모바일 셀룰라 네트워크에서 자원 예약을 위한 효율적인 예약 시점 결정

탁광옥°, 김성민, 김현희, 박시용, 정기동
부산대학교 컴퓨터 공학과
e-mail:kotak@melon.cs.pusan.ac.kr

A Efficient Reservation Timing Decision for Resource Reservation on the Mobile Cellular Networks

Kwang-Ok Tak°, Seung-Min Kim, Hyun-hee Kim, Si-Yong Park, Ki-Dong Chung
Dept of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 모바일 컴퓨팅 환경에서 자원 예약 때문에 발생하는 자원의 비효율적 사용을 개선시키기 위해서 자원 예약에 필요한 시점을 결정하는 알고리즘을 제안한다. 모바일 컴퓨팅 환경에서의 자원 예약은 향후 셀로 진입할 핸드오프 콜을 위해서 자원을 미리 할당하기 때문에 실제로 사용하지를 않는 자원을 사용하는 것으로 간주한다. 이러한 문제점은 모바일 컴퓨팅 환경에서 자원 효율성을 크게 저하시킨다. 본 논문에서는 인터넷상에서 트래픽을 효율적으로 관리하기 위해서 사용된 혼잡 제어 방법과 유사한 방법을 사용하여 핸드오프 콜의 자원 예약 시점을 결정한다. 그리고 본 논문에서 제안하는 자원 예약 결정 알고리즘은 [2]에서 제안한 이동성 모델을 기반으로 하여 셀 내부 이동 횟수를 기반으로 자원 예약을 결정할 시점을 정한다.

1. 서론

모바일 네트워크에서 자원 예약은 핸드오프 콜의 연속적인 서비스를 위해서 아주 중요한 역할을 한다. 모바일 네트워크에서 모바일 노드들의 이동성으로 인하여 빈번한 핸드오프가 발생한다. 게다가 핸드오프의 빈번한 발생은 모바일 네트워크를 구성하고 있는 각 셀들의 자원 상황을 빠르게 변화시키고 이러한 자원 상황의 빠른 변화는 핸드오프 콜들의 연속적인 서비스를 더욱 어렵게 만든다.

현재 모바일 네트워크는 작은 서비스 지역을 포함하고 있는 셀들을 기반으로 하는 셀룰라 환경으로 구성되어 있다. 특히 차세대 모바일 네트워크에서는 중요한 자원인 전파를 효율적으로 사용하기 위해서 좀 더 작은 크기의 셀(마이크로 셀 또는 피코 셀)로 구성 될 것이고 따라서 셀의 수는 증가할 것이다. 다수의 마이크로 셀 또는 피코 셀로 구성된 셀룰라 기반의 모바일 네트워크에서는 셀의 크기가 작기 때문에 더 빈번한 핸드오프를 발생시키기 때문에 모바일 서비스의 어려움은 더욱 커지고 서비스의 QoS를 하락 시킬 것이다[1].

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 많은 자원 예약 기법들이 제안되었다. 대부분의 자원 예약 기법들은 가까운 미래에 이동할 가능성이 있는 주변의 이웃 셀들에게 미리 필요한 자원들을 전체 혹은 부분적으로 예약하는 것이다[2]. 그러나 대부분의 자원 예약 기법은 모바일 네트워크의 자원 이용율을 현저하게 떨어뜨린다. 모바일 네트워크에서의 자원 예약은 현재 자원을 할당받고 있는 상태의 모바일 노드들이 향후에 주변의 이웃셀들로 진입할 경우 그 서비스의 단절을 방지하고 QoS를 계속 유지시켜주기 위해서 사용된다. 이것은 즉 현재 셀내에서 사용할 수 있는 자원을 미래의 셀들 때문에 사용하지 못하는 것이다. 게다가 대부분의 자원 예약 기법에서는 모바일 노드가 어떤 셀에서 자원을 할당받는 즉시 이웃셀들

에게 자원 예약을 요청하기 때문에 모바일 노드가 한 셀에 오래 머물면 머물수록 자원의 낭비가 심해진다[3,4]. 그러나 [8]에서는 보호 채널 기법을 사용하여 모든 자원을 자원 예약을 위해서 사용하는 것이 아니라 자원의 일정 부분만 자원 예약을 위해서 사용하고 나머지 부분은 신규 서비스 요청 모바일 노드와 자원 예약 요청 모바일 노드를 모두 수용하였다. 그러나 이것은 자원 예약을 위해서 보호된 채널이 늘어나면 자원의 이용율이 더 많이 떨어지게 된다.

[5,6,7]에서는 기존의 연구와는 다른 방법으로 자원 예약을 실시하였다. 모바일 노드가 자원을 할당 받는 즉시 자원을 예약하는 것이 아니라 셀 내부에서 어느 정도의 시간이 경과하거나 혹은 핸드오프가 발생했던 경계지역으로 이동하는 경우에 자원 예약을 실시하였다. [6]에서는 핸드오프가 발생했던 과거의 경계지역으로 서비스 중인 모바일 노드가 이동하면 자원 예약을 실시하였다. 그러나 경계 지역을 표현하기 위해서는 하나의 셀을 여러 개의 작은 각으로 분리하는 복잡성과 기지국과의 지속적인 메시지 교환으로 인하여 또 다른 자원의 낭비를 초래한다. [5, 7]에서는 일정 시간이 경과하면 자원 예약을 결정하는 데 이것은 다양한 사용자 분포, 즉 셀 내에서의 머무는 시간의 분포가 다양한 경우에는 효율적이지 못하다.

본 논문에서는 [2]에서 제안한 셀 내부 영역 기반의 이동성 예측 모델에서 제공하는 셀 내부 영역 이동 횟수에 기반 하여 자원 예약을 실시할 시점을 결정한다.

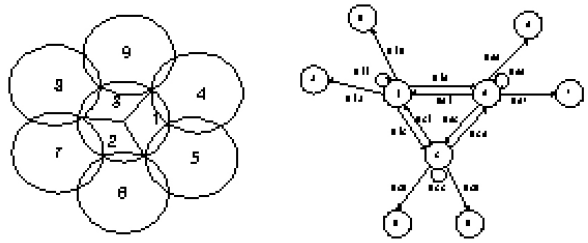
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 배경이 되는 [2]에서 제안한 셀 내부 영역 기반의 이동성 예측 모델에 대해서 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 동적 자원 예약 결정 알고리즘을 제안한다. 그리고 4장에서는 실험 결과를 소개하고, 5장에서 결론 및 향후 연구 과제를 언급 한다.

2. 셀 내부 영역 기반의 이동성 예측 모델

[2]에서 제안된 셀 내부 영역 기반 이동성 예측 모델은 섹터 안테나와 비콘 메시지의 강도를 이용하여 셀 내부영역을 규정하고 이러한 내부 영역을 가약 마코프 체인을 이용하여 모델링하였다. 그림 1는 셀 내부 영역 기반 이동성 예측 모델의 구조와 상태 전이도를 보여준다.

그림 1의 (a)에서는 핸드오프가 발생할 확률은 $\Pr(X_T = k \mid X_0 = j)$이다. k는 이웃 셀들의 집합이며 $k=\{4,5,6,7,8,9\}$이다. j는 셀 내부 영역의 집합으로 $j=\{1,2,3\}$이다. 영역 1에 있는 모바일 호스트들은 다음 상태에서 영역 2나 영역 3으로 이동하거나 이웃 셀 4 혹은 5로 핸드오프를 발생시킬 수 있다.

그림 1의 (b)는 이러한 구조의 상태 전이도를 보여준다. 각각의 상태는 모바일 호스트가 해당되는 지역에 머물러 있는 것을 나타낸다. 상태 1, 2, 3은 모바일 호스트가 어떤 한 셀의 내부 영역에 머물러 있는 것을 의미하고 일시 상태이다. 그리고 4, 5, 6, 7, 8, 9는 핸드오프가 발생하여 이웃 셀로 이동하여 머무는 것을 의미하며 흡수 상태이다.



(a) (b)

그림 1. 이동성 예측 모델의 구조 및 상태도

[2]에서는 그림 1의 구조를 이용하여 셀 내부 존재 시간과 핸드오프 확률을 예측하였다. 셀 내부 존재 시간은 어떤 모바일 노드가 한 셀에 들어와서 핸드오프가 발생할 때까지 이동한 내부 영역의 평균 횟수이다. 식 (1)로 표현 된다.

$$\begin{pmatrix} \frac{\Gamma_{22}\Gamma_{33} - P_{23}P_{32}}{\Delta P} & \frac{P_{12}\Gamma_{33} + P_{13}P_{32}}{\Delta P} & \frac{P_{12}P_{23} + P_{13}\Gamma_{32}}{\Delta P} \\ \frac{P_{21}\Gamma_{33} + P_{23}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}\Gamma_{33} - P_{13}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}P_{23} + P_{13}P_{21}}{\Delta P} \\ \frac{P_{21}P_{32} + \Gamma_{22}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}P_{32} + P_{12}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}\Gamma_{22} - P_{12}P_{21}}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (1)$$

(1)에서 2행 1열의 값은 모바일 호스트가 셀 내부 영역 2로 들어와서 내부 영역 1을 거쳐서 이웃 셀 4나 5로 이동 할 때까지 셀 내부 영역 1을 거치는 총 횟수에 대한 추정치이다. 그러므로 핸드오프가 될 때까지의 평균 이동 횟수는 식 (1)의 각 행을 더하여 구할 수 있다.

식 (2)는 주변 이웃 셀로 이동할 핸드오프 확률을 나타낸다. 식 (2)에서 1행의 값들은 어떤 모바일 노드가 셀 내부 영역 1로 들어와서 이웃 셀 4부터 9까지 이동할 확률이다. 2행과 3행의 값은 모바일 노드가 셀 내부 영역 2와 3으로 들어 와서 각각의 이웃 셀들로 이동할 확률들이다[2].

$$\begin{pmatrix} \frac{P_{14}(\Gamma_{22}\Gamma_{33}-P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{15}(\Gamma_{22}\Gamma_{33}-P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(P_{12}\Gamma_{33}+P_{13}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(P_{12}\Gamma_{33}+P_{13}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(P_{12}P_{23}+P_{13}\Gamma_{22})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(P_{12}P_{23}+P_{13}\Gamma_{22})}{\Delta P} \\ \frac{P_{14}(P_{21}\Gamma_{33}+P_{23}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{15}(P_{21}\Gamma_{33}+P_{23}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(\Gamma_{11}\Gamma_{33}-P_{13}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(\Gamma_{11}\Gamma_{33}-P_{13}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(\Gamma_{11}P_{23}+P_{13}P_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(\Gamma_{11}P_{23}+P_{13}P_{21})}{\Delta P} \\ \frac{P_{14}(P_{21}P_{32}+\Gamma_{22}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{15}(P_{21}P_{32}+\Gamma_{22}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{26}(\Gamma_{11}P_{32}+P_{12}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{27}(\Gamma_{11}P_{32}+P_{12}P_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{38}(\Gamma_{11}\Gamma_{22}-P_{12}P_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{39}(\Gamma_{11}\Gamma_{22}-P_{12}P_{21})}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (2)$$

3. 동적 자원 예약 결정 알고리즘

자원 예약은 모바일 노드들에게 안정적인 연결을 유지시켜주지만 사용하지 않는 자원의 낭비가 심하다. 그러므로 본 논문에서는 자원의 이용율을 개선시키기 위하여 [2]에서 제안한 이동성 예측 모델에 따른 내부 영역 이동 횟수에 근거하여 자원 예약 시점을 결정한다. 그리고 적응적으로 자원 예약 시점을 조절하기 위해서 인터넷의 혼잡 제어와 비슷한 방법을 이용하여 자원 예약 시점을 결정한다.

본 논문에서 제안하는 동적 자원 예약 결정은 [2]의 이동성 예측 모델에서 예측된 셀 내부 영역 이동 횟수만큼 모바일 노드가 이동하기 전에 어떤 한 시점에서 자원 예약을 실시하는 것이다.

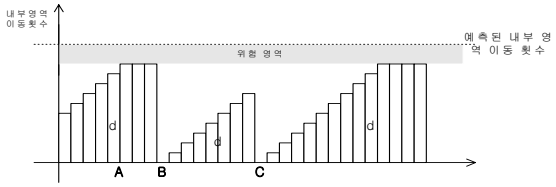


그림 2. 동적 자원 예약 결정

그림 2는 자원 예약 결정 알고리즘을 보여준다. 그림 2에서 x축은 시간이고, y축은 모바일 노드의 셀 내부 영역 이동 횟수를 나타낸다. 그리고 d는 자원 예약을 실시하기 위한 내부 영역 이동 횟수이다. 그리고 그림2의 "예측된 내부 영역 이동 횟수"는 [2]의 이동성 예측 모델에서 추정된 모바일 노드의 셀 내부 영역 이동 횟수이다. 그리고 d는 예측된 내부 영역 이동 횟수에서 위험 영역을 뺀 값보다 항상 작아야 한다. 그림 2의 위험 영역은 자원 예약의 안정성을 위해서 항상 유지하는 상수값이다.

그림 2의 기본적인 개념은 일정 시간 동안 어떤 이웃 셀에서의 핸드오프 예약 실패율이 목표 핸드오프 종료율보다 낮다면 d는 1만큼 증가하고, 만약 그렇지 않다면 d는 0이 된다. 그림 2에서 A는 d의 값이 최대가 되는 시점이고, B는 핸드오프 예약 실패율이 목표 핸드오프 종료율보다 높아져서 0이 되는 시점이다. C는 d가 최대가 되지 않고 핸드오프 예약 실패율이 목표 핸드오프 종료율보다 높아져서 d가 0이 되는 시점이다.

이 동적 자원 예약 결정 알고리즘은 핸드오프 종료율에 따라 적응적으로 자원 예약 결정 시점을 결정할 수 있고, 또한 각 셀들 간의 자원 예약 성공률을 공평하게 조정 할 수 있다. 그렇지만 자원 예약에 실패한 모바일 노드들의 전체 수는 각 셀들 간의 자원 예약 실패율을 공정하게 조정하는 경우가 자원 예약 실패율을 차별화 하는 경우보다 더 커질 수 있다.

표 1. 자원 예약 실패율에 따른 모바일 노드의 수

		A셀(10개 요구)	B셀(100개 요구)
자원 예약 실패율	10%	성공 : 9	성공 : 90
		실패 : 1	실패 : 10
	20%	성공 : 8	성공 : 80
		실패 : 2	실패 : 20
	30%	성공 : 7	성공 : 70
		실패 : 3	실패 : 30

표 1에서 A셀과 B셀은 어느 특정한 동일 셀에게 자원 예약을 요구하는 셀이다. 그리고 일정한 시간동안 A셀은 총 10개의 모바일 노드가 자원 예약을 요구하였고, B셀은 총 100개의 자원 예약을 요구하였다고 가정하자. 표 1을 살펴보면, 자원 예약 실패율이 A셀과 B셀에 동일하게 20%로 공정하게 조정되었다면 자원 예약에 실패한 전체 모바일 노드의 수는 22개이다. 그리고 전체 자원 예약 실패율은 40%이다. 그러나 만약 A셀의 자원 예약 실패율을 30%로 조정하고 B셀의 자원 예약 실패율을 10%로 조정한다면 자원 예약에 실패한 모바일 호스트들의 전체 수는 13개이다. 그리고 전체 자원 예약 실패율은 40%로 앞의 경우와 동일하다. 이와 같이 자원 예약을 요구하는 모바일 노드들의 수에 반비례하게 자원 예약 실패율을 차별화한다면 자원 예약에 실패하는 모바일 호스트들의 전체 수를 줄일 수 있다. 그래서 본 논문에서는 각각의 자원 예약을 요구하는 이웃 셀들에게 차별화 된 목표 핸드오프 종료율을 설정한다.

먼저 h_{target}은 목표 핸드오프 종료율이고, $h_{\max}$는 목표 핸드오프 종료율의 최대값이다. 그리고 $h_{\min}$은 목표 핸드오프 종료율의 최소값이다. 그러므로 h_{target}은 식 (3)을 만족하여야 한다.

$$h_{\min} \le \alpha_i h_{target} \le h_{\max} \quad (3)$$

식 (3)에서 α_i는 각 셀들에 대한 목표 핸드오프 종료율을 차별화하기 위한 이웃 셀 i에 대한 차별화 계수이다. α_i는 모든 이웃 셀들에게 자원 예약을 요

청한 전체 모바일 호스트들 중에서 각각의 주변 이웃 셀들에게 자원 예약을 요청한 모바일 호스트들의 비율이다. n_{resv}는 단위 시간 동안 특정 셀에서 모든 주변 이웃 셀들에게 자원 예약을 요청한 모든 모바일 노드들의 수이다. $n_{resv,i}$는 이웃 셀 i에게 자원 예약을 요청한 모바일 호스트의 수이다. 그러면 α_i는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$\alpha_i = \begin{cases} \dfrac{n_{resv,i}}{n_{resv}} & , etc \\ 1 & , (n_{resv,i} > 0,\ n_{resv} > 0) \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)에서 만약 자원 예약을 요청한 모바일 노드가 하나도 없거나 특정 이웃셀에 대해서 자원 예약을 요청한 모바일 노드가 하나도 없다면 목표 핸드오프 종료율을 그대로 사용한다. 그리고 α_i는 식 (3)을 만족하기 위하여 식 (5)의 제약 조건을 가진다.

$$\alpha_i = \begin{cases} \min(h_{\max}, \alpha_i) & , (h_{\max} > \alpha_i) \\ \max(h_{\min}, \alpha_i) & , (h_{\min} < \alpha_i) \end{cases} \quad (5)$$

4. 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 제안된 동적 자원 예약 결정 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 [2]에서 제안된 이동성 예측 모델을 기반으로 한 셀 19개를 구성하여 실험을 실시하였다. [2]에서 제안된 동적 자원 예약 기법에 동적 자원 예약 결정 알고리즘을 첨가하여 실험을 실시하였다.

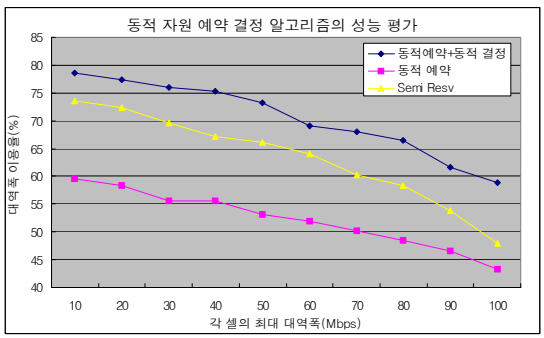


그림 3. 대역폭 이용율 비교

본 실험을 위해서 $h_{\max}$는 40%, $h_{\min}$은 20%로 설정하였다. 그리고 위험 영역은 3으로 고정하였다. 그림 3에서 보이는 것과 같이 동적 결정을 첨가한 기법이 가장 좋은 대역폭 이용율을 보였다. 그림 3에서 Semi Resv는 [5]에서 제안한 Semi-reservation 기법이다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 모바일 네트워크에서 자원 이용율을 높인 동적 자원 예약 결정 기법을 제안하였다. 그 기법은 인터넷의 혼잡제어와 유사한 방법을 사용하여 자원 예약을 결정한 시점을 결정하였다. 실험 결과 다른 기법에 비해 우수한 성능을 나타내었다.

참고문헌

[1] D. Kim, B. W. Lim, and D. G. Jeong, "An efficient paging scheme for overlaid microcell/macro cell systems," in Proc. IEEE ICUPC'96, Cambridge, MA, Sept.-Oct. 1996, pp. 961-964.

[2] 박시용, 정기동, "이동 컴퓨팅 환경에서 동적인 이동성 등급을 이용한 자원 예약 기법", 정보과학회 논문지 : 정보통신 제 31권 제 1호, pp. 112-122, 2004년 2월

[3] Wei Zhuang, Brahim Bensaou, Kee Chaing Chua, "Adaptive Quality of Service Handoff Priority Scheme for Mobile Multimedia Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 49, No. 2, March 2000.

[4] Tao Zhang, et al., "Local Predictive Resource Reservation for Handoff in Multimedia Wireless IP Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 19, No. 10, October 2001.

[5] Geng-sheng Kuo, Po-Chang Ko and Min-Lian Kuo, "A Probabilistic Resource Estimation and Semi-Reservation Scheme for Flow-Orienred Multimedia Wireless Networks," IEEE Communications Magazine, February 2001.

[6] Wee-Seng Soh ad Hyong S. Kim, "Dynamic Guard Bandwidth Scheme for Wireless BroadBand Networks", Proc. IEEE INFOCOM'01, Anchorage, AK, Apr. 2001, pp. 572-581.

[7] S. Choi and K. G. Shin, "Predictive and Adaptive Bandwidth Reservation for Handoffs in QoS-Sensitive Cellular Networks, " Proc. ACM SIGCOMM'98, Vancouver, British Columbia, Canada, Sept. 1998, pp. 155-166.

[8] E. C. Posner and R. Guerin, "Traffic policies in cellular radio that minimize blocking of handoff calls," in Proc. 11th Teletraffic Cong.(ITC 11), Kyoto, Japan, Sept. 1985, pp. 2.4B.2.1-2.4B.2.5.