined as a sequence of  $\langle (c_1, t_1), (c_2, t_2), \dots, (c_n, t_n) \rangle$ , where  $c_i$  denotes the ID number of the cell to which the user enters at time  $t_i$ . It is clear that two consecutive ID numbers  $c_i$  and  $c_{i+1}$  of a mobility pattern must be the ID numbers of two neighbor cells in the coverage region. The ascending order of elements of the mobility pattern is sorted by using time  $t$  as the key.

