

무선 통신망에서 효율적인 자원 관리를 위한 가드채널 기반의 동적 채널 예약 기법

이 동 은*, 이 봉 주**, 김 영 선***, 김 영 천*

Dynamic Channel Reservation Scheme based on Guard Channel for Efficient Resource Management in Wireless Communication Network

D.E. Lee*, B.J. Lee**, Y.S. Kim***, Y.C. Kim*

요 약

본 논문에서는 무선 통신망에서 요구되는 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장하면서 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 줄이기 위해 트래픽의 모빌리티 특성을 이용한 동적 채널 예약 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서 무선 채널은 핸드오프 호와 새로운 호의 비율로 정의되는 트래픽의 모빌리티 특성에 따라 동적으로 할당한다. 이를 위하여 전체 채널수, 임계값, 현재 사용중인 채널수, 모빌리티 특성을 고려하여 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 동적으로 결정할 수 있도록 하였다. 또한 본 논문에서는 제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 해석적 분석과 시뮬레이션을 실시하였고 핸드오프 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 연결 설정 실패 확률 및 채널 이용률 관점에서 기존의 가드 채널 기법과 비교하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a dynamic channel reservation scheme to satisfy a desired handoff dropping probability and to reduce the blocking probability of new calls using mobility characteristics in mobile communication networks. The proposed scheme allocates dynamically the wireless channels according to the mobility characteristics of network traffic which is defined as the ratio of the handoff call arrival rate to new call arrival rate. For this scheme, the request probability of channel allocation for the new calls is determined by considering the total available channels in a BS, threshold, the number of channels in use, and mobility characteristics. Also we perform mathematical analysis and simulation to evaluate the performance of proposed scheme, and compare to conventional guard channel scheme in terms of dropping probability, blocking probability, and the utilization efficiency of wireless channels.

I. 서 론

고속·광역 이동통신 서비스를 요구하는 서비스 사용자의 증가로 인하여 미래의 무선 통신망은 제한된 용량의 무선 채널을 보다 효율적으로 이용하기 위해 마이크로/피코셀(micro/pico) 구조로 진

화할 것이다. 이러한 서비스 환경의 소형화와 무선 환경에서의 멀티패스와 섀도우 페이딩으로 인하여 핸드오프는 보다 빈번하게 발생하게 된다. 핸드오프는 단말기가 셀과 셀 사이를 이동할 때 할당된 무선 자원이 변화되더라도 호의 연속성을 보장하여야 하므로 무선 통신 시스템 설계에서 고려하여야 하

* 전북대학교 컴퓨터공학과

** 전북대학교 영상정보공학과(hiner@moak.chonbuk.ac.kr)

*** 한국전자통신연구원, 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

논문번호 : 98035-0121, 접수일자 : 1998년 1월 21일

* 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

는 중요한 특성중의 하나이다. 기지국에서 이용 가능한 모든 채널이 점유되었을 때 핸드오프 호는 강제 종료되며, 이는 사용자에게 호의 설정이 이루어질 때까지 약간의 지연만을 야기시키는 새로운 호의 연결 설정 실패보다 더 큰 불만을 초래하게 된다. 그러므로 서비스 기준의 관점에서 보면 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 가능한 낮추는 것이 매우 바람직하며, 핸드오프 호의 QoS 보장은 새로운 호보다 우선되어야만 한다.^[1,2,3,7,9]

현재까지 무선 통신망에서 새로운 호보다 핸드오프 호에 우선권을 부여함으로써 강제 종료 확률을 줄이기 위한 다양한 연구가 이루어졌다. 가드 채널 기법은 기지국에서 이용 가능한 전체 채널 중에서 특정한 임계값 이후의 채널은 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 줄이기 위하여 핸드오프 호에게만 할당하고, 나머지 채널은 새로운 호와 핸드오프 호가 공유한다. 큐잉 기법은 이용 가능한 모든 채널이 점유되었을 때 핸드오프 호를 강제 종료시키는 대신 빈 채널이 발생할 때까지 큐잉함으로써 강제 종료 확률을 줄인다.^[4,5,6,7,8,9] 그러나 기존 기법은 트래픽의 모빌리티 특성을 고려치 않고 채널을 고정적으로 예약하기 때문에 전체 트래픽에서 핸드오프 호가 차지하는 비율이 작은 경우에 이용 가능한 채널이 있음에도 새로운 호의 연결 설정은 수행되지 못하여 과도한 연결 설정 실패 확률이 발생하고 무선 자원의 이용률은 저조하게 된다. 따라서 핸드오프 호의 요구되는 강제 종료 확률을 보장하면서 트래픽의 모빌리티 특성을 고려하여 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 낮추고 망의 자원의 이용률을 향상시키기 위한 채널 예약 방식의 연구가 필수적으로 요구된다.

이를 위하여 본 논문에서는 고정된 수의 채널을 예약하여 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장하며, 동시에 트래픽의 모빌리티 특성에 따른 새로운 호의 서비스 확률을 도출함으로써 연결 설정 실패 확률을 줄이고 채널의 이용률을 향상시키는 가드 채널 기반의 동적 채널 예약 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서 새로운 호를 위한 서비스 확률은 기지국에서 전체 이용 가능한 채널의 수, 임계값, 현재 이용중인 채널의 수, 핸드오프 호와 새로운 호의 비율로 정의되는 모빌리티 특성에 따라 적응적으로 결정한다. 이를 이용하여 제안한 기법은 가드채널 기법과 달리 임계값을 초과한 경우에도 서비스 확률만큼 새로운 호를 위해 채널을 할당함으로써 새로운 호의 QoS를 보장하면서 망의 이용률을 향상

시킬 수 있도록 하였다. 한편 제안한 채널 예약 기법은 마코프 모델을 이용한 분석 및 시뮬레이션을 수행하였고, 핸드오프 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 연결 설정 실패 확률 및 채널 이용률 관점에서 기존의 기법과 비교하여 성능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 채널 모델에서 제안한 채널 할당 기법을 설명하고, 3장에서는 마코프 모델을 이용한 해석적 분석 및 제안한 기법과 가드 채널 기법의 성능을 비교·분석하고, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 무선 채널 모델

그림 1은 본 논문에서 제안한 동적 채널 예약 기법에 대한 무선 채널 모델을 보여준다. 기지국내에서 이용 가능한 전체 채널수는 C , 핸드오프 호의 도착율은 λ_h , 새로운 호의 도착율은 λ_n , 임계값은 T 라고 정의한다. 제안한 기법은 사용중인 채널의 수가 임계값에 도달할 때까지는 핸드오프 호와 새로운 호가 무선 채널을 공유한다. 그러나 임계값을 초과하는 나머지 채널($C-T$)은 우선적으로 핸드오프 호의 요구를 위해 예약되고, 이와 함께 서비스 확률 발생기에서 동적으로 결정된 채널 할당 요구 확률만큼의 새로운 호를 위해 이용할 수 있다. 기지국에서 현재 이용중인 채널의 수가 임계값을 초과한 상태에서 핸드오프 호가 요구되면 기지국은 예약 채널중에서 이용 가능한 채널이 발견되는 즉시 채널을 할당함으로써 무선 통신망에서 요구하는 강제 종료 확률을 보장하도록 한다. 동일한 망 환경에서 새로운 호가 요구되면 제안한 기법은 가드 채널 기법과는 달리 연결 설정 요구를 즉시 차단시키지 않고 새로운 호의 서비스를 위해 채널 할당 요구 확률 P 만큼 무선 채널을 할당함으로써 새로운 호의 과도한 연결 설정 실패 확률을 낮추는데 기여하고 망 자원의 이용률을 향상시킬 수 있도록 한다.

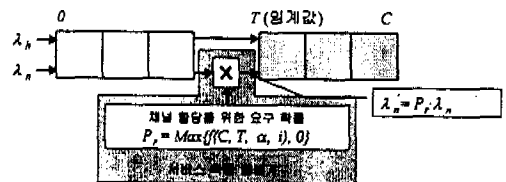


그림 1. 기지국에서의 무선 채널 모델
Fig. 1 Wireless channel model in a basestation

서비스 확률 발생기는 기지국에서 이용 가능한

전체 채널 수 C , 임계값 T , 현재 사용중인 채널 수 i 및 핸드오프 호의 도착율과 새로운 호의 도착율의 비율로 정의되는 트래픽의 모빌리티 특성 $\alpha = \lambda_n / \lambda_n$ 를 고려하여 동적으로 새로운 호의 채널 할당 요구 확률(P_r)을 결정한다. 이로써 임계값을 초과한 경우에 새로운 호의 도착율은 식 (1)과 같이 재정의할 수 있다.

$$\lambda_n' = P_r \cdot \lambda_n \quad (1)$$

그림 2는 기지국내에서 현재 사용중인 채널 수(i)에 따른 핸드오프 호와 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 보여준다. 그림에서 가로축은 현재 사용중인 채널의 수를 나타내고, 세로축은 핸드오프 호와 새로운 호의 채널 할당 요구 확률 P_r 을 나타낸다. 사용중인 채널의 수가 임계값에 도달하기 이전의 영역 A에서는 핸드오프 호의 채널 할당을 위한 요구 확률(일점쇄선)과 새로운 호의 채널 할당 요구 확률(점선)은 모두 1로 정의된다. 따라서 영역 A에서는 핸드오프 호와 새로운 호의 구분에 관계없이 모든 요구를 수용할 수 있고, 채널을 할당하여 서비스를 제공할 수 있다. 사용중인 채널의 수가 임계값을 초과한 영역 B에서는 핸드오프 호의 채널 할당을 위한 요구 확률은 1이므로 영역 B에서의 핸드오프 호의 요구는 모두 수용 가능하다. 반면에 영역 B에서 새로운 호의 채널 할당 요구 확률은 C, T, α , 및 i 등과 같은 파라미터를 기반으로 동적으로 결정하고, 새로운 호의 요구는 계산된 요구 확률만큼 수용가능하다.

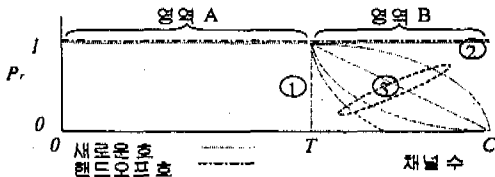


그림 2. 채널 할당을 위한 요구 확률
Fig. 2 Request probability for channel allocation

본 논문에서는 영역 B에서 새로운 호의 채널 할당을 위한 요구 확률을 적응적으로 구하기 위해 다음과 같은 세가지 경우를 고려하였다.

CASE ①: 가드 채널 기법

영역 B에서 새로운 호의 채널 할당을 위한 요구 확률이 0으로 정의된다. 따라서 영역 B의 무선 채널은 핸드오프 호만을 위한 예약 채널로 사용되며,

새로운 호의 연결 설정 요구는 영역 B에 이용 가능한 채널이 있더라도 모두 거부된다. 예약 채널을 핸드오프 호만을 위해 배타적으로 할당하기 때문에 핸드오프 호의 강제 종료 확률은 감소시킬 수 있지만, 새로운 호의 연결 설정 실패 확률은 과도하게 증가되어 채널 이용률이 낮아지게 된다.

CASE ②: 전체 채널 공유 기법

영역 B에서 핸드오프 호와 새로운 호의 구별없이 채널 할당을 위한 요구 확률을 모두 1로 정의한다. 따라서 기지국내의 전체 무선 채널을 핸드오프 호와 새로운 호에게 공유하고, 이용 가능한 채널이 있는 경우라면 핸드오프 호와 새로운 호의 구분에 관계없이 모두 채널을 할당하여 서비스를 제공한다. 따라서 전체적인 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있지만 무선 통신망에서 요구하는 핸드오프 호의 강제 종료 확률은 보장하기 어렵게 된다.

CASE ③: 동적 채널 예약 기법

영역 B에서 새로운 호의 채널 할당을 위한 요구 확률은 CASE ①과 CASE ②의 범위 [0,1] 사이에서 결정된다. 채널 할당 요구 확률은 전체 채널수 (C), 임계값(T), 현재 이용중인 채널의 수(i) 및 핸드오프 호와 새로운 호의 비율(α)에 따라 동적으로 계산되며, 임계값을 초과한 경우에도 새로운 호의 채널 할당 요구 확률만큼 새로운 호를 위한 채널을 할당함으로써 핸드오프 호의 요구되는 QoS를 보장 하면서 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 줄임으로써 제한된 무선 자원을 효율적으로 이용할 수 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 경우를 고려하였다.

가. 핸드오프 호의 도착율이 새로운 호의 도착율보다 큰 경우 ($\alpha > 1$)

이 경우에는 핸드오프 호에게 보다 많은 채널 할당 기회를 제공하도록 영역 B에서 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 줄여야만 한다. 만일 도착되는 모든 호가 핸드오프 호인 경우에는 가드 채널 기법과 같이 핸드오프 호만 채널을 할당받도록 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 0에 가까운 값으로 결정하여야 한다. 즉, α 가 점차 증가함에 따라 새로운 호의 채널 할당 요구 확률은 CASE ①(가드 채널 기법)에 점차 근접되어야만 한다. 이는 보다 많은 무선 채널을 핸드오프 호에 할당함으로써 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장할 수 있도록 한다.

나. 핸드오프 호의 도착율이 새로운 호의 도착율보다 작은 경우 ($\alpha < 1$)

이 경우에는 새로운 호에게 보다 많은 서비스 기회를 제공함으로써 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 줄이고 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있도록 영역 B에서 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 증가시켜야만 한다. 만일 도착되는 모든 호가 새로운 호인 경우에는 가드 채널을 예약하지 않는 전체 채널 공유 기법과 같이 새로운 호가 핸드오프 호와 함께 영역 B를 공유하도록 채널 할당 요구 확률을 1에 가까운 값으로 결정하여야 한다. 즉, α 가 점차 감소함에 따라 채널 할당 요구 확률은 CASE 2(전체 채널 공유 기법)에 점차 근접되어야만 한다.

다. 기지국내에 핸드오프 호의 도착율이 새로운 호의 도착율과 같은 경우($\alpha = 1$)

본 논문에서는 이와같은 경우에 새로운 호의 채널 할당 요구 확률이 임계값 T에서 1로 가장 높고, 현재 이용중인 채널의 수가 점차 증가하여 전체 채널수 C에 근접할수록 선형적으로 감소하여, C에서는 0이 되도록 정의하였다. 즉, 영역 B에서 새로운 호의 채널 할당 요구 확률이 평균적으로 1/2이 되도록 정의하였다. 이에 따라 영역 B에서 요구된 새로운 호의 절반 정도는 채널을 할당받아 서비스를 수행할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 이러한 고려사항을 기반으로 새로운 호에 대한 채널 할당 요구 확률을 동적으로 결정하기 위한 식을 발견적(heuristic) 방법을 통하여 다음과 같이 C, T, α , i의 함수로 정의하였다.

$$f(C, T, \alpha, i) = \alpha \left[\frac{C-i}{C-T} \right] + (1-\alpha) \left[\cos \frac{2\pi(i-T)}{4(C-T)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

식 (2)에서 α 가 1인 경우는 왼쪽 항만에 의해서 요구 확률을 구할 수 있고, 이때 왼쪽 항은 그림 3의 $\alpha=1$ 인 경우에서 보는 바와 같이 영역 B에서 1/C-T의 기울기를 갖고 선형적으로 감소되는 직선 식을 의미한다.

식 (2)에서 α 가 1이 아닌 경우에는 왼쪽항과 오른쪽 항에 의해 요구 확률이 결정된다. 이때 오른쪽 항은 주기가 4(C-T)인 cos함수에서 제1사분면(영역 B)에 해당되는 영역에서의 cos 함수의 값을 의미한다. 이때 지수항 1/2은 위에서 언급한 동적 채널 예

약 기법의 고려사항에 따라 동작되도록 경험적으로 획득한 최적의 값이다.

$\alpha < 1$ 인 경우에는 양수값을 갖는 두 개의 항이 더해져서 요구 확률이 구해지고, 그림 3에서 $\alpha < 1$ 인 경우에서 보는 바와 같이 보다 완만하게 감소되어 새로운 호의 채널 할당 요구 확률은 높아지게 된다. 이로 인하여 핸드오프 호의 도착율이 작은 트래픽 환경에서 새로운 호에게 보다 많은 서비스 기회를 제공하므로써 망 자원을 보다 효율적으로 이용할 수 있게 된다.

$\alpha > 1$ 인 경우에는 음수값의 오른쪽 항이 양수값의 첫 번째 항과 더해져서 요구 확률이 구해지고, 그림 3에서 $\alpha > 1$ 인 경우에서 보는 바와 같이 보다 급격하게 감소되어 새로운 호의 채널 할당 요구 확률은 낮아지게 된다. 이로 인하여 핸드오프 호의 도착율이 큰 트래픽 환경에서 보다 많은 무선 채널을 핸드오프 호에 할당하여 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장할 수 있게 된다.

α 가 증가함에 따라 오른쪽 항의 음수값의 크기(magnitude)는 증가하게 되어 식 (2)의 채널 할당 요구 확률은 0 보다 작은 값이 구해질 수 있다. 따라서 논문에서는 식 (3)와 같이 채널 할당 요구 확률을 재정의하였다.

$$P_r = \text{MAX}\{0, f(C, T, \alpha, i)\} \quad (2)$$

그림 3은 C=60, T=48일 때 식 (3)을 이용하여 계산한 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 새로운 호와 핸드오프 호의 도착율의 비율이 같은 경우($\alpha=1$)에는 채널 할당 요구 확률은 사용중인 채널의 수가 증가함에 따라 선형적으로 감소한다. 핸드오프 호의 도착율이 새로운 호보다 상대적으로 작은 경우 또는 새로운 호의 도착율의 비율이 핸드오프 호보다 상대적으로 큰 경우($\alpha < 1$)에는 채널 할당 요구 확률은 서서히 감소하며, 새로운 호에게 보다 많은 서비스 기회를 제공한다. 핸드오프 호의 도착율이 새로운 호보다 상대적으로 큰 경우 또는 새로운 호의 도착율의 비율이 핸드오프 호의 비율보다 상대적으로 작은 경우($\alpha > 1$)에는 채널 할당 요구 확률은 급격히 감소하며, 핸드오프 호에게 보다 많은 서비스 기회를 제공한다. 즉, 무선망내의 트래픽의 모빌리티 특성(α) 및 현재 사용중인 채널수(i)에 따라 새로운 호의 채널 할당 요구 확률을 동적으로 결정할 수 있음을 보여준다.

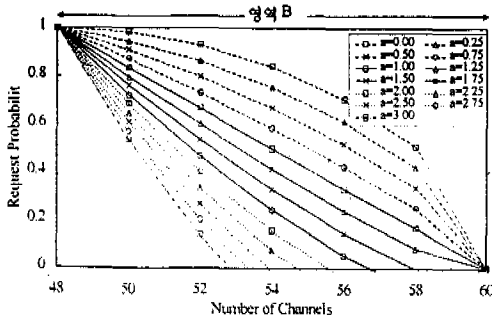
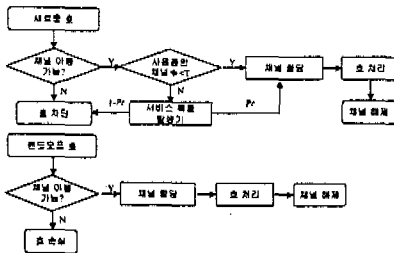


그림 3. 새로운 호에 대한 채널 할당 요구 확률
Fig. 3 Request probability of channel allocation for the new call (C=60, T=48)

그림 4는 동적 채널 할당 기법의 호처리 알고리즘을 보여준다. 핸드오프 호는 기지국에서 현재 이용 가능한 채널이 없을 때만 강제 종료되며, 이용 가능한 채널이 있으면 영역 A와 B에 관계없이 채널을 할당받고, 호처리를 수행한다. 새로운 호는 기지국에 이용 가능한 채널이 없을 때는 핸드오프 호와 마찬가지로 연결 설정은 실패하게 되며, 기지국에 이용 가능한 채널이 있고 현재 사용중인 채널의 수가 임계값 미만일 경우에는 채널을 할당 받아 호처리를 수행할 수 있다. 만일 현재 사용중인 채널의 수가 임계값 이상일 경우에는 확률 발생기에서 발생한 연결 설정 요구 확률 만큼만 채널을 할당받아 호처리가 수행되며, 1-Pr만큼의 나머지 호는 연결 설정이 실패된다.



```

/* rand(): (0,1)사이의 uniform 분포의 난수를 생성 */
/* Pr: 서비스 확률 발생기에서 생성된 채널 할당 요구 확률 */
switch(CallType) {
case(NewCall):
    if(IsValidChannel == True) /* 이용 가능한 채널이 있음 */
        if (NumOfUsedChannel < T)
            Channel_Allocation;
        else
            if (rand() < Pr) /* 채널 할당 요구 확률만큼만 할당 */
                Channel_Allocation;
            else
                New Call Blocking;
    }
    else /* 이용 가능한 채널이 없음 */
        New Call Blocking;
case(HandoffCall):
    if(IsValidChannel == True) /* 이용 가능한 채널이 있음 */
        Channel_Allocation;
    else
        Handoff Call Dropping;
}
    
```

그림 4. 호처리 알고리즘
Fig. 4 Call processing algorithm

III. 분석 및 성능 평가

1. 동적 채널 예약 기법의 분석

동적 채널 예약 기법에 대한 분석을 위하여 표 1과 같은 트래픽 특성을 갖는 파라미터를 가정하였다. 이와 같은 가정은 기지국 내의 채널의 수보다 이동 가입자의 수가 훨씬 클 때 합리적이다.^[7,8,9] 또한 무선 채널은 동일한 크기의 대역폭을 갖는다고 가정한다.

표 1. 동적 채널 예약 기법 분석을 위한 파라미터
Table 1. Parameters for analysis of the dynamic channel reservation scheme

λ_h	λ_h 의 포아송 프로세스에 따라 도착하는 핸드오프 호의 도착률
λ_n	λ_n 의 포아송 프로세스에 따라 도착하는 새로운 호의 도착률
μ_h	μ_h 의 포아송 프로세스에 따라 서비스되는 핸드오프 호의 서비스율
μ_n	μ_n 의 포아송 프로세스에 따라 서비스되는 새로운 호의 서비스율

임의의 시간 t에서 현재 서비스중인 호의 수가 n개 있다고 가정했을 때 채널이 임계값에 도착하기 전($n < T$)의 트래픽 특성은 다음과 같다.

1. 호 도착률은 $\lambda_h + \lambda_n$ 의 포아송 프로세스이다.
2. 호 서비스율은 $n(\mu_h + \mu_n)$ 의 포아송 프로세스이다.

채널이 임계값을 초과했을 때 트래픽 특성은 다음과 같다.

1. 호 도착률은 $\lambda_h + Pr\lambda_n$ 의 포아송 프로세스이다.
2. 호 서비스율은 $n(\mu_h + \mu_n)$ 의 포아송 프로세스이다.

이와 같은 트래픽 특성을 기반으로 동적 채널 예약 기법을 분석하기 위해 그림 5와 같이 M/M/C 마코프 모델을 정의하였고, 표 2에서는 이를 분석하기 위한 관련 파라미터를 정의하였다.

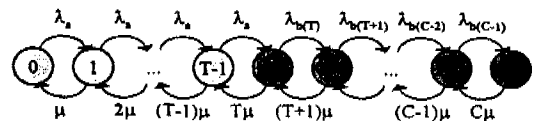


그림 5. 동적 채널 예약 기법 분석을 위한 파라미터
Fig. 5 Parameters for analysis of the dynamic channel reservation scheme

표 2. 채널 모델 분석을 위한 파라미터
Table 2. Parameters to analyze the channel model

상태	무선 채널의 수
C	입의 셀에서 총 이용 가능한 채널의 수
λ_a	$\lambda_h + \lambda_n$, 임계값 이전의 호 도착율
$\lambda_b(i)$	$\lambda_h + P_r \lambda_n$, 임계값 이후의 채널수 i 에서의 호 도착율
μ	$\mu_h + \mu_n$, 호 서비스율

임계값에 도달하기 전의 T 개의 상태 확률과 임계값을 초과한 후의 $C-T$ 개의 상태확률은 M/M/C 모델의 평형 방정식의 일반 해로부터 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$P_k = \begin{cases} \frac{\rho_a^k}{k!} P_0, & 1 \leq k \leq T \\ \frac{\rho_a^T \cdot \prod_{i=T+1}^k \rho_b(i)}{k!} P_0, & T < k \leq C \end{cases} \quad (4)$$

여기서 트래픽 부하 ρ_a 와 ρ_b 는 식 (5)와 같이 정의되며, 초기 상태 확률 P_0 는 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} \rho_a &= \lambda_a / \mu, & 1 \leq k \leq T \\ \rho_b(k) &= \lambda_b(k) / \mu, & T < k \leq C \end{aligned} \quad (5)$$

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^T \frac{\rho_a^k}{k!} + \rho_a^T \sum_{k=T+1}^C \frac{\prod_{i=T+1}^k \rho_b(i)}{k!} \right)^{-1} \quad (6)$$

새로운 호는 임계값에 도달하기 전에는 핸드오프 호와 무선 채널을 공유한다. 그러나 임계값을 초과했을 때 $1-P_r$ 의 확률만큼은 채널을 할당받지 못하고 채널 할당 요구 확률 P_r 만큼만 서비스가 가능하다. 따라서 새로운 호의 연결 설정 실패 확률은 식 (7)과 같이 정의된다.

$$P_B = \sum_{k=T}^C (1 - P_r) P_k \quad (7)$$

핸드오프 호의 요구는 기지국내에서 이용 가능한 채널이 있다면 항상 서비스된다. 그러나 기지국내의 모든 채널이 사용되어 이용 가능한 채널이 없다면 핸드오프 호의 요구는 수용할 수 없어 강제적으로 호는 종료된다. 따라서 이용 가능한 채널수가 한정된 기지국에서 핸드오프 호의 강제 종료 확률은 식 (8)과 같이 상태 확률 P_C 로 정의할 수 있다.

$$P_F = P_C \quad (8)$$

채널 이용률 P_U 는 식 (9)와 같이 정의된다.

$$P_U = \frac{\sum_{k=0}^C k P_k}{C} \quad (9)$$

2. 성능 평가

제안한 동적 채널 예약 기법(Dynamic channel Reservation Scheme: DRS)의 성능 분석을 위하여 핸드오프 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 연결 설정 실패 확률과 채널 이용률 관점에서 기존의 가드 채널 기법(Guard Channel Scheme: GCS)과 비교하였다. 또한 AWESIM을 이용한 시뮬레이션을 수행하여 분석 결과의 타당성을 검증하였다.

임계값 이전과 이후에서의 트래픽 세기 ρ_a 와 $\rho_b(k)$ 를 정규화하기 위하여 시스템 내의 입력 부하 ρ 를 식 (10)과 같이 정의하였다.

$$\rho = \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu} \quad (10)$$

식 (10)과 트래픽의 모빌리티 특성 α 의 정의로부터 새로운 호의 도착율과 핸드오프 호의 도착율은 아래와 같이 유도할 수 있고, 이를 바탕으로 ρ_a 와 $\rho_b(k)$ 를 아래와 같이 입력부하 ρ 를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$\lambda_n = \frac{\mu \rho}{1 + \alpha}$$

$$\lambda_h = \frac{\mu \alpha \rho}{1 + \alpha}$$

$$\rho_a = \frac{\lambda_a}{\mu} = \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu} = \rho$$

$$\rho_b(k) = \frac{\lambda_b(k)}{\mu} = \frac{\lambda_h + P_r \lambda_n}{\mu} = \frac{\rho(\alpha + P_r)}{1 + \alpha}$$

성능을 분석하기 위하여 기지국의 전체 채널 수를 60, 입력 부하가 0.8일 때 핸드오프 호의 요구되는 강제 종료 확률 0.1%를 만족하도록 DRS와 GCS의 예약 채널의 수를 각각 11, 7로 설정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 아래의 분석 결과에서 DRS_S와 GCS_S는 시뮬레이션 결과이고, DRS와 GCS는 해석 결과를 나타내며, 해석과 시뮬레이션 결과의 차이가 크지 않기 때문에 해석의 적합함을 보여주고 있다.

그림 6은 기존의 가드 채널 기법과 제안한 기법의 입력 부하 및 트래픽의 모빌리티 특성에 따른 핸드오프 호의 강제 종료 확률의 변화를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 α 가 증가함에 따라 핸드오프 호의 강제 종료 확률은 증가된다. 즉, 전체 트래픽에서 핸드오프 호의 비율이 커짐에 따라 더 많

은 핸드오프 호가 강제적으로 종료될 수 있다는 것을 의미한다. 입력 부하가 80%($\rho = 0.8$)일 때 두 기법은 모두 0.1% 이하의 강제 종료 확률을 보장할 수 있다. 그리고 시뮬레이션 결과는 해석 결과가 거의 일치되고 있음을 알 수 있다.

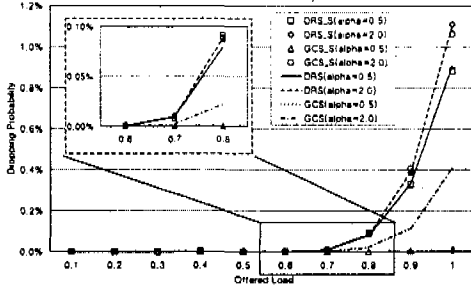


그림 6. 강제 종료 확률
Fig. 6 Dropping probability

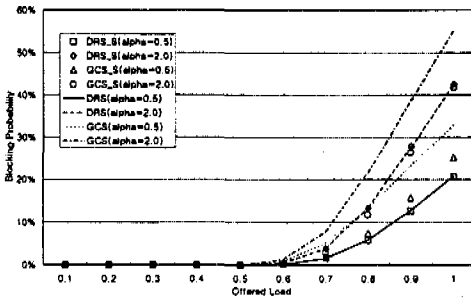


그림 7. 연결 설정 실패 확률
Fig. 7 Blocking probability

그림 7은 기존의 가드 채널 기법과 제안한 기법의 입력 부하 및 트래픽의 모빌리티 특성에 따른 새로운 호의 연결 설정 실패 확률의 변화를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 α 가 증가함에 따라 새로운 호의 연결 설정 실패 확률은 증가된다. 이는 전체 트래픽에서 핸드오프 호의 비율이 커짐에 따라 새로운 호가 채널을 할당받을 수 있는 기회는 더욱 줄어들기 때문이다. 입력 부하가 80%($\rho = 0.8$)일 때 제안한 기법의 연결 설정 실패 확률은 13.4% 이하가 되며, 이는 기존의 가드 채널 기법보다 8% 이상 낮은 값이다.

그림 8은 입력 부하에 따른 채널 이용률을 보여준다. 기존의 기법은 α 의 변화에 따라 채널의 이용률이 민감하게 변화된다. 즉 입력 부하가 80%인 경우 α 의 값이 0.5일 때는 약 77%이나 α 의 값이 2.0일 때는 73%로 감소한다. 그러나 제안한 방식은 α 의 값이 0.5와 2.0일 때 모두 약 77%의 이용률을

보이므로 α 의 값에 영향받지 않음을 알 수 있다. 이는 트래픽 특성이 변화되더라도 거의 일정한 수준의 채널을 이용할 수 있기 때문에 망 관리를 안정되게 할 수 있다.

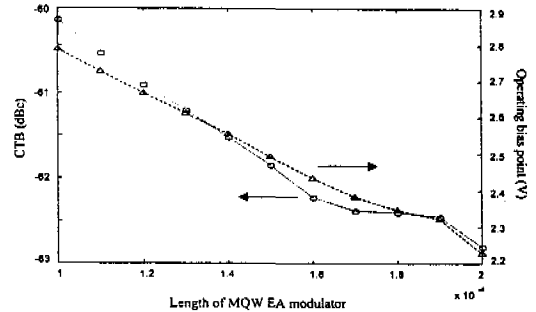


그림 8. 채널 이용률
Fig. 8 Channel utilization

그림 9, 10, 11은 전체 채널이 60개이고 입력 부하가 80%($\rho = 0.8$)일 때 α 의 변화에 따른 핸드오프 호의 강제 종료 확률과 새로운 호의 연결 설정 실패 확률 그리고 채널 이용률을 각각 보여준다. 이때 요구되는 핸드오프 호의 강제 종료 확률 0.1%를 보장하기 위하여 가드 채널 기법의 예약 채널 수(N_r)는 7과 11로 하였고, 제안한 기법의 예약 채널 수는 11로 하였다.

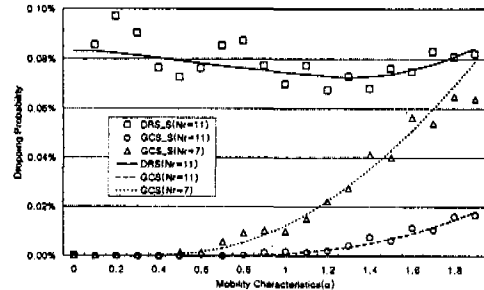


그림 9. 핸드오프 호의 강제 종료 확률
Fig. 9 Handoff call dropping probability ($C=60, \rho = 0.8$).

그림 9는 모빌리티 특성에 따른 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보여주고 있다. 그림에서 기존의 가드 채널 기법과 제안한 기법은 모두 0.1% 미만의 강제 종료 확률을 보장한다. 그러나 기존의 가드 채널 기법은 모빌리티 특성에 매우 민감한 반면 제안한 방식은 모빌리티 특성에 관계없이 핸드오프 호의 강제 종료 확률이 거의 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 이는 트래픽 특성이 변화되더라도 제안

한 기법은 일정한 수준에서 강제 종료 확률을 유지시킬 수 있기 때문에 안정적으로 핸드오프를 처리할 수 있다. 가드 채널 기법에서에서는 핸드오프 호를 위해 예약한 채널의 수가 많을수록 더 낮은 강제 종료 확률을 보이지만 이는 새로운 호의 채널 이용 기회를 감소시키는 결과를 초래하게 된다.

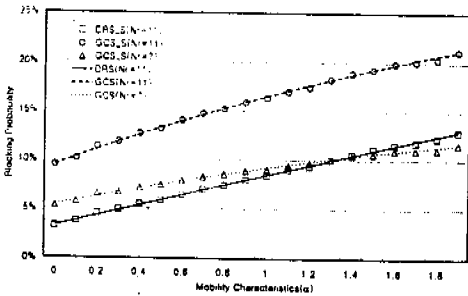


그림 10. 새로운 호의 연결 설정 실패 확률
Fig. 10 New call blocking probability ($C=60, \rho = 0.8$).

그림 10은 모빌리티 특성에 따른 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 보여주고 있다. 가드 채널 기법에서는 핸드오프 호를 위해 예약한 채널의 수가 많은 경우에 더 많은 새로운 호의 요구가 거부된다. 예약 채널 수가 11인 가드 채널 기법은 평균 13.2%의 연결 설정 실패 확률을 가진다. 반면에 예약 채널 수가 7인 가드 채널 기법의 경우에는 연결 설정 실패 확률이 평균 7.4%로 줄어들게 된다. 반면 제안한 기법은 평균 5.9%의 연결 설정 실패 확률을 가지며 이는 임계값이 11인 가드 채널 기법보다 평균 7.3%가 낮고 7인 경우보다 1.5% 낮다.

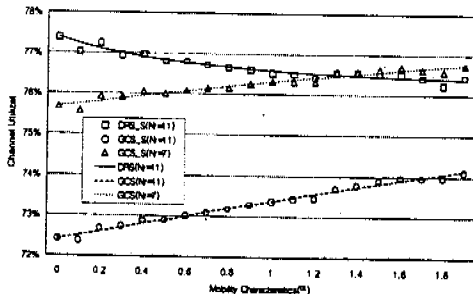


그림 11. 채널 이용률
Fig. 11 Channel utilization ($C=60, \rho = 0.8$).

그림 11은 모빌리티 특성에 따른 채널 이용률을 보여주고 있다. 가드 채널 기법에서는 핸드오프 호를 위해 예약한 채널의 수가 많은 경우에 이용률이

저하된다. 즉, 예약 채널이 11개인 가드 채널 기법은 72.9%, 7인 경우 76%의 평균 채널 이용률을 가진다. 반면에 제안한 기법은 기존의 기법보다 높은 76.9%의 평균 채널 이용률을 가지게 된다.

결론적으로 전체 호 중에서 핸드오프 호의 비율이 50%($\alpha = 1$)이하라고 가정했을 때, 예약 채널의 수가 7인 가드 채널 기법과 제안한 기법을 비교하면 평균 강제 종료 확률은 각각 0.003%와 0.079%이고, 연결 설정 실패 확률은 각각 7.4%와 5.9%이며, 채널 이용률은 각각 76%와 76.9%이다. 따라서 제안한 기법은 0.1%의 강제 종료 확률을 보장하면서 기존의 기법보다 낮은 새로운 호의 연결 설정 실패 확률과 높은 채널 이용률을 가진다.

IV. 결론

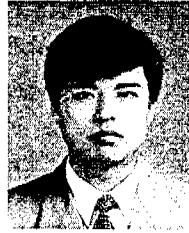
본 논문에서는 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장하면서, 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 줄이고, 무선 채널의 이용률을 향상시키기 위한 동적 채널 예약 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서 무선 채널은 핸드오프 호와 새로운 호의 비율로 정의되는 트래픽의 모빌리티 특성에 따라 동적으로 할당한다. 이를 위하여 새로운 성능 파라미터인 새로운 호를 위한 채널 할당 요구 확률을 소개하였고, 전체 채널수, 임계값, 현재 사용중인 채널수, 모빌리티 특성을 고려하여 적응적으로 결정하였다. 성능 분석 결과로부터 제안한 기법은 단말기의 모빌리티 특성의 변화에 따라 망 성능이 크게 좌우되지 않고 일정한 성능을 보장할 수 있었고, 핸드오프 호의 강제 종료 확률을 보장하면서 기존의 기법보다 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 줄이고 무선 자원의 이용률을 향상시킬 수 있었다.

참고 문헌

- [1] M. Naghshineh, A. S. Acampora, "Design and Control of Micro-Cellular Networks with QoS Provisioning for Data Traffic," IEEE ICC'96, pp. 464-468, 1996.
- [2] M. M. Zonoozi, P. Dassanayake, "Effect of Handover on the Teletraffic Performance Criteria," IEEE Global Telecommunication Conference, pp. 242-246, 1996.
- [3] D. K. Kim, D. K. Sung, "Handoff/Resource Managements Based on PVCs and SVCs in

Broadband Personal Communication Networks," IEEE Global Telecommunication Conference, pp. 1131-1135, 1996.

- [4] Y. B. Lin, S. Mohan, A. Noerpel, "PCS Channel Assignment Strategies for Hnad-off and Initial Access," IEEE Personal Communications, pp. 47-56, 1994.
- [5] D. Hong, 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. 77-92, August, 1986.
- [6] S. Tekinay, B. Jabbari, "Handover and Channel Assignment in Mobile Cellular Networks," IEEE Communications Magazine, pp 42-46, Nov. 1991
- [7] Ramachandran Ramjee, Ramesh Nagarajan, Don Towsley, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks," <http://www.bell-labs.com/user/ramjee/optimal.ps.Z>
- [8] Oliver T. W. Yu, Victor C. M. Leung, "Adaptive Resource Allocation for Prioritized Call Admission over an ATM-Based Wireless PCN," IEEE JSAC, Vol. 15, No. 7, pp. 1208-1225, 1997. 9
- [9] Sirin Tekinay, Bijan Jabbari, "A Measurement-Based Prioritization Scheme for Handovers in Mobile Cellular Networks," IEEE JSAC, Vol. 10, No. 8, Oct. 1992, pp. 1343-1350



이 동 은(Dong-Eun Lee)
한국통신학회 논문지 제 20권 제 8호 참조
현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정



이 봉 주(Bong-Ju Lee)
1970년 10월 23일생
1995년 8월 : 전북대 물리학과 (학사)
1998년 2월 : 전북대 영상정보공학과(석사)

김 영 선(Young-Sun Kim)
한국통신학회 논문지 제 21권 제 4호 참조
현재 : 한국전자통신연구원 기술기획실장

김 영 천(Young-Chon Kim)
한국통신학회 논문지 제 19권 제 2호 참조
현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수