

# 에드-혹 망에서 퍼지로지 기반 GQS를 이용한 이동성 관리방법

윤 일\* · 오선진\*

\*세명대학교 정보통신학과

## A Mobility Management Scheme Using GQS based on the Fuzzy-logic in Wireless Mobile Ad-Hoc Networks

Il Yoon\* · Sun-Jin Oh\*

\*Dept. of Computer and Information Science, Semyung University

tingcobell@semyung.ac.kr, sjoh@semyung.ac.kr

### 요 약

모바일 에드-혹 네트워크는 이동성이 부여된 모바일 노드들이 자유롭게 이동하면서 통신하는 고정된 인프라 구조를 갖지 않는 모바일 노드들로 구성된 네트워크이다. 최근 이 분야에서는 모바일 노드들의 위치정보를 사용하여 MANET 내의 본질적인 문제인 이동성 관리에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. MANET 내의 모바일 노드들의 위치는 빈번하게 변하므로 위치 정보관리는 MANET에서 중요한 문제이다. 본 논문에서는 MANET 내의 모든 모바일 노드에 대한 위치 정보를 효율적으로 관리하기 위해 모바일 노드들의 상태를 퍼지논리를 이용하여 모바일 지역 중요도를 고려한 퍼지로지 기반 GQS를 이용한 적응적 이동성 관리 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 모바일 위치 정보가 저장되는 위치 데이터베이스들이 그 모바일의 지역 중요도를 고려하여 퍼지로지 기반 GQS로부터 적응적으로 선택된다. 본 논문에서 제안하는 이동성 관리 방법의 성능을 분석적 방법으로 평가하고, 그 성능을 기존의 UQS 기반 이동성 관리 방법과 비교한다.

### ABSTRACT

Mobile Ad-Hoc network is the network(MANET) of mobile nodes which has no fixed infrastructure, and mobile node in MANET can move and communicate freely each other. Recently, many researches for mobility management of mobile nodes are actively carried out by using the location information of mobile nodes. The location management is an important issue in MANET because location information of mobile node is frequently changed in MANET. In this paper, an adaptive mobility management scheme using fuzzy-logic based GQS by considering the mobile locality is proposed in order to manage location information of mobile nodes in MANET efficiently. The proposed scheme selects mobility databases adaptively from GQS by considering the locality of mobile node. The performance of the mobility management scheme proposed in this paper is evaluated by an analytic model and compared with that of existing UQS based mobility management scheme.

Keywords : MANET, Mobility management, GQS, Fuzzy-logic

### 1. 서 론

무선 통신기술과 휴대할 수 있는 무선 단말장치 기술의 발전은 자유롭게 이동하면서 시스템에 접속하여 서비스를 받을 수 있는 모바일 컴퓨팅 환경을 가능하게 만들었다. 무선 기반의 네트워크 기술의 비약적인 발전과 더불어, 최근에는 이동하면서 다른 모바일 호스트와 통신을 하는 모바일 노드들로 구성된 Mobile Ad-Hoc Network의 설

계에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

모바일 호스트들 간 통신은 무선 링크를 통하여 발생하지만 MANET 내에는 고정된 네트워크 기반 시설의 도움이나 중앙통제를 하는 기지국이 존재하지 않는다. 그러므로 각 모바일 들은 전송 거리 제한과 같은 제약이 따르며, 이는 MANET 내에서 모바일 호스트가 다른 모바일 호스트와 직접 통신할 수 없을 수도 있다는 것을 의미한다. 이러한 문제로 멀티-홉 통신이 고려되고, 패킷이 최종 목적지에 도달하기까지 패킷을 라우팅하기

위하여 다수의 모바일 호스트들이 필요하게 되며, 이런 상황은 MANET 내의 각 모바일 호스트가 라우터로서 서비스할 것을 요구한다.[1]

그림 1은 전장, 축제 장소, 집회, 야외 활동, 구조 활동, 또는 재난 지역과 같은 환경에 잘 작동하는 일반적인 MANET 구조를 보여준다. 여기서 모바일 사용자들은 기지국 또는 고정 망 인프라 구조 없이 네트워크를 즉시 설치할 것을 요구한다. MANET에 관한 최근 연구는 모바일 노드의 위치 정보를 사용하여 MANET 내의 기존 문제에 대한 해결 방법들을 다룬다. 모바일 노드의 위치 정보는 위치 의존 질의 처리, 네비게이션, 지리적 메시징 등 다양한 서비스를 제공하기 위하여 사용될 수 있다.[2,3]

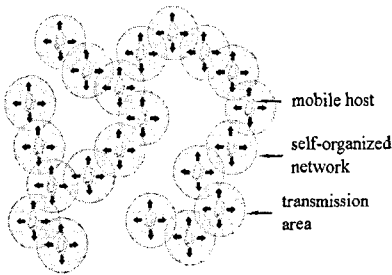


그림 1 일반적인 MANET의 구조

본 논문에서는 모바일 에드-혹 망에서 퍼지 로직 기반 GQS를 이용한 적응적 이동성 관리방법을 설계한다. 제안하는 방법에서는 에드-혹 망의 위상을 2-계층 grid 구조의 논리적 단위지역들로 나누고, 사상함수를 사용하여 각 2-차원 지역에서 하나의 홈 지역을 선택한다. 이렇게 선택된 N 홈 지역들을 논리적으로 펼쳐진 표면 쿼럼 시스템을 구성하고, 그 시스템으로부터 노드의 이동성에 대한 퍼지 로직을 고려한 GQS를 구축한다. 어떤 모바일이 위치를 갱신하면 그 모바일의 퍼지 로직에 의해 GQS로부터 쿼럼이 선택되고, 선택된 쿼럼내의 노드들에 모바일의 위치 정보를 저장한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 에드-혹 네트워크에서 이동성 관리에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안하는 퍼지 로직 기반 GQS를 이용한 적응적 이동성 관리 방법을 설명하고, 4장에서 분석적 평가를 통하여 제안하는 방법의 성능을 평가한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 내용을 기술한다.

## II. 관련연구

모바일 에드-혹 망에서의 라우팅 프로토콜, 위치 서비스는 패킷 라우팅을 위해 모바일 노드의

위치 정보를 사용한다. 최근 모바일 에드-혹 망에서 위치 관리에 대한 많은 연구들이 있다.

[4]에서는 확률적 쿼럼 시스템에 기초한 두 가지 위치 관리 알고리즘을 제안하였다. 완전한 쿼럼 시스템에서 쿼럼의 모든 쌍은 교차한다. 반면에 확률적 쿼럼 시스템에서 쿼럼들은 어떤 확률로 접친다. 첫 번째 알고리즘은 모든 연산에 대해 노드는 자신과 k-개의 다른 도달가능 노드들을 선택함으로써 크기 k의 쿼럼을 먼저 선택하고, 선택된 쿼럼의 모든 노드에 위치 갱신/질의 메시지를 전송한다. 두 번째 알고리즘에서 노드는 하나의 이웃을 무작위로 선택하고, 그 이웃에게 위치 갱신/질의 메시지를 전송한다. 그 이웃 노드는 그 메시지를 아직 받지 않은 무작위로 선택된 이웃 노드에 그 메시지를 전달한다. 만일 그 메시지가 k 노드들을 방문했거나 그 메시지를 이미 수신하지 않은 이웃 노드가 없다면 메시지는 더 이상 전달되지 않는다. 쿼럼 시스템은 읽기와 쓰기 연산이 실행될 수 있는 단일 기록자 다중 판독자 공유 객체를 구현하는데 사용될 수 있다. 읽기연산은 어떤 쿼럼내의 모든 노드들로부터 읽기로 구성되고, 쓰기연산은 어떤 쿼럼내의 모든 노드에 쓰기로 구성된다. 읽기연산은 교정속성 때문에 쿼럼 시스템에서 최신 정보를 항상 생성한다.

[5]에서는 네트워크 노드들 사이에서 동적으로 형성되고 분산되는 가상백본을 형성하는 위치 데이터베이스를 이용한 에드-혹 이동성 관리 방법을 제안하고 분석하였다. 이 데이터베이스는 위치 저장과 검색을 위한 컨테이너로서만 서비스한다. 라우팅은 네트워크내의 모든 노드들을 포함하는 단층 네트워크 구조에서 수행된다. 데이터베이스들은 UQS(Uniform Quorum System)로 구성된다. 위치 갱신 또는 호 도착에 대하여, 모바일의 위치 정보는 비 결정적 방식으로 선택된 쿼럼내의 모든 데이터베이스에 기록되고 읽혀진다.

[6]에서는 가상백본 구조에 기초하여 무작위 데이터베이스그룹(RDG)을 갖는 방법을 제안하였다. UQS와 비슷하게 이 방법은 데이터베이스 할당과 접근 둘 다 동적이고, 비결정적 점에서 이중으로 분산된다. 어떤 모바일 호스트에 위치 데이터베이스의 할당은 유연하고, 네트워크 노드 안정성과 트래픽과 이동성 패턴을 조건으로 한다. 어떤 모바일 호스트의 위치 갱신 동안에 또는 어떤 모바일 호스트에 호가 도착 했을 때, 그 모바일의 위치는 무작위로 선택된 K 데이터베이스들의 어떤 그룹에 기록되거나 읽혀진다.

[7]에서는 다수의 다른 RDG 질의 방법을 연구하였고 성능을 비교하였다. 특히, 최적 갱신-그룹 크기와 질의 그룹 크기를 발견하였다. 또한 첫 번째 질의가 성공할 확률과 모바일의 위치를 찾는 평균 질의 지연을 보였고, 다른 개수의 데이터베이스의 함수로 RDG 방법을 구현하는 비용을 평가하였다.

### III. 퍼지논리 기반 GQS 적응적 이동성 관리 방법

#### 3. 1 시스템 모델

모바일 에드-혹 망 영역 A가 주어지면, 에드-혹 망 위상을 G개의 논리적 지역으로 분할한다. 각 노드는 위상의 크기뿐만 아니라 차원-1 지역의 크기도 안다고 가정한다. 차원-2 지역을 구성하기 위하여  $K^2$  차원-1 지역들을 조합한다. 각 노드는 같은 개수의 노드들을 차원-2 지역의 각 차원-1 지역으로 사상하는 함수 F를 통하여 각 차원-2 지역에 하나의 홈 지역을 선택한다[9]. 어떤 주어진 시간에 중요한 이벤트나 활동이 발생하는 상대적으로 중요한 장소를 focus 또는 hot 지역 이라하고, 그렇지 않은 지역 또는 노드를 cold 지역 또는 cold 노드라고 한다[10].

모바일 에드-혹 망은 미리 결정된 3-차원 지역에서 여기저기 이동하는 N 모바일 노드들의 집합으로 모델 할 수 있다. 각 홈 지역의 선택된 모바일 노드는 시스템 내의 다른 노드들의 위치 정보를 관리하는 위치 서버역할을 한다.

#### 3. 2 GQS 구축

제한하는 이동성 관리방법에서 모바일 위치정보의 갱신과 질의는 퍼지로지 기반 GQS[8]를 기반으로 실행된다. 에드-혹 망 내의 홈 지역들을 그림 2와 같은 펼쳐진 표면 쿼럼 시스템으로부터 GQS를 구축할 수 있다.

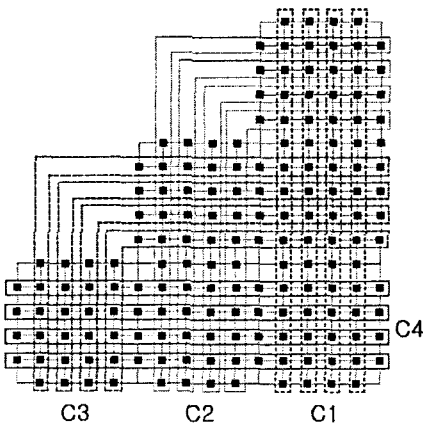


그림 2 그림 2. 펼쳐진 표면 quorum 시스템 S4

평면상에 입방체의 세 측면을 펼쳐진 그림 2와 같이 4-그룹 쿼럼 시스템  $S_4=(C_1, C_2, C_3, C_4)$ 을 구축할 수 있다. 이때  $C_m$ 내의 각 쿼럼은 그림에서 보는 바와 같이 구성된다.  $S_m$ 내의 각  $C_i$ 는  $m-1$ 개의 정사각형이 필요하다. 그들 각각은 다른  $m-1$  cartel의 하나 이상의 정사각형을 공유하므로 두 cartel의 대응하는 선들은 그 정사각형 위의 정확히 하나 이상의 노드에서 교차한다. 전체적으로,

그곳에는  $\frac{m(m-1)}{2}$  개의 정사각형이 있다.  $k$

를 각 사각형의 너비라 하면, 각 정사각형은  $k^2$  노드로 구성되므로 정사각형상의 전체 노드 개수는  $k^2 \frac{m(m-1)}{2} = h$ 이다. 여기서  $h$ 는 시스템

을 구성하는 홈 지역의 전체 개수를 나타낸다. 그러므로  $k = \sqrt{\frac{2h}{m(m-1)}}$ ,  $m>1$ 이다. 쿼럼크기

$$q = (m-1)k = \sqrt{\frac{2h(m-1)}{m}}$$

모바일 에드 혹 망에서 모바일 노드의 지역 중요도에 영향을 미치는 요소는 주어진 시간동안 그 지역에서의 위치갱신 회수와 그 지역으로 들어오는 호 요청의 개수에 의해 결정된다. 본 논문에서는 이러한 모바일 노드의 지역 중요도를 일정 시간동안 그 지역에서의 위치갱신 회수와 그 지역으로 들어오는 호 요청의 개수에 대한 퍼지 로직을 적용하여 결정한다. 그림 3과 4는 각각 모바일 노드가 있는 지역의 위치갱신 회수와 호 요청개수에 대한 기본 퍼지 집합을 보여주고 있으며, 소속함수에 의해 각각 세 개의 퍼지집합: S(small), M(medium), L(large)로 사상된다. 그림 5는 모바일 노드가 있는 지역의 위치갱신 회수와 호 요청개수에 대한 퍼지 제어규칙을 보여주고 있다.

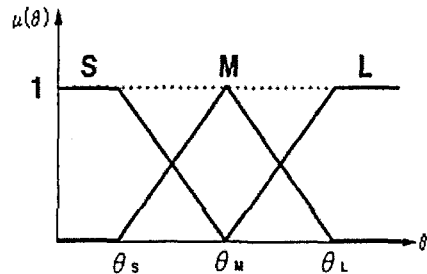


그림 3 Basic Fuzzy Set for POM

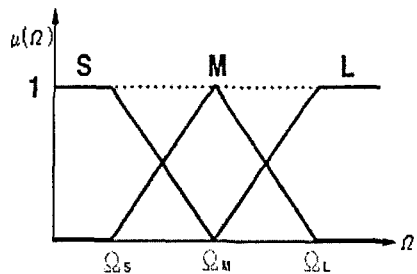


그림 4 Basic Fuzzy Set for PIC.

PIC \ POM	S	M	L
L	GQSc	GQSc	GQSM
M	GQSc	GQSM	GQSH
S	GQSM	GQSH	GQSH

(Input variables)  
 PIC : Pb of Incoming Calls,  
 S - SMALL, M- MEDIUM, L - LARGE  
 POM : Pb of Moves  
 S - SMALL, M- MEDIUM, L - LARGE  
 (Output variables)  
 GQSc - COLD, GQSM - MED, GQSH - HIGH

그림 5 Fuzzy Control Rule

3. 3 위치 갱신과 질의

제안하는 퍼지로그적 기반 GQS를 이용한 적응적 이동성 관리 방법에서 위치 갱신은 위치변경 갱신 방법을 사용한다. 따라서 모바일이 이동하여 위치가 변경되면 그 모바일의 위치정보를 갱신하기 위하여 위치갱신 연산이 일어나며 이때 퍼지로그적을 이용한 지역 중요도를 고려한다. 위치갱신을 실행하는 모바일 노드가 focus 지역에 있는 hot 노드이면, 그 모바일은 다른 모바일에 비해 호 설정이 자주 일어난다. 따라서 focus 모바일 노드의 위치 정보는 다른 모바일에 비해 더 많은 홈 지역에서 관리되어야 한다. 위치 갱신이 발생하고 위치를 갱신하는 모바일이 hot이면, C<sub>1</sub>-쿼럼, C<sub>2</sub>-쿼럼, C<sub>3</sub>-쿼럼 그룹에서 각각 하나의 쿼럼을 무작위로 선택한다. 선택된 쿼럼 내의 모든 모바일 노드들에게 새로운 위치정보를 전송한다. 모바일이 med 지역에 있는 노드이면, 그 모바일은 다른 모바일에 비해 hot 지역보다 낮고, cold 지역보다 높은 호 설정이 일어나며, 따라서 노드의 위치 정보는 hot 지역보다는 작은 홈 지역에서 관리되어야 한다. 위치 갱신이 발생하고 위치를 갱신하는 모바일이 med이면, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> 쿼럼 중에서 두 개의 쿼럼이 무작위로 선택되어 새로운 위치 정보를 전송한다. 마지막으로, cold 지역에 있는 노드이면, 그 모바일은 다른 모바일에 비해 호 설정이 거의 일어나지 않는다. 따라서 cold 모바일 노드의 위치 정보는 다른 모바일에 비해 작은 홈 지역에서 관리되어도 한다. 따라서 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> 쿼럼 중에서 한 개의 쿼럼이 무작위로 선택되어 새로운 위치 정보를 전송한다.

어떤 모바일이 다른 모바일의 위치를 찾는 경우, 그 모바일이 거주하는 홈 지역의 위치 서버가 찾는 모바일에 대한 유효한(위치갱신 주기 내에 받은) 위치정보를 가지고 있으면, 그 위치정보를 반환한다. 아니면 C<sub>4</sub>-쿼럼 그룹에서 하나의 쿼럼을 무작위로 선택하고, 그 쿼럼내의 모든 홈 지역

들에게 위치질의 메시지를 전송한다. 그 모바일의 쿼럼내의 노드들로부터 응답 메시지내의 위치정보에 대한 순차번호(타임스탬프)를 검사하여 최근 위치 정보를 뽑아낸다. GQS의 어떤 그룹 내의 쿼럼은 다른 그룹의 쿼럼과 교점 속성 때문에 소스 모바일은 목적 모바일의 최근 위치정보를 항상 수신할 수 있다.

IV. 성능평가

본 논문에서 제안한 적응적 이동성관리 방법에 대한 성능 평가는 분석적 모델을 이용한다. 이동성 관리 비용은 위치갱신 비용과 위치질의 비용을 합한 전체 위치관리 비용으로 평가되어진다.

C

$$P_{C_1} C_{u-cold} \} + \frac{\lambda}{\mu} \{ P_{h_2} C_{q-hot} + P_{M_2} C_{q-med} + P_{C_2} C_{q-cold} \}$$

$$C_{u-hot} = 3(q-1) \cdot C_{u-cost}$$

$$C_{u-med} = (2q-1) \cdot C_{u-cost}$$

$$C_{u-cold} = q \cdot C_{u-cost}$$

$$C_{q-hot} = (1 - \frac{3(q-1)}{h}) \cdot q \cdot C_{q-cost}$$

$$C_{q-med} = (1 - \frac{2q-1}{h}) \cdot q \cdot C_{q-cost}$$

$$C_{q-cold} = (1 - \frac{q}{h}) \cdot q \cdot C_{q-cost}$$

여기서 P<sub>h<sub>1</sub></sub>, P<sub>M<sub>1</sub></sub>, P<sub>C<sub>1</sub></sub>은 위치를 갱신하는 모바일이 각각 hot, medium, cold일 확률을, P<sub>h<sub>2</sub></sub>, P<sub>M<sub>2</sub></sub>, P<sub>C<sub>2</sub></sub>는 목적 모바일이 각각 hot, medium, cold일 확률을 나타낸다. 또한, C<sub>u-hot</sub>, C<sub>u-med</sub>, C<sub>u-cold</sub>는 위치갱신 모바일이 hot, medium, cold인 경우의 위치 갱신 비용을, C<sub>q-hot</sub>, C<sub>q-med</sub>, C<sub>q-cold</sub>는 목적 모바일이 hot, medium, cold인 경우의 위치 질의 비용을 각각 나타낸다. 그리고  $\frac{\lambda}{\mu}$ 는 호이동율(call-to-mobility ratio)을 나타내고, C<sub>u-cost</sub>와 C<sub>q-cost</sub>는 단위 위치 갱신 비용과 단위 질의 비용을 각각 나타낸다.

그림 6은 표 1의 환경에서 제안하는 퍼지논리 기반 GQS를 이용한 적응적 이동성 관리(GQS-AMM) 방법과 기존의 UGQ 기반 이동성 관리(UGS-MM) 방법[5]의 전체 위치 관리비용을

보여준다.

표 1. 성능 평가를 위한 매개변수와 값

매개변수	값
G	2304(48X48)
K	4
h	147
m	4
q	21
$P_{h_1}, P_{M_1}, P_{C_1}$	0.25, 0.5, 0.25
$P_{h_2}, P_{M_2}, P_{C_2}$	0.5, 0.25, 0.25
$C_u - cost$	1
$C_q - cost$	1

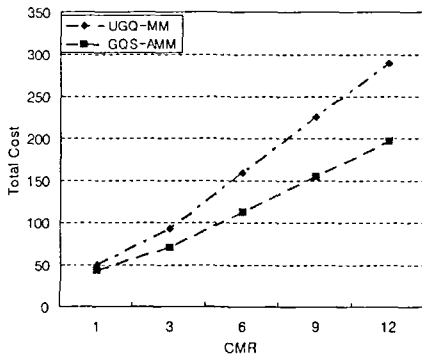


그림 6. 성능평가 결과

그림에서 보는 바와 같이, 제안하는 GQS-AMM 방법의 성능이 호 이동물에 상관없이 UQS-MM 방법의 성능에 비하여 항상 우수한 성능을 보인다. GQS의 쿼럼 크기가 UQS의 쿼럼 크기보다 작고, 그리고 지역 중요도를 고려하여 모바일의 위치정보를 적응적으로 홈 지역에 저장하기 때문에 위치질의에서 국소성에 의해 호 이동물이 높아질수록 GQS-AMM 방법의 성능이 더 우수함을 알 수 있다. 위치갱신에서는 지역 중요도를 고려한 적응적 위치갱신을 사용하고, 위치질의에서는 작은 크기의 쿼럼을 사용하여 위치질의를 실행함으로써 이동성 관리에 사용되는 제어 메시지 개수가 줄어들고, 이동성 관리에 사용되는 전력 또한 줄어든다. 아울러, 임의의 i-번째 홈 지역을 포함하는 쿼럼의 개수가 같기 때문에 시스템내의 홈 지역 안에 위치질의의 부하 균등화도 이룰 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 퍼지논리 기반 QQS를 이용한 적응적 이동성 관리 방법을 제안하고, 그것의 성능을 분석적 모델로 평가하였다. 그 결과 제안하

는 GQS-AMM 방법이 기존의 UQS-MM 방법에 비하여 성능이 우수함을 알 수 있었다. 향후 연구 과제로는 제안하는 GQS-MM 방법의 성능을 시뮬레이션을 통하여 평가하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] Yu-Chee, Shih-Lin Wu, Wen-Hwa Liao, Chih-Min Chao, "Location Awareness in Ad Hoc Wireless Mobile Networks," *IEEE Computer*, 34(6), pp. 46-52, 2001.
- [2] Y.-B. Ko and N. Vaidya, "Location-Aided Routing(LAR) in Mobile Ad Hoc Networks," *In Proc. 4th Annu. ACM/IEEE Int. Conf. Mobile Computing and Networking*, pp. 66-75, 1998.
- [3] W.-H. Liao, Y.-C. Tseng, and J.-P. Sheu, "GRID: A Fully Location-Aware Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," *Telecommunication Systems*, 18(1). pp. 37-60, 2001.
- [4] S. Bhattacharya, "Randomized Location Service in Mobile Ad Hoc Networks," *Proceedings of the 6th international workshop on MSWIM'03*, pp. 66-73, 2003.
- [5] Z. J. Haas and B. Liang, "Ad-Hoc Mobility Management with Uniform Quorum Systems," *IEEE/ACM Transaction on Networking*, Vol. 7, No. 2, pp. 228-240, 1999.
- [6] Z. J. Haas and B. Liang, "Ad-Hoc Mobility Management with Randomized Database Group," *International Conference on Communication (ICC'99)*, pp. 6-10, 1999.
- [7] J. Li, Z. J. Haas, and B. Liang, "Performance Analysis of Random Database Group Scheme for Mobility Management in Ad hoc Network," *IEEE International Conference on Communications (ICC2003)* pp. 11-15, 2003.
- [8] Yuh-Jzer Joung, "Quorum-Based Algorithms for Group Mutual Exclusion," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 14, No. 6, pp. 463-476, 2003.
- [9] S. J. Philip, C. Qiao, "ELF : Efficient Forwarding on Ad hoc Networks," *Proceedings of the IEEE Globecom*, 2003.
- [10] S. Bhattacharya, H. Kim, S. Prabh, T. Abdelzaher, "Energy-Conserving Data Placement and Asynchronous Multicast in Wireless Sensor Networks", *The First International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys)*, San Francisco, CA, May 2003.