이동 네트워크를 위한 퍼지 무단절 통신 방법

김윤정°, 배인한
대구효성가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부
{g7721101,ihbae}@cuth.cataegu.ac.kr

A Fuzzy Seamless Communication Method for Mobile Networks

Yoon-Jeong Kim, Ihn-Han Bae
School of Computer and Information Communication Eng., Catholic University of Taegu-Hyosung

요 약

유무선 고속 네트워크 기술을 통합한 새로운 컴퓨팅 환경을 이동 컴퓨팅이라 한다. 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 언어 QoS 보장을 제공하는 퍼지 무단절 통신 방법을 제안한다. 이 방법에서는 이동 호스트의 이동 방향을 예측하고, 퍼지 소속 함수를 사용해서 모든 이웃 셀이 아닌 제한된 이웃 셀에게 지연 멀티캐스트를 수행한다. 제안하는 퍼지 무단절 통신 방법을 통해 언어 QoS 보장이 가능할 뿐만 아니라 정적 네트워크 대역폭을 많이 절약할 수 있음을 보인다.

1. 서 론

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. 사용자들은 모두 이동성이 있으므로, 다수의 사용자들이 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 네트워크의 핵심 문제를 다룬다. 그것은 이동 사용자에게 단절 자유 서비스를 제공하는 것이다. 단절 자유 서비스를 제공하는 것은 단순한 연결 지향 서비스 보다 더 강한 요구로서 네트워크 상에서 데이터 패킷의 지연이 마감 시간 보다 작음을 보장하는 것이다. 마감 시간은 사용자에 의해 요구되는 서비스 품질에 의해 결정되어진다.

본 논문에서는 단절 자유 서비스를 언어 QoS(linguistic QoS)로 요청할 수 있는 퍼지 무단절 통신 방법을 제안한다. 이 방법에서는 이동 호스트의 이동 속도와 이동 방향을 이용하여 이동 호스트의 셀 잠재 시간과 이동 호스트가 핸드오프할 이웃 셀을 예측한다. 그리고 퍼지 소속 함수를 사용하여, 언어 QoS에 따른 멀티캐스트 그룹에 속하는 이웃 셀들에게만 지연 멀티캐스트를 수행한다. 퍼지 무단절 통신 방법을 통하여 사용자가 요구하는 퍼지한 언어 QoS를 보장할 뿐만 아니라 정적 네트워크의 대역폭을 많이 절약할 수 있음을 보인다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 무단절 통신에 대한 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 언어 QoS 보장을 위해 퍼지 논리를 사용하는 퍼지 무단절 통신 방법을 제안하고, 4장에서 제안하는 퍼지 무단절 통신 방법의 성능을 평가하고, 그리고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 무단절 통신

단절 자유 서비스를 보장하는 무단절 통신에 대한 관련 연구들을 살펴보면 다음과 같다. Singh[1]는 이동 호스트를 위한 데이터 패킷을 이웃 셀들의 이동 지원국으로 멀티캐스트 한다. 이 방법은 네트워크에서 사용자 수가 증가할수록 멀티캐스트 연결에 의해 소모되는 네트워크 대역폭이 기하급수적으로 높아지므로 효과적이지 못하다. 그리고 Singh의 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 mulicast)를 제안하였다. 이러한 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 모든 이웃 셀에 멀티캐스트 함으로써 대역폭 낭비가 심한 단점을 가진다. AbdulRahman et al.[5]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. 퍼지 무단절 통신 방법

본 논문에서는 이동 환경에서 다양한 단절 자유

서비스를 제공하기 위한 퍼지 무단절 통신 방법을 제안한다.

3.1 이동 방향

본 논문에서는 단절 자유 서비스를 제공하기 위하여 미리 데이터 패킷을 멀티캐스트 할 셀을 예측하는데 퍼지 논리를 사용한다. 퍼지 논리는 퍼지니스(fuzziness)라는 언어의 애매함이나 개념 정의가 불분명(ill-defined)한 것을 다루는 것으로서 본 논문에서는 사용자들이 명확한 수치가 아닌 퍼지한 언어(linguistic language)로서 무단절 정도를 명세할 수 있도록 해 준다. 또한 예측 이동 각도에 대한 각 셀의 소속도가 퍼지 소속 함수에 의해 계산됨으로써 멀티캐스트 할 셀들을 간단히 결정할 수 있다. 현재 셀의 이동 호스트가 이웃 셀로 이동한 방향인 예측 이동 각도는 식 (1)에 의해서 구할 수 있다[6].

$$F_{t+1} = \alpha_t Y_t + (1-\alpha)F_t$$

$$\alpha_t = \left|\frac{A_t}{M_t}\right|$$

$$A_t = \beta E_t + (1-\beta)A_{t-1} \quad \text{.....(1)}$$

$$M_t = \beta\left|E_t\right| + (1-\beta)M_{t-1}$$

$$E_t = Y_t - F_t$$

위의 식(1)에서 F는 예측 이동 각도, Y는 실제 발생한 이동 각도, 그리고 α와 β는 0과 1사이의 파라미터 값이다. α_t는 t 시점의 history factor로서 예측 에러 값에 따라 수정되므로 데이터 발생 형태 변화에 적응하게 되어 더 정확한 예측을 할 수 있다. 이동 호스트의 이동 방향을 예측한 다음 각 셀로의 이동 확률을 정규 확률 변수로 표준화 한다. 이 때 확률 변수 X는 $N(m,\sigma^2)$의 정규 확률 분포를 따른다. 여기서 m은 평균 이동 방향, σ는 이동 방향에 대한 편차를 나타낸다. 정규 확률 분포의 표준화는 식 (2)와 같다.

$$Z = \frac{X-m}{\sigma} \quad \text{.....(2)}$$

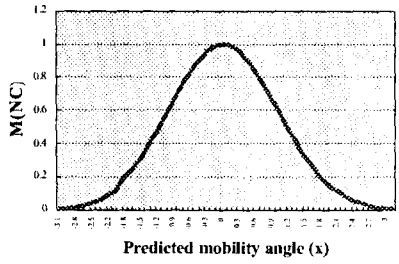
여기서 m은 식(1)에서 구해진 F_{t+1}이다.

3.2 퍼지 소속 함수

정규 확률 분포로 표준화 된 값 Z는 수식(3)의 퍼지 소속 함수에 의해 0과 1사이의 소속도를 갖는다(그림 1 참조). 이 때 예측 이동 각도 0는 가장 높은 소속도 1을 가지게 되고 $-\pi$ 에서 π 의 나머지 각도는 0에서 1사이의 값을 가지게 된다. 여기서 x는 식 (2)에 의해서 표준화 된 이웃 셀의 중심각(Z)이다.

$$\mu(x) = e^{-\frac{x^2}{2}} \quad \text{.....(3)}$$

각 셀의 이동 방향의 표준화 된 값은 0에서 1사이의 퍼지 집합으로 정규화 된다. 정규화 된 값들은 5개의 구역으로 나누어지고 이것은 각각 VL(Very Low), L(Low), M(Medium), H(High), VH(Very High)의 기본 퍼지 집합으로 나타낼 수 있다. 예측 이동 각도에 따른 이웃 셀의 퍼지 집합은 표 1과 같다. VH는 예측 이동 각도에 대한 소속도가 가장 높은(0.85~1.00) 셀들이 속하게 되는 집합으로 예측 이동 방향에 위치하는 셀과 바로 그 이웃의 셀 등이 속하게 된다.



(그림 1) 예측 이동 각도의 소속도

<표 1> 정규화 된 예측 이동 각도의 퍼지 집합

소속 함수	정규화 된 전체집합	정규화 된 값의 구역들	기본 퍼지집합
μ (x)	[0.00~1.00]	[0.00~0.24]	VL
		[0.25~0.39]	L
		[0.40~0.69]	M
		[0.70~0.84]	H
		[0.85~1.00]	VH

3.3 퍼지 제어 규칙

사용자가 요청하는 언어 QoS를 입력받아 데이터 패킷을 멀티캐스트 할 이웃 셀을 결정하는 규칙은 표 2와 같다 사용자가 입력하는 QoS는 5단계: VS, S, M, W, VW로 구분되고 QoS의 무단절 정도가 강할수록 멀티캐스트 하는 이웃 셀의 개수는 많아진다. 명세된 QoS에 따라 이웃 셀을 멀티캐스트 그룹에 넣을 것인가를 결정하기 위해, 각 셀이 어떤 기본 퍼지 집합에 속하는가를 결정해야 한다. 예를 들어, QoS가 S인 경우 VH, H, M, 그리고 L 기본 퍼지 집합에 속하는 이웃 셀을 멀티캐스트 그룹의 멤버로 둔다.

<표 2> 멀티캐스트 셀 결정 규칙

NC / Seamless	VH	H	M	L	VL
VS	GM	GM	GM	GM	GM
S	GM	GM	GM	GM	NGM
M	GM	GM	GM	NGM	NGM
W	GM	GM	NGM	NGM	NGM
VW	GM	NGM	NGM	NGM	NGM

(입력 변수)
Seamless (Linguistic Variable):
VS - Very Strong
S - Strong
M - Medium
W - Weak
VW - Very Weak
NC: Neighboring Cell

(출력변수)
GM: Group Member for multicast messages
NGM: Non Group Member for multicast messages

4. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안하는 퍼지 무단절 통신 방법을 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 시뮬레이션 환경은 표 3과 같다. 그리고 각 멀티캐스트 방법의 성능은 식 (4)의 멀티캐스트 오버헤드로 평가한다.

$$Overhead = \frac{T_{m_i}}{T_h} \times \frac{NC_{m_i}}{NC} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots (4)$$

여기서 T_h는 이동 호스트가 셀이 있을 평균 잠재 시간으로서 이동 호스트의 평균 셀 횡단 거리를 이동 호스트의 속도로 나눔으로써 구할 수 있다(식5). T_{m_i}는 i-번째 핸드오프 이전에 멀티캐스트 방식에서 보낸 시간으로서 요구되는 QoS의 무단절 확률(p_{dff})이 클수록 멀티캐스트 방식에 보내는 시간은 많아진다(식6). NC_{m_i}는 i-번째 핸드오프 이전에 데이터 패킷을 멀티캐스트 하는 이웃 셀의 개수를 나타낸다. 그리고 NC는 각 셀의 이웃 노드의 개수를 나타낸다. 즉, 육각셀 모델을 기반으로 하는 이동 네트워크에서 NC는 6이다. 식 5에서 R은 셀의 직경이고 v는 이동 호스트의 속도를 나타낸다[7].

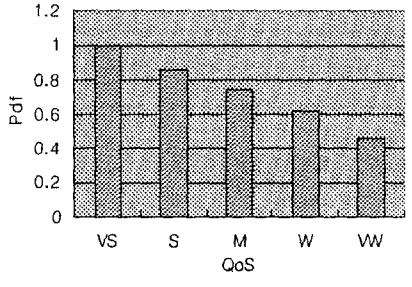
$$T_h = \frac{2R/\pi}{v} = \frac{2}{\pi} \bullet \frac{R}{v} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

$$T_{m_i} = p_{df} \times T_h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

<표 3> 시뮬레이션 환경

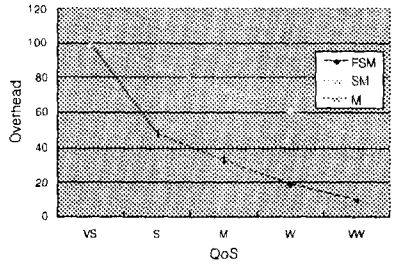
파라미터	값
이동 호스트의 이동 방향(Θ)	$N(\pi, (\pi/3)^2)$
이동 호스트의 이동 속도(v)	250 m/분
셀 직경(R)	100 m
β	0.2

표 3과 같은 시뮬레이션 환경에서 이동 호스트의 셀 잠재 시간(T_h)은 식(5)에서 약 15.3초이다. 실험 데이터는 초기에 발생한 50번의 핸드오프를 제외한 51번째부터 100번째까지의 핸드 오프를 사용하였다.



(그림 2) QoS에 따른 무단절 서비스 확률

그림 2는 퍼지한 언어 QoS에 대응하는 무단절 서비스 확률값을 보여준다. 무단절 서비스에 대해 요구되는 언어 QoS가 강할수록 그 확률값도 높아지고, M의 경우 70%이상, 가장 낮은 QoS인 VW의 경우도 45% 이상의 무단절 확률을 보장함을 알 수 있다. 그림 3은 QoS 확률에 따른 각 멀티캐스트 방법의 오버헤드를 보여주고 있다. 본 논문에서 제안하는 퍼지 지연 멀티캐스트 방법(FSM, Fuzzy Staggered Multicast)이 완전 보장인 VS인 경우는 기존의 멀티캐스트 방법(M, Multicast)과 지연 멀티캐스트 방법(SM, Staggered Multicast)과 성능이 같으나 언어 QoS 보장인 경우에 M, SM 보다 훨씬 더 낮은 오버헤드를 가짐을 알 수 있다.



(그림 3) QoS에 따른 멀티캐스트 오버헤드

5. 결 론

본 논문에서는 연결-지향 서비스를 제공받고 있는 이동 사용자가 핸드오프 할 지라도 단절 자유 서비스를 제공하는 퍼지 무단절 통신 방법을 제안하였다. 퍼지 무단절 통신 방법은 이동 호스트의 이동 방향과 이동 속도를 예측하고, 그 정보를 기반으로 이동 호스트의 셀 잠재 시간, 셀 멀티캐스트 시간을 구한다. 그리고 퍼지 논리를 사용하여 이웃 셀들을 기본 퍼지집합으로 사상함으로써 사용자의 퍼지한 언어 QoS에 따라 간단히 멀티캐스트 할 이웃 셀을 결정하였다. 성능 평가 결과 퍼지 무단절 통신 방법은 사용자 요구에 따른 언어 QoS 보장이 가능하고, 아울러 멀티캐스트로 인한 메시지 부하가 크게 감소되어 네트워크 대역폭이 많이 절약됨을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] R. Ghai and S.Singh, "An Architecture and Communication Protocol for Picocelluar 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] 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.
[5] AbdulRahman Aljadhai 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, 1996.
[6] S. Makridakis, Steven C. Wheelwright, and Rob J. Hyndman, "FORECASTING Methods and Applications," Third Edition, John Wiley & Sons. Inc., 1998.
[7] 김윤정, 이정숙, 배인한, "이동 네트워크를 위한 효율적인 무단절 통신 방법," 한국정보과학회 '99 가을학술발표논문집, 제26권 2호 pp.652~654, 1999.