

지오멀티캐스트: 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크를 위한 새로운 전송 구조

안병구*, 김도현**, 공형운***

*홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부

**천안대학교 정보통신공학부

***울산대학교 전기전자정보시스템공학부

Geomulticast: New Transmission Architectures for Mobile Ad-hoc Wireless Networks

Beongku An*, Do-Hyuon Kim**, Hyung-Yun Kong***

*Dept. of Electronic, Electrical & Computer Engineering, Hongik University

**Dept. of Information Communications Engineering, Cheonan University

***School of Electrical Engineering, Ulsan University

요 약

지오멀티캐스트는 특별한 지역의존 멀티캐스트 기술이며, 여기서 메시지는 특별한 지역 내에 있는 특별한 사용자 그룹들에게 멀티캐스트 된다. 본 논문에서는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 효율적인 비용과 높은 메시지 전송률을 가지는 지오멀티캐스트 구조들과 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해서 사용되는 방법들의 성능을 평가하기 위한 구조를 정의하고 제안한다. 이러한 성능평가 구조에 기초하여 제안된 지오멀티캐스트 방법 및 프로토콜들의 성능을 평가하고 이를 기반으로 하여 여러 가지 디자인 및 동작 파라미터들의 영향에 관하여 고찰 점검한다.

1. 서 론

지오멀티캐스트(geomulticast)는 특별한 지역의존 멀티캐스트(multicast) 기술이며, 여기서 메시지는 특별한 지역 내에 있는 특별한 사용자 그룹들에게 멀티캐스트 된다. 기존의 멀티캐스트 프로토콜들이 멀티캐스트 주소를 가진 노드들의 집합으로 멀티캐스트 그룹을 정의하고, 지오캐스트(geocast)는 어떤 주어진 시간에 어떤 특별한 지역내에 있는 모든 노드들의 집합으로 지오캐스트 그룹을 정의하는 반면에, 지오멀티캐스트 그룹은 어떤 특별한 지역내에 있는 어떤 특별한 그룹의 노드들의 집합으로 정의된다. 일반적으로 멀티캐스트는 통신비용(cost) 측면에서 유니캐스트나 브로드캐스트 보다 더 유용하다. 모바일 ad-hoc 네트워크는 동적이고, 때때로 급속하게 변화하며, 랜덤 다단계 홉(hop) 구조를 가지며, 각 노드들은 무선링크를 통해서 통신을 하기 때문에 비용의 고려는 매우 중요한 포인트이다.

지난 몇 년 동안 지오캐스트 문제는 활발한 연구주제가 되어 왔다 [1,2]. 본 논문에서는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 효과적인 비용 방법과 높은 메시지 전송률을 가진 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위한 구조와 프로토콜을 제안한다. 모바일 ad-hoc 네트워크에서는 고정된 기지국들이

없다. 그러나 만약에 여러 모바일 노드들을 클러스터 하는 클러스터링 기술을 사용 한다면 우리는 셀룰러 네트워크의 개념을 확장 적용할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 목적을 얻기 위해서 이동성 기반 클러스터링(mobility based clustering(MBC))[3] 방법을 사용하는데, 이는 셀룰러 네트워크에서처럼 지오멀티캐스트 서비스의 지원을 하기 위한 기반 구조로서 역할을 한다. MBC는 네트워크의 물리적 및 논리적인 방법을 함께 사용하여 네트워크를 분리하고 조합 하며, 모바일 노드들 사이의 상대적인 이동성(relative mobility)을 사용한다. 기반 기술로서 이러한 구조를 사용하여 우리는 방향성 안내 라우팅(direction guided routing(DGR)) 프로토콜을 제안 하는데, 이 프로토콜은 어떤 안내된 영역 내에서 클러스터헤더 기반의 제한된 그룹(mesh) 구조를 형성한다. DGR의 목적은 신뢰성과 적은 오버헤드(overhead)를 가지고 패킷을 전송하는 것이다. 더욱이 모바일 ad-hoc 네트워크에서 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해서 사용되어진 방법들의 성능을 평가하기 위한 구조를 정의하고 형성한다. 이러한 구조를 기반으로 하여 우리는 제안된 구조들과 프로토콜의 성능을 평가하고, 수치적인 연구를 통하여 이러한 디자인, 파라미터들과 동작

특성들이 시스템 성능에 어떠한 영향을 주는지에 대한 안목을 얻는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장은 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위한 구조들과 프로토콜들을 설명한다. 제3 장에서 지오멀티캐스트의 구조들과 프로토콜을 평가하기 위해서 사용되어지는 성능분석 구조를 제안한다. 제 4 장은 수치적인 결과들에 대한 논의를 하며, 제 5 장에서 결론을 맺고자 한다.

2. 지오멀티캐스트 구조

다음에 우리는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 특별한 사용자 그룹에게 효과적인 비용의 지오그래픽 메시지 서비스를 제공하기 위하여 제안된 구조를 설명한다. 모바일 ad-hoc 네트워크에서 자원(bandwidth) 에너지의 한계는 매우 중요한 이슈이기 때문에, 우리의 제안된 구조들은 그들의 효율성에 특별한 강조를 둔다.

지오멀티캐스트 영역 형성 및 표현

어떤 송신자는 단지 어떤 특정한 지역 내에 있는 모바일 노드들에게 메시지를 전송하기를 원한다. 이러한 경우에 우리는 그 특정한 지역의 영역 형성 및 표현이 요구된다. 일반적으로 지오멀티캐스트 영역들은 GPS 좌표를 사용하는 n-측면(sided)의 폴리곤으로 표현되어진다. 그러나, 이러한 일반적인 영역 형성 방법은 만약에 타겟 영역(즉, 지오멀티캐스트 영역)이 매우 복잡하다면 매우 높은 오버헤드(overhead)를 유발한다. 따라서, 우리는 라우팅 과부하(overload)를 줄이기 위해서 다음과 같은 몇몇 근사적 지오멀티캐스트 영역 표현 방법을 사용한다 (그림 1). 원형표현, 타원형 표현, 그리고 사각형 표현.

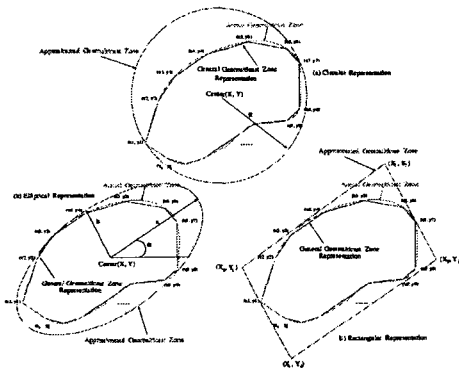


그림 1. 지오멀티캐스트 영역 형성 및 표현

지오멀티캐스트 기반 구조

본 논문에서는 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위한 기반구조로서 이동성 기반 클러스터링 (Mobility Based Clustering (MBC))을 사용한다. 이동성 기반 클러스터링의 주 목적은 모바일 ad-hoc 네트워크에서는 고정된 기지국들이 없으므로 만약에 여러 모바일 노드들을 클러스터 하는 클러스터링 기술을 사용 한다면 우리는 셀룰러 네트워크의 개념을 확장 적용 할 수 있다는 것이다. 이동성 기반 클러스터링은 노드들의 이동성(노드 각각의 이동성 및 그룹 이동성[4])과 신뢰성 있는 GPS 시스템을 통한 위치정보에 기반을 두고 있다. MBC의 상세한 설명과 깊은 성능분석은 다음 논문[3]에 자세히 설명되어 있다. 그림 2는 이동성 기반 클러스터링의 기본 개념을 설명한다.

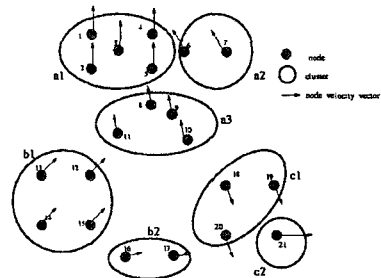


그림 2. 클러스터링의 기본적인 개념

네트워크 구조 및 구성요소

제안된 네트워크 구조의 주요한 아이디어는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 안정되고 효과적인 비용 효율을 갖게 하기 위해서 셀룰러 네트워크 개념을 모바일 ad-hoc 네트워크로 확장 적용하는 것이다. 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해서 우리가 제안한 네트워크 구조의 주요 요소들은 다음과 같다: 지오멀티캐스트 컨트롤 오퍼스(GeoCO), 클러스터 헤더(CHs), 그리고 모바일 노드(MNs) 등이다.

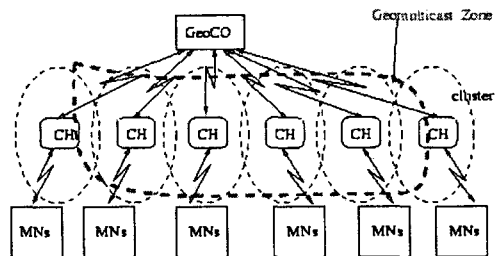


그림 3. 지오멀티캐스트 네트워크 구조 및 구성요소

CH와 GeoCO에 의해서 수행되는 기능들은 셀룰러 네트워크에서 기지국(BS(base station))과 교환국(MSC:Mobile Switching Center)에 의해서 수행되는 기능과 각각 같다. 우리의 제안된 구조에서 소스(source) 클러스터헤더(CH)는 GeCO의 역할을 한다. GeCO의 주요기능은 멤버십 관리(membership management)(즉, 지오멀티캐스트 그룹 구성과 유지)이다.

라우팅 구조

그림 4는 지오멀티캐스트 서비스를 지원하기 위한 방향성 안내 라우팅 구조를 보여주고 있다. 방향성 안내 라우팅(Direction guided routing) 구조의 주요한 특징은 안정된 기반구조 위에서 타겟 영역과 타겟 영역의 방향성에 따라서 경로검색 영역범위를 조절할 수 있으므로 과부하(overload)를 줄일 수 있으며 안정된 높은 전송률을 제공할 수 있는 메쉬(mesh) 구조를 가진다.

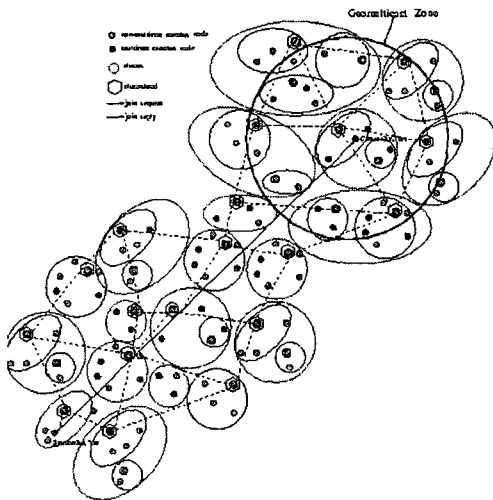


그림 4. 방향성 안내 라우팅 구조

3. 성능 분석 및 평가를 위한 모델

이 절에서는 모바일 ad-hoc 네트워크에서의 지오멀티캐스트 서비스에 사용되는 설계 구조들과, 알고리즘 구현의 성능을 평가하기 위한 모델을 정의하고 제안한다.

성능평가의 척도로서 지오멀티캐스트 에러(Geoerror : P_{ge})와 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도(Accuracy of Geomulticast Packet Delivery : AGPD)를 도입한다.

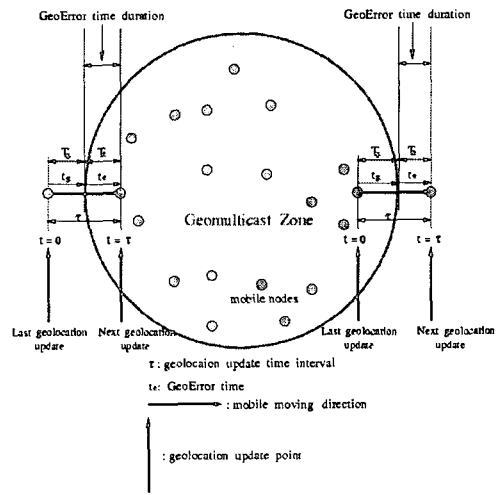


그림 5. 지오멀티캐스트 성능분석 및 평가모델

그림 5에서 P_{ge} 는 다음 두 가지 사건들이 일어날 확률이다. a) MN(mobile node)가 지오멀티캐스트 영역내에 존재하고 있으나 얼마동안 메시지를 수신하지 못할 때, b) MN가 지오멀티캐스트 영역밖에 존재하고 있으나 얼마동안 여전히 메시지를 수신할 때. τ 를 위치갱신 인터벌(location update interval), T_e 를 위의 두 사건중 하나로 특정 MN의 지오에러(Geoerror)시간 인터벌이라 하자.

첫 번째 사건은 MN(mobile node)가 초기에 영역(즉, 지오멀티캐스트 영역)밖에 있어서($t=0$ 때) 클러스터헤더(CH)가 멤버십 확인 과정에는 비멤버십 이었다가 T_g 시간 후에 영역 안으로 이동했지만 CH와는 위치갱신을 하지 않았을 때 발생한다(즉, 위치 갱신시간 τ 전이다). 이 경우 MN은 영역안이고 멤버십이 되기를 원하지만 T_e 기간동안 메시지를 받지 못할 것이다. MN은 다음번 위치갱신 이후($t \geq \tau$) 그룹 멤버십이 되고 메시지를 받을 것이다.

두 번째 사건은 MN(mobile node)가 초기에 영역안에 있어서($t=0$) 클러스터헤더(CH)가 멤버십 확인 과정에는 멤버십이었다가 T_g 시간 이후에 영역밖으로 이동했지만 CH와는 위치갱신을 하지 않았을 때 발생한다. 마찬가지로 MN은 멤버십이 아니고 영역 밖이지만 T_e 기간동안 메시지를 계속 받게 된다. 위로부터 멤버십 갱신 전에 지오멀티캐스트 영역 교차율(boundary crossing rate), λ , 이 지오에러(GeoError)의 가장 큰 요인임을 알 수 있다.

본 논문에서는 MN(mobile node)의 이동성 패턴을 위해서 랜덤 유니폼 모델[5]을 이용한다. 이 모델에서는 MN가 τ 동안 $[0, 2\pi]$ 구간의 균일 분포상의 임의의 방향 (θ)으로 일정한 속도로 움직인다. 경계선 길이가 S 이고 단위 면적당 ρ 개의 MN이 존재하는 지오멀티캐스트 영역을 고려하면, 단위 시간당 경계선 교차율은 $\lambda_c = \frac{\rho v S \beta}{\pi}$, 여기서 β 는 MN들의 활동비(보통 $\beta = 1$)이고 v 는 MN의 평균 속도이다. 예를 들면 영역(즉, 지오멀티캐스트 영역)이 반경 R 인 원이라면 $\lambda_c = 2\rho v R$ 이다. 일반적으로 λ_c (경계선 교차율)는 영역의 실제 크기, 네트워크 밀도, MN들의 이동성 패턴에 달려있다. 시간 t 동안 MN에 도착하는 메시지 수는 도착율 λ_a 인 Poisson 랜덤 변수이다. 지오에러(Geo Error) 확률 P_{ge} 은 식 (1)과 같다.

$$P_{ge} = \frac{E[\text{error packet rate}]}{E[\text{desired packet rate}]} = \frac{2 * \lambda_a * \lambda_c * \tau * h}{\lambda_a * B} = \frac{\lambda_c * \tau * h}{B} \quad (1)$$

여기서 B 는 영역내 멤버쉽의 평균 노드 수이다. 따라서, AGPD(Accuracy of Geomulticast Packet Delivery)는 다음처럼 정의된다.

$$AGPD = 1 - P_{ge} \quad (2)$$

4. 수치적 결과 및 토의

이 절에서는 앞 절에서 개발한 모델과 OPNET (Optimized Network Engineering Tool)을 사용한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 수치 연구 목표는 제안된 구조, 노드 이동성, 위치 갱신율, 지오멀티캐스트 그룹 사이즈 등의 설계 변수들이 시스템 성능에 미치는 영향에 대해 통찰력을 얻고자 함이다.

본 논문에서 사용된 모바일 ad-hoc 네트워크는 $1000m \times 1000m$ 지역에 50개의 MN(mobile node)을 임의로 배치했다. 반경 R ($150m - 300m$)인 원형 지오멀티캐스트 영역을 사용했고 전파 도달 반경(즉, Radio Range)은 $300m$ 로 가정했다. MN의 전파 반경을 벗어나면 링크 고장으로, 전파 반경 안으로 들어오면 링크 복구가 된 것

로 가정한다. 모바일 노드들은 균일 분포를 갖는 속력 $[0, 80km/h]$, 방향 $[0, 2\pi]$ 범위 내에서 임의의 값(즉, 속력과 방향)을 취한다. 지오멀티캐스트 소스는 하나이며 지오멀티캐스트 멤버쉽들은 영역 내에서 임의로 선택된다. 수치 평가에서는 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도(AGPD : Accuracy of Geomulticast Packet Delivery)를 주로 다룬다. 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도는 수신측에 실제 도착한 패킷수와 수신측에 전송된 패킷수의 비이다. 이동성은 모바일 ad-hoc 네트워크의 중요 특성 중 하나이므로 모바일 노드들의 속도에 따른 성능 분석이 필요하다.

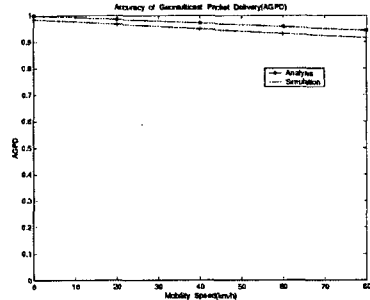


그림 6. MN들의 속력변화에 따른 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도

그림6은 패킷 도착율 (Packet Arrival Rate(PAR) ($PAR = 5 \text{ packets/sec}$), 멀티캐스트 영역 반경 ($R = 250m$), 위치 갱신 시간 인터벌 ($\tau = 1 \text{ sec}$) 조건 하에서 MN들의 속력변화에 따른 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도이다. MN들의 속력이 빠름에도 AGPD는 좋은 성능을 보이는데 이것은 이동성 기반 클러스터링과 이에 기초한 그물 망(mesh) 구조 라우팅이 안정적이기 때문이다. 이는 목적지까지 데이터를 전송하는데 링크 이탈의 영향이 거의 없음을 보여준다.

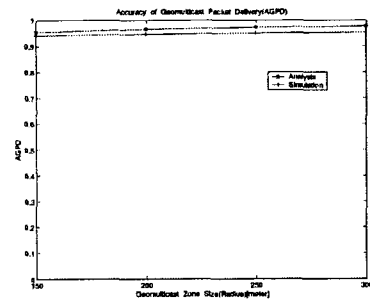


그림 7. 멀티캐스트 영역반경 변화에 따른 패킷 전달 정확도

그림7은 MN의 속력 40km/h , $PAR = 5 \text{ packets/sec}$, $\tau = 1 \text{ sec}$ 조건에서 멀티캐스트 영역반경 (R) 변화에 따른 패킷 전달 정확율이다.

그림 7 제안된 구조가 멤버쉽 규모가 커지더라도 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도 성능에 큰 변화가 없는 확장성 (scalability)이 있다는 것을 보여준다. 그림 8은 MN의 속력 40km/h , $PAR = 5 \text{ packets/sec}$, $R = 250\text{m}$ 조건에서 τ 변화에 따른 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도이다. τ 가 증가함에 따라 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도가 감소함을 알 수 있고 이는 시그널링 부하의 감소를 뜻한다.

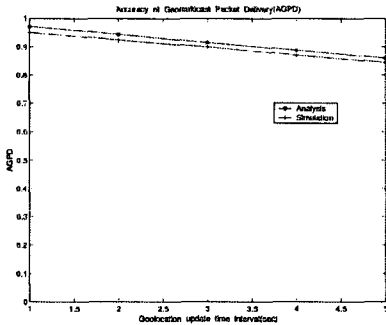


그림 8. τ 변화에 따른 지오멀티캐스트 패킷 전달 정확도

5. 결 론

본 논문에서는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 높은 패킷 전달을 지원하는 지오멀티캐스트 구조와 프로토콜을 제안하였다. 우리는 또한 설계 변수들에 따른 성능 분석모형을 제공하였다. 지오에러(GeoError)와 지오멀티캐스트 패킷전달 정확도(AGPD)를 유도 하였으며 실험 및 성능분석을 통한 성능평가에서 제안된 구조는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 지오멀티캐스트 서비스를 신뢰성 있게 수행 할 수 있음을 보여주었다.

참고문헌

- [1] Julio C. Navas and Tomasz Imielinski, "GeoCast - Geographic Addressing and Routing", Proc. of MOBICOM'97, pp.151-160, Budapest, Hungary, September 26-30, 1997.
- [2] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Geocasting in Mobile Ad Hoc Networks:

- Location-Based Multicast Algorithms", Proc. of IWMCSA'99, New Orleans, USA, 1999.
- [3] Beongku An and Symeon Papavassiliou, "Mobility-Based Clustering in Mobile Ad-hoc Wireless Networks", Proc. of CISS2001, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA, March 2001.
- [4] Xiaoyan Hong, Mario Gerla, Guangyu Pei and Ching-Chuan Chiang, "A Group Mobility Model for Ad-Hoc Wireless networks", Proc. of ACM/IEEE MSWiM'99, Seattle, WA, August 1999.
- [5] Leonardo P. Araujo and Jose Roberto Boisson de Marca, "Paging and Location Update Algorithms for Cellular Systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 49, no. 5, September 2000.