

이동 네트워크를 위한 효율적인 무단절 통신 방법

김윤정^o, 이경숙, 배인한
대구효성가톨릭대학교 전자정보공학부

An Efficient Seamless Communication Method for Mobile Networks

Yoon-Jeong Kim, Kyung-Sook Lee, Ihn-Han Bae
Department of Computer Engineering Catholic University of Taegu-Hyosung

요약

유무선 고속 네트워크 기술을 통합한 새로운 컴퓨팅 환경을 이동 컴퓨팅이라 한다. 가까운 미래에, 이동 사용자는 고속 네트워크 상에서 다양한 종류의 서비스를 액세스할 수 있을 것이다. 고속 네트워크에서 그러한 서비스들의 품질은 다수의 QoS 매개변수로 상세될 수 있다. 이동 환경에서 가장 중요한 QoS 매개변수는 이동 사용자에게 단절 자유 서비스를 제공하는 무단절 통신의 보장이다. 서비스 단절은 활동적인 핸드오프에 의해 발생된다. 본 논문에서는 단절 자유 서비스에 대한 확률적 QoS 보장을 제공하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 제안한다. 이 방법에서는 이동 호스트의 이동 속도와 이동 방향을 예측하고, 그러한 정보를 통하여 모든 이웃 셀이 아닌 제한된 이웃 셀에게 지연 멀티캐스트가 가능하다. 제안하는 확장된 지연 멀티캐스트를 통해 확률적 QoS 보장이 가능할 뿐만 아니라 정적 네트워크 대역폭을 많이 절약할 수 있음을 보인다.

1. 서론

개방 고대역폭 데이터 연결을 갖는 다수의 이동 사용자들이 있는 상황에서 데이터 연결이 설립되었을 때, 네트워크는 사용자들이 다소의 보장된 서비스 품질(지터 한계, 최소 및 최대 대역폭 요구, 최대 분실 한계 등)을 받을 것을 보장해야 한다. 그러한 사용자들이 모두 이동성이 있으므로, 다수의 사용자들은 같은 셀로 움직일 수 있다. 그러한 상황에서 셀의 가용 대역폭은 초과될 것이고 원래 QoS 매개변수는 위반될 것이다. 또한 서비스에 대한 요구가 증가하는 만큼, 다수의 셀이 요구된 품질을 제공하는데 불충분할 수도 있다.

이동성은 다수의 네트워크 관리 문제를 수반한다. 그러한 문제들은 크게 이동성 관리와 연결 관리로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 연결 관리와 관련된 이동 무선 네트워크에서 핵심 문제를 다룬다. 그 문제는 이동 사용자에게 단절 자유 서비스를 제공하는 것이다. 단절 자유 서비스를 제공하는 것은 단순한 연결 지향 서비스 보다 더 강한 요구로서 네트워크상에서 데이터 패킷에 의해 경험된 지연이 마감 시간 보다 작음을 보장하는 것이다. 마감 시간은 사용자에 의해 요구되는 서비스 품질에 의해 결정되어진다.

본 논문에서는 단절 자유 서비스에 대한 확률적 QoS 보장을 제공하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 제안한다. 이 방법에서는 이동 호스트의 이동 속도와 이동 방향을 이용하여 이동 호스트의 셀 잠재 시간과 이동 호스트가 핸드오프할 이웃 셀을 예측하고, 확률적 QoS에 따라 예측된 이웃 셀들에게만 지연 멀티캐스트를 수행한다. 확장된 지연 멀티캐스트를 통하여 확률적 QoS 보장이 가능할 뿐만 아니라 정적 네트워크의 대역폭을 많이 절약할 수 있음을 보인다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 무단절 통신에 대한 관련 연구들을 살펴보고, 3 장에서는 확률적 QoS를 보장하는 이동성 예측을 고려한 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 제안하고, 4 장에서 제안하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법의 성능을 평가하고, 그리고 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

단절 자유 서비스를 보장하는 무단절 통신에 대한 관련 연구들을 살펴보면 다음과 같다. Singh[1]는 이동 호스트를 위한 데이터 패킷은 이웃 셀들의 이동 지원국으로 멀티캐스트 한다. 이 방법은 네트워크에서 사용자 수가 증가할수록 멀티캐스트 연결에 의해 소모되는 네트워크 대역폭이 기하급수적으로 높아

지므로 효과적이지 못하다. 그리고 Singh은 다른 연구[2]에서는 이동 사용자를 위해 서비스의 등급을 명세하는데 필수적인 두 가지 부수적 QoS 매개변수: loss profile, 무단절 통신 확률을 연구하였다. 셀의 대역폭 요구가 가용 대역폭을 초과하면 데이터를 폐기하는 방법을 loss profile로 명세하였고, 이동 사용자는 응용의 종류에 따라 다른 무단절 통신 확률을 요구할 수 있고, 그것을 기초로 그룹의 구성과 그룹내의 셀들이 predictive buffering을 시작하는 시간을 결정하였다.

Bakshi et al.[3]은 이동 호스트의 셀 잠재시간(call latency)을 이용하는 지연 멀티캐스트(staggered multicast)를 제안하였다. 그러한 셀 지연은 이동 호스트의 이동 모델에 의존한다. 여기서 셀 잠재시간 계산을 위한 두 가지 모델: 낙관적, 비관적 모델을 제안하고, 확률적 QoS에 따른 지연 멀티캐스트의 성능을 네트워크 대역폭 오버헤드로 평가하였다. 위의 연구들은 모두 모든 이웃 셀에서 멀티캐스트 함으로써 대역폭 낭비가 심한 단점을 가진다.

AbdulRahman et al.[8]은 무선 환경에서의 QoS 보장을 위한 서비스 모델, 경로 예측 모델, 호 허가 제어 스킴을 포함하는 프레임워크를 제안했다. 이 프레임워크는 사용자 경로, 그 경로상의 각 셀에서의 도착과 출발 시간의 예측값을 사용해, 이동 호스트의 경로상의 각 셀에서 충분한 자원이 사용가능한지를 결정해서 호를 허가하는 예측 timed-QoS 보장을 지원한다.

3. 이동성 예측을 고려한 QoS 보장

본 논문에서 이동 호스트가 있는 셀 지연 시간 후에 현재 셀의 모든 이웃 셀들이 아닌 이동 호스트가 핸드오프할 가능성이 있는 이웃 셀에게만 데이터 패킷을 멀티캐스트하는 확장된 지연 멀티캐스트를 제안한다. 각 셀의 이동 지원국은 자신의 국부 이동 호스트에 대해 그림 1과 같은 위치 정보를 관리한다.

여기서 mh_id는 이동 호스트 식별자, mss_id는 이동 지원국 식별자, reg_time은 이동 호스트가 이동 지원국에 등록된 시스템 시간, velocity는 이동 호스트의 평균 이동 속도, angle은 이동 호스트의 평균 이동 각도를 나타낸다.

mh_id	mss_id	reg_time	velocity	angle
-------	--------	----------	----------	-------

(그림 1) 이동 지원국에서 관리되는 이동 호스트의 위치 정보

이동 호스트가 핸드오프될 때 새로운 MSS와 이전 MSS간에

교환되는 deregister, register 메시지를 통하여 이동 호스트의 이동 속도와 이동 방향과 같은 위치 정보는 다음과 같이 구할 수 있다.

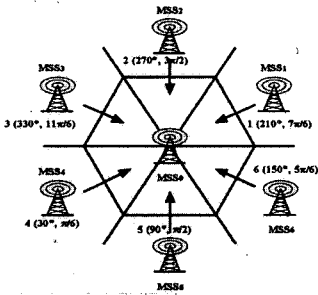
3.1 이동 방향

현재 셀의 이동 호스트가 이웃 셀로 이동할 방향은 그림 2에서 처럼, 이전 단계에서 이동 호스트가 6개의 이웃 셀들 중에서 어느 셀로부터 핸드오프 했는가에 따라 달라진다.

이동 호스트의 예측 이동 각도는 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$\hat{\theta}_i = a\theta_{i-1} + (1-a)\hat{\theta}_{i-1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 θ_{i-1} 는 현재 이동 지원국에서의 이동 호스트의 평균 진입 각도이고, $\hat{\theta}_{i-1}$ 는 이전 이동 지원국에서의 이동 호스트의 예측 이동 각도이다. 그리고 $a(0 < a < 1)$ 는 history factor이다.

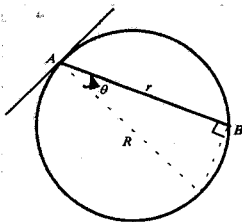


(그림 2) 이동 호스트의 이동 방향에 따른 평균 진입 각도

3.2 이동 속도

이동 호스트가 셀 경계를 가로지를 때 이동 방향은 이동 호스트의 방향과 이동 호스트로부터 셀의 중앙으로의 방향간의 각도 θ 로 표시되어진다(그림 3). 이동 호스트가 같은 확률로 어떤 각도로 이동한다고 가정하면, 확률 밀도 함수는 식(2)와 같다.

$$f_{\theta}(\theta) = \begin{cases} \frac{1}{\pi} & -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \\ 0 & \text{elsewhere.} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$



(그림 3) 셀 경계 A로부터 셀 경계 B 까지의 거리

그리고 이동 호스트의 셀 횡단 거리(r)는 삼각함수에 의해 식(3)과 같다.

$$r = R \cos \theta \dots\dots\dots (3)$$

여기서 R 은 셀의 직경을 나타내고 모든 셀의 직경은 같다고 가정한다. 따라서 이동 호스트의 평균 셀 횡단 거리(d)는 식(4)와 같다.

$$d = \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} R \cos \theta \, d\theta = \frac{2R}{\pi} \dots\dots\dots (4)$$

이동 호스트가 시스템에 마지막 등록한 시간을 t_{c-1} 라 하고, 현재 시스템 등록 시간을 t_c 라 하자. 이 때, 이동 호스트의 속

도(v)는 식(5)로 측정할 수 있다.

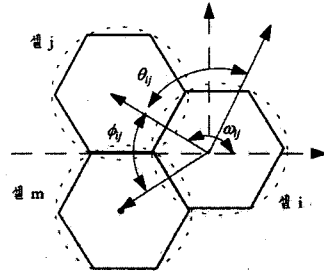
$$v = \frac{d}{(t_c - t_{c-1})} \dots\dots\dots (5)$$

3.3 확장된 지연 멀티캐스트

확장된 지연 멀티캐스트를 설계하기 위해서는 이동 호스트의 현재 셀에서의 셀 잠재 시간과 그 이동 호스트가 각 이웃 셀로 핸드오프할 확률이 필요하다. 따라서 먼저 이동 호스트의 셀 잠재 시간과 각 이웃 셀에 대한 핸드오프 확률을 구하고, 그러한 정보를 기초로 확률적 QoS를 보장하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 설계한다.

1) 이동 이웃 셀 예측

이동 호스트의 예측 이동 각도와 이전 셀에서의 진입 각도를 기초로, 이동 호스트가 셀 i 에서 각 이웃 셀 j 로 핸드오프 할 확률 $P_{i \rightarrow j}$ ($j=1, \dots, 6$)를 계산할 수 있다. 이동 호스트가 셀 m 으로부터 현재 셀 i 로 이동하였고, $j(j=1,2,\dots)$ 를 셀 i 의 인접셀들의 집합이라 하자. 각 셀 j 는 셀 i 의 중앙을 지나가는 수평선으로부터의 각도 ω_{ij} 로 시뮬레이트 된다. i 에서 j 로의 방향성 경로는 셀 i 의 중앙으로부터 셀 j 의 중앙으로의 직접 경로로 정의한다.



(그림 4) 방향성 확률 계산을 위한 파라미터

방향성 경로를 기반으로 하여 주어진 셀 i 로부터 셀 j 로의 방향성, D_{ij} 는 식(6)으로 나타낼 수 있다.

$$D_{ij} = \frac{\beta\theta_{ij} + (1-\beta)(\theta_{i-1} + \theta_{i+1})/2}{\beta\phi_{ij} + (1-\beta)(\phi_{i-1} + \phi_{i+1})/2} \dots\dots\dots (6)$$

여기서 ϕ_{ij} 는 예측방향으로의 직선 경로와 i 에서 j 로의 방향성 경로간의 편차각을 나타내는 정수이다. 반면에 θ_{ij} 는 m 에서 i 까지의 방향성 경로와 i 에서 j 로의 방향성 경로간의 각도를 나타낸다. $\beta(0 < \beta < 1)$ 는 이동 방향에 대한 가중치를 나타낸다. 방향성 D_{ij} 를 기초로, 현재 셀 i 의 이동 호스트가 셀 j 로 이동할 방향성 확률 $P_{i \rightarrow j}$ 는 식(7)로 계산할 수 있다.

$$P_{i \rightarrow j} = \frac{D_{ij}}{\sum_k D_{ik}} \dots\dots\dots (7)$$

2) 셀 잠재 시간

이동 호스트가 셀에 있을 평균 잠재 시간(T_h)은 이동 호스트의 평균 셀 횡단 거리를 이동 호스트의 속도로 나눔으로써 쉽게 구할 수 있다.

$$T_h = \frac{2R/\pi}{v} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{R}{v} \dots\dots\dots (8)$$

따라서 이동 호스트는 평균 T_h 시간 동안 그 셀에 거주한다.

3) 확률적 QoS 보장

본 논문에서는 무단절 통신을 위한 단절 자유 서비스에 대한 두 가지 QoS: 완전 보장, 확률적 보장을 제공한다.

완전 보장이란 핸드오프 동안에 서비스 단절을 전혀 허용하지 않는 것이고, 확률적 보장이란 핸드오프 동안에 서비스 단

절 자유를 확률적으로 보장하는 것이다. t_s 를 데이터를 멀티캐스트 하기 전에 안전하게 도입할 수 있는 지연 시간, t_m 를 i -번째 핸드오프 이전에 멀티캐스트 방식에서 보낸 시간, 그리고 NC_{m_i} 를 i -번째 핸드오프 이전에 데이터를 멀티캐스트하는 이웃 셀들의 집합이라 하자.

이동 호스트가 멀티캐스트를 시작하기 전에 핸드오프를 시작하거나 핸드오프한 셀 C_{i+1} 이 NC_{m_i} 에 존재하지 않을 때 서비스 단절이 일어난다. 따라서 i -번째 핸드오프에서의 서비스 단절 확률은 식(9)와 같다.

$$P_{d_i} = \Pr[t_s > t_m, \text{ or } C_{i+1} \notin NC_{m_i}] \dots\dots\dots (9)$$

연결 시간 길이 T_c 동안에 발생하는 핸드오프 회수를 N_h 라고 하면, 핸드오프 동안의 평균 서비스 단절 확률은 식(10)과 같다.

$$P_d = \frac{1}{N_h} \sum_{i=1}^{N_h} P_{d_i} \dots\dots\dots (10)$$

그러므로 완전 보장은 $P_d=0$ 이고, 확률적 보장은 $P_d>0$ 이다.

본 논문에서 제안하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법에서는 이동 사용자가 이동 지원국간에 호를 설립할 때 QoS 매개변수로 서비스 단절 자유 확률(P_{df})를 설정한다. 여기서 $P_{df}=1-P_d$ 이다. 따라서 셀에서 멀티캐스트 시간과 지연 시간은 식(11), 식(12)와 같다.

$$T_m = p_{df} \times T_h \dots\dots\dots (11)$$

$$T_s = T_h - T_m \dots\dots\dots (12)$$

그리고 현재 셀에서 데이터를 멀티캐스트 할 이웃 셀들은 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 $P_{i \rightarrow j}$ ($j=1, \dots, 6$)를 내림차순으로 정렬하고 $\sum_{j=1}^k P_{i \rightarrow j} \geq P_{df}$ 일 때까지 셀 k 를 NC_{m_i} 에 추가한다. 따라서 확장된 지연 멀티캐스트에서는 이동 호스트가 그 셀에 진입한 후 T_s 지연 후에 NC_{m_i} 내의 l 이웃 셀들에게만 데이터를 멀티캐스트한다. 완전 보장인 경우에 확장된 지연 멀티캐스트 방법은 기존의 멀티캐스트 방법과 같다. 그러나 확률적 보장인 경우에 멀티캐스트 방법은 지연 멀티캐스트 방법에 비해 대역폭을 많이 절약 할 수 있다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 시뮬레이션 환경은 표1과 같다. 그리고 각 멀티캐스트 방법의 성능은 식 (13)의 멀티캐스트 오버헤드로 평가한다.

$$Overhead = \frac{T_{m_i}}{T_h} \times \frac{NC_{m_i}}{NC_i} \times 100 \dots\dots (13)$$

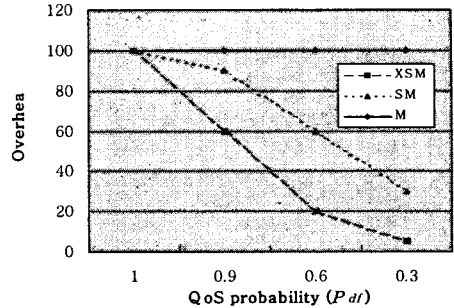
여기서 NC_i 는 i 셀의 이웃 노드의 개수를 나타낸다. 즉, 육각 셀 모델을 기반으로 하는 이동 네트워크에서 NC_i 는 6이다.

<표 1> 시뮬레이션 환경

파라미터	값
이동 호스트의 이동 방향(θ)	$N(\pi, (\pi/3)^2)$
이동 호스트의 이동 속도(v)	250 m/분
셀 직경(R)	100 m
α, β	1/2, 1/2

표 1과 같은 시뮬레이션 환경에서 이동 호스트의 셀 잠재 시간(T_h)은 식(8)에서 약 15.3초이고, 각 이동 호스트가 이웃 셀로 핸드오프 할 확률은 식(6)과 식(7)을 통해 구하였다. 그림 5는 QoS 확률에 따른 각 멀티캐스트 방법의 오버헤드를 보여주고 있다. 본 논문에서 제안하는 확장된 지연 멀티캐

스트 방법(XSM, eXtended Staggered Multicast)이 완전 보장일 경우는 기존의 멀티캐스트 방법(M, Multicast)과 지연 멀티캐스트 방법(SM, Staggered Multicast)과 성능이 같으나 확률적 보장인 경우에 M, SM 보다 성능이 우수함을 알 수 있다.



(그림 5) QoS 확률에 따른 멀티캐스트 오버헤드

5. 결론

본 논문에서는 연결-지향 서비스를 제공받고 있는 이동 사용자가 핸드오프 할 지라도 단절 자유 서비스를 제공하는 무단절 통신을 위한 확장된 지연 멀티캐스트 방법을 제안하였다. 확장된 지연 멀티캐스트에서는 이동 호스트의 이동 방향과 이동 속도를 예측하고, 그 정보를 기반으로 이동 호스트의 셀 잠재 시간, 셀 지연 시간, 셀 멀티캐스트 시간, 그리고 각 이웃 셀들로의 핸드오프 확률을 구한다. 그리고 이동 호스트는 이동 사용자의 요구된 QoS에 따라 셀 지연 시간 후에 핸드오프 가능 이웃 셀에게만 데이터를 멀티캐스트한다. 그리고 성능 평가 결과 확장된 지연 멀티캐스트 방법이 기존의 다른 멀티캐스트 방법들 보다 성능이 우수하고, 확률적 QoS 보장이 가능하고, 아울러 멀티캐스트로 인한 메시지 부하가 크게 감소되어 네트워크 대역폭이 크게 절약됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] R. Ghai and S. Singh, "An Architecture and Communication Protocol for Picocellular Networks," IEEE Personal Communications Magazine, pp. 36~46, Vol. 1(3), 1994.
- [2] S. Singh, "Quality of Service Guarantees in Mobile Computing," Dept. of Computer Science, University of South Carolina, TR #95-046, April 1995.
- [3] B. S. Bakshi, P. Krishna, N. H. Vaidya and D. K. Pradha, "Providing Seamless Communication in Mobile Wireless Networks," Dept. of Computer Science, Texas A&M University, TR #95-046, April 1995.
- [4] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "MRSVP : A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Host," Dept. of Computer Science, Rutgers University, TR-337, 1998.
- [5] D. Y. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-35, No. 3, pp. 71~91, 1986.
- [6] T. Liu, P. Bah and I. Chlamtac, "A Hierarchical Position-Prediction Algorithm for Efficient Management of Resources in Cellular Networks," Globecom 97, Vol. 2, pp. 982~986, 1997.
- [7] A. Acharya and R. Badrinath, "Delivering multicast messages in networks with mobile host," 13th Int. Conf. on Distributed Computing Systems, pp. 292~299, May 1993.
- [8] AbdulRahman Aljadhaj and Taieb F. Znati, "A Framework for Call Admission Control and QoS Support in Wireless Environments" IEEE INFOCOM'99 Proceedings Volume 3 pp, 1019~1026