

# 애드-혹 망에서 모바일의 지역 중요도를 고려한 퍼지로지직 기반 쿼럼의 설계 및 평가

## Design and Evaluation of Fuzzy-Logic based Quorum System considering the Gravity of Locality of Mobile in MANETs

오선진\*

Sun-Jin Oh\*

### 요약

모바일 애드-혹 망(MANET)은 고정 인프라 구조 없이 모바일 노드들이 자유롭게 이동하면서 통신하는 무선망이다. 망 내의 모바일 노드들은 빈번하게 이동하므로 위치정보 관리는 MANET에서 중요한 문제이다. 본 논문에서는 MANET 내의 모든 모바일 노드에 대한 위치정보를 효율적으로 관리하기 위해 모바일의 이동성을 퍼지논리를 이용하여 지역 중요도를 적응적으로 적용한 새로운 쿼럼 시스템을 제안한다. 제안하는 쿼럼 시스템의 성능은 분석적 방법으로 평가하였고, 그 성능을 기존의 UQS와 DQS 시스템과 비교하였다.

### Abstract

Mobile Ad-Hoc network is the network of mobile nodes which has no fixed infrastructure, and mobile node in MANET can move freely and communicate with each other. The location management is an important issue because location information of a mobile node is frequently changed in MANET. In this paper, we propose new quorum system applying the gravity of locality of mobile nodes adaptively by using the fuzzy-logic for the mobility of mobile nodes in order to manage location information of mobile nodes in MANET efficiently. The performance of the proposed scheme is evaluated by an analytical model and compared with those of existing UQS and DQS schemes.

**Key Words :** MANET, Mobility, Quorum, Locality, Fuzzy-logic

### 1. 서론

무선 통신기술과 휴대 무선 단말장치 기술의 발전과 더불어, 최근 이동하면서 다른 모바일과 통신하는 모바일 노드들로 구성된 모바일 애드-혹 망에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 모바일

일 간 통신은 무선 링크를 통하여 발생하지만 MANET 내에는 고정된 망 기반 시설의 도움이나 중앙통제를 하는 기지국이 존재하지 않는다. 따라서 멀티-홉 통신이 고려되고, 패킷이 최종 목적지에 도달하기까지 라우팅하기 위해 모바일이 라우터로 서비스할 것을 요구한다.[1]

본 논문에서는 애드-혹 망에서 모바일에 대한 위치정보를 효율적으로 관리하기 위해 노드들의

\*정회원: 세명대학교 정보통신학부

접수일자: 2008.12.20, 수정완료일자: 2008.04.09

이동성을 퍼지논리를 이용하여 모바일의 지역 중요도를 적응적으로 적용한 새로운 쿼럼 시스템을 설계한다. MANET의 위상은 2-계층 grid 구조의 논리적 단위지역들로 나뉘고, 사상함수를 사용하여 홈 지역을 선택한다. 이어서 노드의 이동성에 대한 퍼지로직을 고려한 지역 중요도를 적응적으로 적용한 논리적으로 배치된 마름모형의 쿼럼 시스템을 구축한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안하는 모바일의 지역 중요도를 고려한 퍼지로지 기반 쿼럼 시스템을 설계하고, 4장에서 분석적 모델을 통하여 제안하는 방법의 성능을 평가하고, 기존의 UQS와 DQS 시스템과 비교검토 한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 내용을 기술한다.

## II. 관련 연구

Z. J. Haas[2][3] 등은 노드들 사이에서 동적으로 형성되고 분산되는 가상백본을 형성하는 위치 데이터베이스를 이용한 애드-혹 이동성 관리 방법을 제안하고 분석하였다. 데이터베이스들은 UQS (Uniform Quorum System)로 구성된다. 위치 갱신 또는 호 도착에 대하여, 모바일의 위치 정보는 비 결정적 방식으로 선택된 쿼럼 내의 모든 데이터베이스에 기록되고 읽혀진다.

J. Li[4] 등은 다수의 다른 RDG 질의 방법을 연구하고 성능을 비교하였다. 특히, 최적 갱신-그룹 크기와 질의 그룹 크기를 발견하였다. 또한 첫 번째 질의가 성공할 확률과 모바일의 위치를 찾는 평균 질의지연을 보였고, 다른 개수의 데이터베이스 함수로 RDG 방법을 구현하는 비용을 평가하였다.

Ada W-C Fu[5] 등은 DQS라 불리는 Diamond Quorum System을 제안하였다. 제안한 DQS는 높은 read 능력과 가장 작은 최적의 read 쿼럼 크기를 갖는 특징이 있음을 보였고, 작은 쿼럼 크기는 메시지 비용을 줄이는데 밀접한 관계가 있음

을 밝혔다.

## III. 퍼지로지 기반 쿼럼 설계

### 1. 시스템 모델

MANET 영역 A가 주어지면, 그 위상을 G개의 논리적 지역으로 분할한다. 차원-2 지역을 구성하기 위해  $K^2$  차원-1 지역들을 조합한다. 각 모바일은 같은 수의 노드들을 차원-2 지역의 각 차원-1 지역으로 사상하는 함수 F를 통하여 하나의 홈 지역을 선택한다. 이때 어떤 주어진 시간에 다른 지역보다 중요한 이벤트나 활동이 발생하는 중요한 장소를 focus 지역이라 하고, 그 지역의 모바일을 hot 노드라 한다. 반면에, 그렇지 않은 지역을 비 focus 지역, 노드를 cold 노드라고 한다.[6]

MANET은 미리 결정된 차원-2 지역까지의 N개의 홈 지역들의 집합으로 모델 할 수 있으며 각 홈 지역은 유일한 ID를 갖는다. 홈 지역은 시스템 내의 다른 노드들의 위치정보를 관리하는 위치서버 역할을 한다. 그림 1은 본 논문에서 고려하는 평방 위상을 차원-2까지 나눈 격자들로 구성된 시스템 모델을 보여준다.

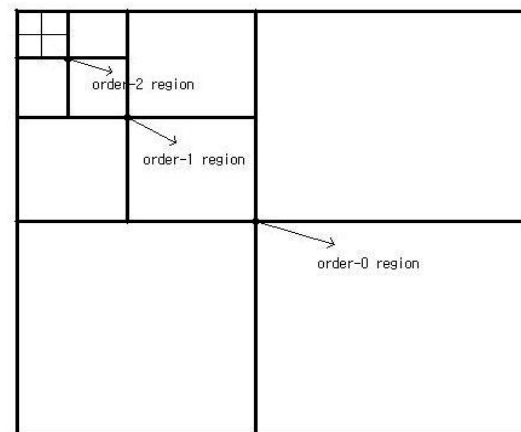


그림 1. 시스템 모델  
Fig. 1. System model

2. 쿼럼 구축

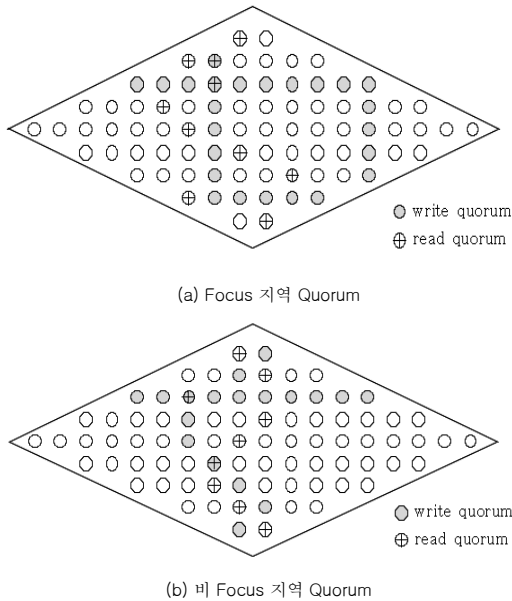


그림 2. Read와 write 쿼럼 시스템  
Fig. 2. Read/write Quorum System

MANET에서의 위치 서비스와 관련 모바일 노드들의 위치갱신과 질의는 지역 중요도를 고려한 퍼지로그 기반 쿼럼으로 실행된다. 즉, focus 지역에 거주하는 모바일의 위치 서비스는 비 focus 지역의 노드들에 비해 빈번한 위치 갱신과 질의를 수반하므로 비 focus 지역보다 더 많은 쿼럼이 서비스 하게 된다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 focus와 비 focus 지역에 대한 쿼럼 시스템을 보여준다. 그림에서 보는바와 같이 차원-2까지 나뉘어진 홈 지역의 쿼럼들은 마름모형으로 논리적으로 배열된다.

원으로 표현된 노드들은 홈 지역의 위치서버를 의미한다. 쿼럼 시스템의 최상위와 최하위 행은 각각 2개씩의 위치서버를 포함한다. 쿼럼 시스템의 총 행의 개수는 홀수라 가정하고, 최상위 행부터 중간 행까지 각각의 행을 단계(level)로 명명한다. 각 행에서의 노드의 개수는 모든 단계  $i$  ( $i > 0$ )에 대해  $\omega_i$  만큼씩 증가한다. 모든  $i$ 에 대해  $\omega_i = d$ , ( $d =$  상수)이고 각 최상위 행과 최하위 행의 2개씩의 노드를 포함한다면, 마름모형 구조

의 쿼럼 시스템이 만들어 지고, 이 구조를  $a_d$  구조라 표현한다.[5] 제안하는 모델은 모든  $i$ 에 대해  $\omega_i = 4$ 인  $a_4$  구조를 고려한다.

표 1. 마름모형  $a_4$  구조

Table 1. Diamond shaped  $a_4$  Structure

Max Level	Configuration	No. of rows	No. of nodes
1	2,6,2	3	10
2	2,6,10,6,2	5	26
3	2,6,10,14,10,6,2	7	50
4	2,6,10,14,18,14,10,6,2	9	82
...	...	...	...
k	2,6, ..., (4k+2), ..., 6,2	2k+1	4k(k+1)+2

$a_4$  구조에서 read와 write 쿼럼의 구성방법은 다음과 같다. focus지역의 write 쿼럼은 행 기반과 열 기반 구성방법을 사용한다. 행 기반 구성방법은 우선 행을 따라 수평선상으로 이동 선택하고, 오른쪽으로 더 이상 선택할 위치서버가 없으면 90도 방향을 회전하여 이동하며 선택한다. 한편 열 기반 구성방법은 우선 열을 따라 수직선상으로 이동하며 위치서버를 선택하고 아래쪽으로 더 이상 선택할 위치서버가 존재하지 않으면 90도 회전하여 계속해서 선택한다. 반면, 비 focus지역의 write 쿼럼은 단순히 어느 한 행의 모든 위치서버들을 선택하고, 선택되지 않은 나머지 행들에 대해서는 각 행마다 하나씩 임의의 위치서버를 추가로 선택한다. read 쿼럼의 구성은 지역 중요도와 상관없이 각 행마다 하나씩 임의의 위치서버를 선택한다. 따라서  $a_d$  구조에서, 최상위 k행들에 대해, 단계  $i+1$  행은 단계  $i$  행보다  $\omega_i$  더 많은 노드를 갖게 된다. 즉, 상수  $\omega_i = d$ 에 대해 단계 0부터 단계  $k-1$ 까지 k행에 대한 모든 노드들의 합은 다음과 같다.[5]

$$A_s(k, d) = \sum_{i=0}^{k-1} a_i = \frac{k(2+kd)}{2}, \quad (1)$$

where,  $a_i = a_0 + id$  and  $a_0 = 2$

$\sigma(k, d)$ 를 최대단계  $k$ 와  $i$ 에 대한  $\omega_i = d$ 를 갖는  $a_d$  구조내의 모든 노드의 개수라 하면,

$$\begin{aligned} \sigma(k, d) &= 2A_s(k, d) + (k + 1)d/2 \\ &= k^2d + 2k + (kd + d)/2 \end{aligned} \quad (2)$$

만일  $k$ 가  $a_4$ 의 Max Level 이라면  $a_4$ 구조 내의 위치서버의 개수는  $\sigma(k, 4) = 4k^2 + 4k + 2$ 이다. 그러므로  $\sigma(k, 4) = N$ 이면,  $a_4$ 구조에서 총 행의 개수는  $2k + 1 = \sqrt{N - 1}$  이고, 이때 가장 긴 행의 위치서버의 개수는  $2(2k + 1) = 2\sqrt{N - 1}$ 이다.

MANET에서 모바일의 지역 중요도에 영향을 미치는 요소는 주어진 시간동안 그 지역에서의 위치갱신 회수와 호 요청의 개수에 의해 결정되며, 본 논문에서는 퍼지로지법을 적용하여 지역 중요도를 결정한다.

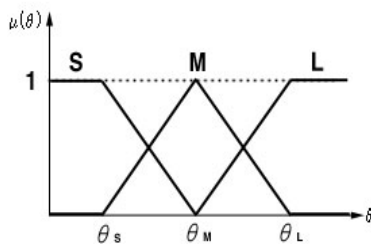


그림 3. POM의 기본 퍼지집합  
Fig. 3. Basic fuzzy set for POM

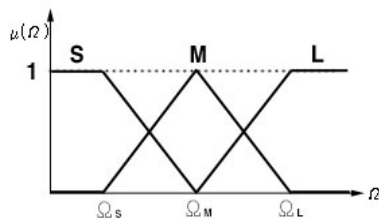


그림 4. PIC의 기본 퍼지집합  
Fig. 4. Basic Fuzzy Set for PIC

그림 3과 4는 각각 모바일 노드가 있는 지역의 위치갱신 회수와 호 요청 개수에 대한 기본 퍼지 집합을 보여주며, 소속 함수에 의해 각각 세 개의 퍼지집합으로 사상된다. 그림 5는 모바일 노드 지역의 위치갱신과 호 요청 회수에 대한 퍼지 제어 규칙을 보여준다.

PIC \ POM	S	M	L
S	QSc	QSc	QSH
M	QSc	QSH	QSH
L	QSc	QSH	QSH

(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)  
QSc - COLD, QSH - HOT (FOCUS)

그림 5. 퍼지 제어규칙  
Fig. 5. Fuzzy control rule

### 3. 위치갱신과 질의

제안하는 방법에서 위치갱신은 위치변경 갱신 방법을 사용한다. hot 노드는 다른 모바일에 비해 호 설정이 빈번하므로 hot 모바일의 위치정보는 더 많은 홈 지역에서 관리되어야 한다. 따라서 위치갱신 하는 모바일이 hot이면, focus 지역 쿼럼 시스템에서 쿼럼을 무작위로 선택하고, 모든 홈 지역의 위치서버에게 새로운 위치정보를 전송한다. 한편, cold 노드이면, 비 focus 지역 쿼럼 시스템에서 쿼럼이 무작위로 선택 위치정보를 전송한다.

위치탐색의 경우, 거주하는 홈 지역의 위치서버가 찾는 유효한 위치정보를 가지면, 그 위치정보를 반환한다. 아니면 read 쿼럼에서 하나의 노드를 무작위로 선택하고, 그 쿼럼 내의 모든 홈 지역에게 위치질의 메시지를 전송한다. 쿼럼 시스템 내의 read 쿼럼과 write 쿼럼은 그들의 교점 속성 때문에 소스 모바일은 목적 모바일의 최근 위치 정보를 항상 수신할 수 있다.

### IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 쿼럼 시스템에 대한 성능 평가는 분석적 모델을 이용한다. 위치 서비스 비용은 수식 (3)과 같이 위치갱신 비용과 위치질의 비용을 합한 전체 위치관리 비용으로 평가한다.[7]

$$C_{total} = \{P_{h_1}C_{u-hot} + (1 - P_{h_1})C_{u-cold}\} (3) + \frac{\lambda}{\mu} \{P_{h_2}C_{q-hot} + (1 - P_{h_2})C_{q-cold}\}$$

where,

$$C_{u-hot} = 3\sqrt{N-1} C_{u-cost}$$

$$C_{u-cold} = \left(\frac{N}{\sqrt{N-1}} + \sqrt{N-1} - 1\right) C_{u-cost}$$

$$C_{q-hot} = P_{hot}C_{home} + (1 - P_{hot})\sqrt{N-1} C_{away}$$

$$P_{hot} = \frac{3\sqrt{N-1}}{N}$$

$$C_{q-cold} = P_{cold}C_{home} + (1 - P_{cold})\sqrt{N-1} C_{away}$$

$$P_{cold} = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + \frac{\sqrt{N-1} - 1}{N}$$

여기서  $P_{h_1}$ 은 위치갱신 모바일이 hot일 확률을,  $P_{h_2}$ 는 목적 모바일이 hot일 확률을 나타낸다.  $C_{u-hot}$ 와  $C_{u-cold}$ 는 모바일이 각각 hot과 cold인 경우의 위치갱신 비용을,  $C_{q-hot}$ 과  $C_{q-cold}$ 는 모바일이 hot과 cold인 경우의 위치질의 비용을 각각 나타낸다.  $\lambda/\mu$ 는 호-이동율 (CMR: call-to-mobility ratio)을  $C_{u-cost}$ 는 단위위치갱신 비용을 나타낸다.

그림 6은 표 2의 환경에서 제안하는 쿼럼 시스템 (FuzzyQS)을 이용한 위치 서비스의 성능을 기존의 방법인 UQS[2]와 DQS[5]의 성능과 비교한 결과를 보여준다.

표 2. 성능 평가를 위한 매개변수와 값

Table2. Parameters for performance evaluation

Parameter	Value
G	2048
K	4
N	128
k	7
$P_{h_1}$	0.25
$P_{h_2}$	0.75
$C_{u-cost}$	2
$C_{home}$	1
$C_{away}$	2

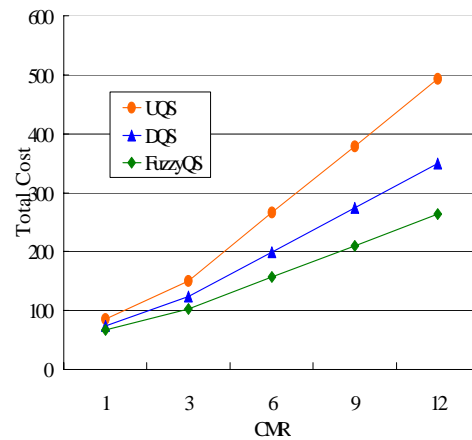


그림 6. 성능평가 결과

Fig. 6. Results of performance evaluation

그림에서 보는 바와 같이, 제안하는 FuzzyQS 방법이 호 이동율에 상관없이 UQS나 DQS방법에 비해 비용이 항상 낮게 나타난다. 그 이유는 FuzzyQS 방법의 쿼럼 크기가 다른 방법에 비해 상대적으로 작고, 또한 지역 중요도를 고려하여 모바일의 위치정보를 적응적으로 홈 지역에 저장하기 때문에 위치질의에서 국소성에 의해 호 이동률이 높아질수록 FuzzyQS 방법의 성능이 다른 방법들보다 더 우수함을 알 수 있다. 위치갱신에서 뿐만 아니라 위치질의에서도 작은 쿼럼을 사용하여 이동성 관리에 사용되는 제어 메시지의 개수가 줄게 되고, 소비전력 또한 줄어든다.

## V. 결론

본 논문에서는 애드-혹 망에서의 모바일의 지역 중요도를 고려한 퍼지논리 기반 쿼럼 시스템을 설계하고 위치 서비스에 대한 성능을 전체 서비스 비용에 대해 분석적 모델로 평가하였다. 그 결과 본 논문에서 제안하는 FuzzyQS 방법의 성능이 기존의 UQS나 DQS 방법에 비해 매우 우수함을 알 수 있었고, 이 경향은 호-이동률이 높아질수록 더욱 두드러졌다. 이는 제안하는 FuzzyQS 방법의 쿼럼 크기가 다른 방법의 쿼럼보다 상대적으로 작고, 또한 지역 중요도를 고려하여 모바일의 위치정보를 적응적으로 홈 지역에 저장하기 때문에 기인한다. 향후 연구과제로는 제안하는 FuzzyQS 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*, Vol. 34, No.6, pp. 46-52, 2001.
- [2] 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.
- [3] Z. J. Haas and B. Liang, "Ad-Hoc Mobility Management with Randomized Database Group," *International Conference on Communication (ICC'99)*, pp. 6-10, 1999.
- [4] 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.
- [5] Ada Wai-Chee Fu, Yat Sheung Wong, Man Hon Wong, "Diamond Quorum Consensus for High Capacity and Efficiency in a Replicated Database System", *Journal of Distributed and Parallel Databases*, Vol. 8, No. 4, pp. 471-492, 2000.
- [6] Rui Zhang, Hang Zhao, Miguel A. Labrador, "The Grid-based Sink Location Service for Large-scale Wireless Sensor Networks", in *Proceedings of the IWCMC'06*, BC, Canada, pp. 689-694, July 2006.
- [7] B. Liang, "Performance of multihop latency aware scheduling in delay constrained ad hoc networks," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Seoul, Korea, May 2005.

— 저 자 소 개 —

오선진(정회원) 제6권 2호 참조