

에드-혹 네트워크에서 이동성 관리를 위한 적응적 RDG 방법

배인한*, 하성권**

* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

** 울산과학대학 컴퓨터정보학부

e-mail: ihbae@cu.ac.kr, sgha@mail.ulsan-c.ac.kr

An Adaptive RDG Scheme for Mobility Management in Ad-Hoc Networks

Ihn-Han Bae*, Sung-Gwon Ha**

* School of Computer and Info. Eng., Catholic University of Daegu

** School of Computer and Information Science, Ulsan College

요 약

본 논문에서는 모바일 에드-혹 네트워크를 위한 분산 이동성 관리 방법으로 적응적 RDG(Randomized Database Group) 방법을 제안한다. 이 방법에서는 네트워크 노드의 위치를 저장하고 노드의 이동성을 관리하기 위하여 데이터베이스가 사용된다. 모바일의 위치가 바뀌면, 모바일의 신호도를 고려하여 동적으로 무작위로 선택된 다수의 데이터베이스가 갱신된다. 호 도착과 같은 모바일의 위치가 필요할 때, 다수의 무작위로 선택된 데이터베이스가 질의된다. 그리고 분석적 방법으로 제안된 방법의 전체 위치 관리 비용을 평가하고, 그것의 성능을 기존의 RDG 방법과 비교 평가 한다.

1. 서 론

이동 에드-혹 네트워크(MANET, Mobile Ad Hoc Networks)는 민간과 군사 응용을 위한 긴급한 통신망 설립을 허용하는 중요한 기술이다. 목적 응용은 협동, 분산 모바일 컴퓨팅(센서, 회의, 교실 등)에서부터 재난 복구(화재, 홍수, 지진과 같은), 법 집행(군중 제어, 수색과 구조), 그리고 전술적인 통신(디지털 전장)에까지 이른다. 모바일 에드-혹 네트워크는 자기조직화 네트워크이고, 에드-혹 네트워크의 노드들은 비슷한 전송력과 처리력을 갖는 모바일 호스트들이다. 적절한 무선 전파 조건과 네트워크 채널 할당이 존재할 때 어떤 두 노드들 간의 직접 통신이 허용된다. 이 경우 그러한 두 노드들은 이웃하다고 한다. 아니면 그 노드들은 다중-홉 라우팅을 통해 통신한다. 네트워크 노드의 이동성, 제한된 자원(예, 대역폭과 배터리 전원), 그리고 잠재적인 다수의 노드들은 에드-혹 네트워크에서 라우팅과 이동성 문제를 아주 도전적인 문제로 만들었다[1].

특히 대규모 모바일 에드-혹 네트워크에서, 셀룰러 같은 (HLR/VLR) 모바일 관리 방법은 사용할 수 없다. 왜냐하면 에드-혹 네트워크는 그런 방법을 이용하는데 필요한 미리 존재하는 하부구조가 없기 때문이다[2].

셀룰러 무선 계층구조와 유사한 다단계 에드-혹 라우팅 방법들이 제안되었다[3, 4]. 모든 패킷들은

어떤 집중화된 서브넷을 구성하는 백본 노드들의 집합을 통하여 전송 노드로부터 목적 노드로 전송된다. 네트워크내의 모든 패킷은 서브넷을 거쳐 가야 하기 때문에, 그러한 방법들은 백본상의 채널 대역폭과 노드 안정성의 매우 높은 요구를 강요한다.

본 연구에서는 네트워크 노드들 간에 동적으로 분산된 가상 백본을 형성하는 위치 데이터베이스들을 이용하는 에드-혹 이동성 관리 방법을 제안한다. 그러한 데이터베이스는 위치 저장과 검색을 위한 컨테이너로서만 서비스한다. 그 데이터베이스에 의해 제공되는 노드 위치는 라우팅 프로토콜에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 따라서 라우트 검색은 더 국소화 된다. 더욱이, 모바일 호스트의 위치는 모바일 호스트와 다른 노드들 사이의 위치 관계로 정의된다. 어떤 모바일 호스트의 이웃 노드의 식별은 어떤 메시지를 그 모바일 호스트에 어떻게 라우트 될 수 있는지에 대한 지시를 제공할 수 있다. 특히, 그것의 근접 위치 데이터베이스의 ID 번호로 이동 호스트의 위치를 정의할 것이다.

모바일 이동 또는 통신 환경 변화에 기인하여 위치 데이터베이스를 포함하는 노드들은 언제든지 동적으로 분리되고 재접속될 수 있다. 본 논문에서는 가상 백본 구조에 기초하여, 무작위 데이터베이스 그룹(RDG, Randomized Database Group)을 갖는 방법을 제안한다. 이 방법은 데이터베이스 할당과 데이터베이스 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 그 모바일이 다른 모바일들로부터 자주 위치 탐색을 요청받는 hot 모바일인가 아닌가에 따라 그 모바

본 연구는 대구광역시 우수연구센터지원사업에 의하여 연구되었음.

일의 위치 정보가 저장되는 데이터베이스 사본의 개수를 적응적으로 결정하여 참조의 공간 국부성과 빠른 응답 시간을 얻을 수 있도록 하였다. 그리고 어떤 모바일 호스트에 호가 도착했을 때, 그 모바일의 위치는 어떤 무작위로 선택된 고정 개수의 데이터베이스들의 그룹으로부터 임의된다.

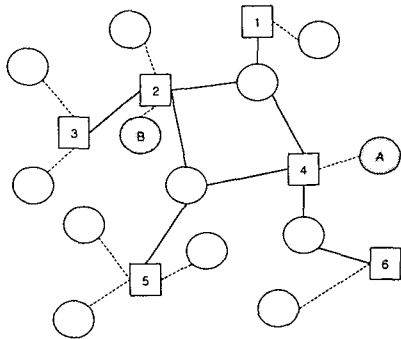
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 에드-혹 네트워크에서 이동성 관리에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안하는 적응적 RDG 방법을 설명하고, 4장에서 분석적 평가를 통하여 제안하는 적응적 RDG 방법의 성능을 평가한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 과제를 설명한다.

2. 관련연구

이동성 관리 방법을 구현하기 위하여, 위치 데이터베이스를 포함하는 모바일 호스트들의 집합이 선택되어야 한다. 이 집합은 자기조직화 백본을 구성한다. 그것은 통신 환경과 네트워크 노드 밀도에 따라 네트워크내의 모바일 호스트에 소속도를 동적으로 부여한다. 이상적인 조건하에서, 가상 백본내의 모든 노드들은 상호연결 되고, 그리고 모든 비백본 노드는 최소한 하나의 다른 백본 노드와 연결된다. 실제 트래픽의 라우팅은 네트워크내의 모든 노드들에 의해 수행된다. 특히, 가상 백본 노드들은 비백본 노드를 거쳐 가는 라우트들을 통하여 서로 통신할 수 있다.

가상 백본 노드들은 어떤 적절한 라우팅 방법을 통하여 그것들 간에 상호연결을 유지한다. 이동성 관리 외에, 가상 백본은 채널 할당, 흐름 제어, 시스템 보안과 같은 다른 네트워크 기능들도 수행한다.

초기 설정 동안에, 가상 백본으로서 가장 잘 서비스하는 노드들의 집합을 찾는다면 플러딩과 같은 완전 네트워크 라우팅의 다소의 형태가 수행된다. 나중에, 어떤 백본 노드가 네트워크로부터 벗어날 때 그것의 위치를 차지하기 위하여 인접한 비백본 노드가 보충되어진다는 것을 보장해야 한다.



(그림 1) 가상 백본

그림 1은 에드-혹 네트워크에서 가상 백본 구조의 예를 보여준다. 사각형은 백본 노드를 나타내고, 원은 비백본 노드를 나타낸다.

[1]에서는 네트워크 노드들 사이에 동적으로 형성되고 분산되는 가상 백본을 형성하는 위치 데이터베이스를 이용하는 에드-혹 이동성 관리 방법을 제안하고 분석하였다. 그러한 데이터베이스들은 위치 저장과 검색을 위한 컨테이너로서만 서비스한다. 라우팅은 네트워크내의 모든 노드들을 포함하는 단층 네트워크 구조에서 수행된다. 그 데이터베이스들은 UQS(Uniform Quorum System)으로 구성된다. 위치 갱신 또는 호 도착에 대하여, 모바일의 위치 정보는 비 결정적 방식으로 선택된 quorum내의 모든 데이터베이스에 기록되고 임의된다.

[2]에서는 가상 백본 구조에 기초하여, 무작위 데이터베이스 그룹(RDG)을 갖는 방법을 제안하였다. 에드-혹 이동성 관리 UQS와 비슷하게, 이 방법은 데이터베이스 할당과 데이터베이스 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 도착했을 때, 그 모바일의 위치는 무작위로 선택된 K 데이터베이스들의 어떤 그룹에 기록되거나 임의된다.

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

3. 적응적 RDG 방법

N 노드들로 구성된 백본을 갖는 에드-혹 네트워크 모델에서, 네트워크 노드들 중의 하나의 위치에 대한 정보를 고려하자. 그 정보가 가용일 때, K 데이터베이스가 무작위로 선택되고 그 위치 정보는 갱신된다. 노드의 위치 정보가 요청되었을 때, Q 데이터베이스가 무작위로 선택되고 질의 된다. 만일 갱신된 K 데이터베이스와 질의된 Q 데이터베이스가 최소한 하나의 공통 데이터베이스를 가진다면, 그 질의는 응답을 생성할 것이고 성공으로 고려된다. 만일 이것이 실패하면, Q 데이터베이스의 새로운 집합이 선택되고 질의된다. 이 과정이 찾는 정보를 포함하는 데이터베이스가 발견될 때까지 계속된다.

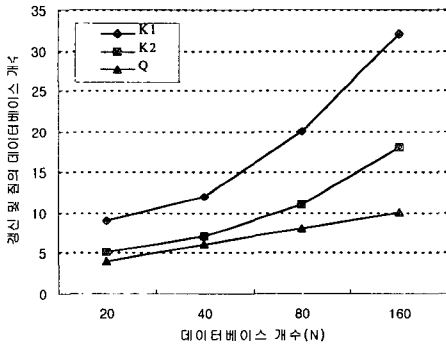
이러한 RDG 방법의 연산은 "2분 모집단 샘플링(Sampling from dichotomous populations)"으로 모델 될 수 있다[4]. 1, 2, ..., N으로 번호가 매겨진 N 공들로 구성된 모집단을 고려한다. 1에서 K까지 번호가 매겨진 K 공들은 흰색이고 K+1에서

부터 N으로 번호가 매겨진 나머지 공들은 검은색이라고 가정한다. Q 공들의 샘플들은 샘플들 중의 하나가 최소한 하나의 흰 공을 포함할 때 까지 이 모집단으로부터 무작위로 연속적으로 뽑아낸다. 여기서 공 모집단은 망에서 노드들을 나타낸다. 흰 공은 위치 정보로 갱신된 공들이고, 뽑혀진 공들은 질의되어진 데이터베이스들이다. X를 흰 공을 얻기 위하여 요구되는 뽑은 횟수라 하자.

첫 번째 질의가 성공할 확률은 1에서 첫 번째 질의에서 그러한 데이터베이스를 찾지 못할 확률을 뺀 것과 같다.

$$P(X=1) = 1 - \binom{N-K}{Q} \binom{N}{Q}^{-1} \quad (1)$$

수식(1)로부터, Q개의 데이터베이스를 질의하여 hot 모바일의 P(X=1)이 0.9가 유지되도록 K₁개의 위치 데이터베이스에 그 모바일의 위치 정보를 저장하고, 그리고 cold 모바일의 P(X=1)이 0.7이 유지되도록 K₂개의 위치 데이터베이스에 그 모바일의 위치 정보를 저장한다. 여기서 K₁>K₂이고, 그리고 시간 구간 T 동안에 다른 모바일로부터 수신되는 호의 개수가 미리 정해진 임계치를 초과하면 hot 모바일이 된다.



(그림 2) P(X=1)에 따른 N에 대한 K₁과 K₂ 값

그림 2는 데이터베이스 개수(N)에 따른 고정된 질의 데이터베이스 개수(Q)와 hot 모바일의 위치 정보가 저장되는 갱신 데이터베이스 개수(K₁)와 cold 모바일의 위치 정보가 저장되는 데이터베이스 개수(K₂)를 보여준다. 여기서 N=20이고 Q=4일 때, P(X=1)≥0.9이면 K₁=9이고 P(X=2)≥0.7이면 K₂=5이다. 그리고 N=160이고 Q=10일 때, P(X=1)≥0.9이면 K₁=32이고 P(X=2)≥0.7이면 K₂=18이다.

모바일의 위치 정보를 갱신하기 위하여 다음과 같은 방법들을 사용할 수 있다.

(1) 호 발생 갱신: 모바일 호스트가 호를 발생시켰을 때, 그것은 목적 호스트의 위치를 위해 RDG에 질의하고, 동시에, 그것의 현재 위치를 질의된 RDG에 기록한다.

(2) 위치-변경 갱신: 모바일 호스트가 그것의 위치를 변경하였을 때, 그것은 그 RDG에서 그것의 새로운 위치를 갱신한다.

(3) 주기적 갱신: 장시간 활동 부족과 정지 동안에 호 분실을 피하기 위하여, 모바일 호스트는 RDG에 그것의 위치 정보를 주기적으로 전송한다.

제안하는 적응적 RDG 방법에서는 위치-변경 갱신 방법을 사용한다.

질의 라운드를 최소화를 위하여 다음과 같은 검색 정책을 사용할 수 있다.

(1) 정책 A: 첫 번째 정책은 Q의 그룹 크기를 사용한다. 만일 그 질의가 성공하지 못하면, 두 번째 질의는 N-K₂-Q+1의 그룹 크기를 사용한다. 이 경우에, 최대 지연은 두 개의 질의이다.

(2) 정책 B: 첫 번째 정책은 Q의 그룹 크기를 사용한다. 만일 그 질의가 성공하지 못하면, 두 번째 질의도 Q의 그룹 크기를 사용한다. 만일 두 번째 질의도 성공하지 못하면, 최종 질의는 N-K₂-2Q+1의 그룹 크기를 사용한다. 이 경우의 최대 지연은 세 개의 질의이다.

4. 성능평가

레이블 Y를 Q 데이터베이스 (Q>1)들의 한 샘플 내에 갱신된 데이터베이스의 개수라 두자. 그러므로 Y의 확률 함수는 다음과 같이 주어진다[6].

$$P(Y=k) = \frac{\binom{Q}{k} K^{(k)} (N-K)^{(Q-k)}}{N^{(Q)}} = \frac{\binom{K}{k} \binom{N-K}{Q-k}}{\binom{N}{Q}} \quad (2)$$

$$\equiv P(k, Q, K, N), \quad k = 0, 1, \dots, Q$$

수식 (2)로부터 얻어진 X의 확률함수는 다음과 같다.

$$P(X=1) = 1 - P(0, Q, K, N)$$

$$P(X=2) = P(0, Q, K, N) (1 - P(0, Q, K, N - Q))$$

$$P(X=3) = P(0, Q, K, N) P(0, Q, K, N - Q) (1 - P(0, Q, M, N - 2Q)) \quad (3)$$

위의 검색 정책들에 대한 질의 처리 비용은 다음과 같다.

◦ 정책 A:

$$C_A = P(X=1) * Q + (1 - P(X=1)) * (N - K_2 - Q + 1) \quad (4)$$

◦ 정책 B:

$$C_B = P(X = 1) * Q + P(X = 2) * Q + (1 - (P(X = 1) + P(X = 2))) * (N - K_2 - 2Q + 1) \quad (5)$$

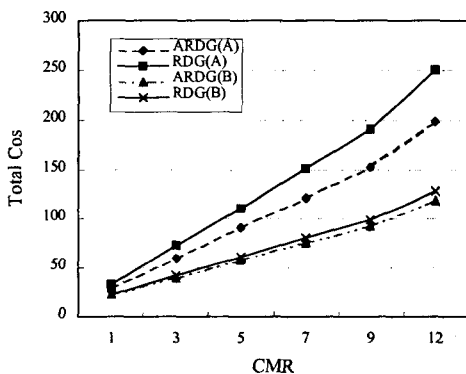
동적 프로세스의 비용은 위치갱신비용과 위치질의 비용을 합한 전체 위치관리비용으로 평가되어진다.

$$C_{total} = P_{h1}K_1C_u + (1 - P_{h1})K_2C_u + \frac{\lambda}{\mu} \{P_{h2}(C_{s-hot}C_q) + (1 - P_{h2})(C_{s-cold}C_q)\} \quad (6)$$

여기서 C_u 와 C_q 는 단위 위치 갱신 비용과 단위 위치 검색 비용을 나타내고, P_{h1} 는 위치를 갱신하는 모바일이 hot일 확률을, P_{h2} 는 목적 모바일이 hot일 확률을 각각 나타낸다. C_{s-hot} 는 검색 정책에 따라 hot 목적 모바일의 찾는 데 드는 질의 처리비용을, C_{s-cold} 는 검색 정책에 따라 cold 목적 모바일을 찾는 데 드는 질의 처리비용을 각각 나타낸다. 그리고 $\frac{\lambda}{\mu}$ 는 호이동율(call-mobility ratio)을 나타낸다.

<표 1> 성능평가를 위한 매개변수와 값

매개변수	값
N	80
K	13
K_1	20
K_2	11
Q	8
P_{h1}	0.25
P_{h2}	0.75
C_u, C_q	1



(그림 3) 탐색 정책에 따른 전체 위치 관리 비용

그림 3은 표 1과 같은 환경에서 검색 정책에 따른 적응적 RDG 방법(ARDG)과 기존의 RDG 방법(RDG)의 전체 위치관리비용을 보여준다.

제안하는 ARDG 방법의 성능이 검색정책과 호이동율에 관계없이 기존의 RDG 정책에 성능에 비

하여 항상 우수한 성능을 보였다. 특히, 호 이동율이 높아질수록 ARDG 방법의 성능이 더 좋아짐을 알 수 있다. 그것은 hot 모바일의 위치 정보를 더 많은 데이터베이스에 저장하여 위치 질의에서 공간 국부성에 의해 얻어진 결과이다. 아울러 질의 라운드 횟수는 조금 증가하지만 검색 정책 B를 사용하는 ARDG(B) 방법의 전체 위치관리 비용이 검색정책 A를 사용하는 ARDG(A) 방법의 전체 위치관리 비용 보다 우수하다 것을 알 수 있다. 따라서 에드-혹 네트워크에서 이동성 관리를 위하여 모바일의 선호도에 따라 모바일의 위치 정보를 저장하는 데이터베이스 개수를 적응적으로 조정하는 것이 좋다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후연구

RDG는 에드-혹 이동성 관리의 구현을 위한 간단하고 견실하고 효율적인 방법이다. 본 논문에서는 모바일의 선호도를 고려한 적응적 RDG를 제안하고, 그것의 성능을 분석적 모델로 평가하였다. 그 결과, 제안하는 적응적 RDG가 기존의 RDG에 비하여 성능이 우수함을 알 수 있었다. 그것은 적응적 RDG에서 인기 있는 모바일은 인기 없는 모바일의 비해 더 많은 데이터베이스에 위치 정보를 저장하여 위치 참조 공간 국부성과 빠른 응답을 얻을 수 있기 때문이다. 향후 연구 과제로는 에드-혹 네트워크에서 이동성 관리를 위한 모바일 선호도를 고려한 UQS(Uniform Quorum System) 방법에 관한 것이다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] Z. J. Haas and B. Liang, "Ad-Hoc Mobility Management with Randomized Database Group," International Conference on Communication (ICC'99), pp. 6-10, 1999.
- [3] A. Ephrenidea, J. E. Wieselthier, and D. J. Baker, "A Design Concept for Reliable Mobile Radio Networks with Frequency Hopping Signaling," Proceedings of the IEEE, Vol. 75, No. 1, 1997.
- [4] B. Das and V. Bharghavan, "Routing in Ad-Hoc Networks Using Minimum Connected Dominating Sets," IEEE Int. Conf. on Communication, June 1997.
- [5] 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.
- [6] M. Dwass, Probability Theory and Applications, Benjamin Inc., p. 413, 1970.