

논문 2005-42TC-12-12

# 이동통신 시스템 기반 신규 호 서비스에 관한 연구

## (The study for enhancing new call service in mobile communication system)

박 지 호\*, 오 영 환\*\*

(Park Chi Ho and Oh Young Hwan)

### 요 약

이 논문은 무선 네트워크에서 핸드오프 호 블로킹 확률을 만족하면서 신규 호 블로킹을 감소시키기 위하여 속도 적응 우선 순위 알고리즘과 트래픽 제어모형을 제안하였다. 전체 트래픽에서 핸드오프 호 발생 비율이 신규 호 발생 비율보다 적을 때 가용채널을 이용하기 위하여 이 방법을 제안하였다. 임계치 이전의 가드채널은 핸드오프 호 블로킹 확률을 보장해 주고, 임계치 이후의 가드채널에서는 우선순위가 높은 신규 호나 핸드오프 호를 할당해 줌으로써 기존의 고정된 가드채널 방식에 비해 신규 호를 보장해줄 수 있다.

### Abstract

In this thesis, we propose a Speed Accommodation Priority Algorithm Scheme(SPAS) and Traffic Control Model Scheme (TCMS) to satisfy a desired handoff dropping probability and to reduce the blocking probability of new calls using mobility characteristics and handoff rate in mobile communication networks. The guard channels below threshold can guarantee the Quality of Service(QoS) in terms of the request handoff dropping probability and the guard channels above the threshold can be used to handle high priority new calls and high priority handoff calls. When the ratio of the handoff call arrival rate is less than the ratio of the new call arrival rate, the proposed method can guarantee the new call better than the previous guard channel scheme.

**Keywords:** Speed Accommodation Priority Algorithm Scheme(SPAS), Traffic Control Model Scheme(TCMS)

## I. 서 론

최근 통신망의 발전과 더불어 무선통신망은 현대통신의 중요한 요소 중의 하나가 되었다. 무선통신의 한정된 주파수 자원과 사용자 수의 급속한 증가 등으로 인해 서비스 영역은 매크로 셀(macro-cell)에서 마이크로 셀(micro-cell)이나 피코 셀(pico-cell)등의 크기로 점점 작아진다. 기지국의 서비스 반경이 줄어들수록 핸드

오프(handoff) 요구 수는 증가하므로 채널의 효율적인 사용이 큰 문제가 되고 있다. 기존의 연구는 핸드오프 호 보장에 많은 관심을 가지고 있었으므로 신규 호에 대한 보장이 미흡하였다.<sup>[5][6][7]</sup> 그러나 핸드오프 호 블로킹 확률의 감소는 신규 호 서비스 품질의 감소 없이 이루어 질 수 없다. 신규 호 블로킹 확률의 증가는 가입자 측면에서 잦은 통화 불가 상태를 발생시키고, 이는 다시 잦은 통화 재 시도로 정제환(positive feedback)현상이 발생되어 트래픽 부하가 증가된다. 따라서 신규 호 서비스 품질을 보장할 수 있는 방안이 요구된다.

이 논문에서는 좀더 원활한 채널 서비스를 이용한 속도적응 핸드오프 알고리즘과 트래픽 제어모형을 적용한 버퍼를 신규 호 보장을 위해 가드채널의 임계치 앞에

\* 정회원, 대구경북과학기술연구원 (DJIST)

\*\* 정회원, 광운대학교 전자통신공학과 (Dept. of Electronics and Communications Engineering Kwangwoon University)

접수일자: 2005년10월24일, 수정완료일: 2005년12월5일

추가한 새로운 알고리즘을 소개하기로 한다.<sup>[2][3][4]</sup>

## II. 본 론

### 2. 1 핸드오프 알고리즘에 의한 QoS 보장

신규 호를 보장하더라도 핸드오프 호 블로킹 확률이 기준치 이상 증가해서는 않된다.<sup>[1]</sup> 따라서 CDMA 셀룰라 시스템에서의 우선순위 대기행렬계획을 적용하여 핸드오프 호 블로킹 확률을 기준치까지 유지한다.<sup>[4]</sup> 이동국이 셀 영역을 벗어나서 다른 셀로 이동시 수신 전계강도의 세기가 통신 품질을 유지할 수 없을 정도로 저하될 때 다른 셀로 무선채널을 절체하게 된다. 따라서 수신 전계강도 세기가 곧 핸드오프 여부를 결정하는 주요 파라미터가 된다. 속도적용 핸드오프 알고리즘은 고속으로 이동하는 이동국에 낮은 핸드오프 임계값(T\_ADD\_L)을 설정하여 핸드오프의 영역을 증대시킨다. 반면에 저속의 이동국에는 높은 핸드오프 임계값(T\_ADD\_H)을 설정하므로 핸드오프 지역 내에서 일정한 트래픽량을 유지시키게 된다.<sup>[9]</sup>

CDMA 셀룰라 시스템에서 수신기 임계치와 핸드오프 임계치를 각각 다음과 같이 정의한다. 1) MS로부터 PSMM의 시간에서 파일럿 세기는 주위 셀(T\_ADD case)의 BS로 수신된다. 2) T\_DROP timer가 끊어지고, MS로부터 PSMM (T\_DROP)은 현재 셀의 BS로 수신되는 시간에서의 파일럿 세기이다.

그림 1은 CDMA 셀룰라 시스템에서 이중버퍼 우선순위 대기행렬 핸드오프 계획을 나타낸다.  $\lambda_1$ 은 호 발생에서의 도착률이다. 만일 일치하는 호가 무선 네트워크에 들어가면, 그 새로운 트래픽 채널은 MS사이에서 우선순위 대기행렬에 저장된다. 그리고 핸드오프 요구에서의 도착률  $\lambda_2$ 는 PSMM(T\_ADD)이고 그들은 우선순위 대기행렬에 저장된다. 새로운 채널은 핸드오프 요구에 할당되고 만약 임의의 가용채널을 발견한다면 핸

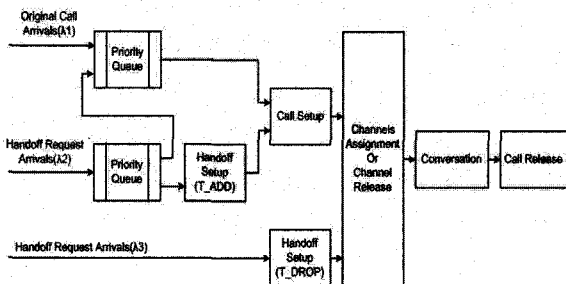


그림 1. 우선순위 대기행렬 핸드오프 계획  
Fig. 1. Prioritized queueing handoff model.

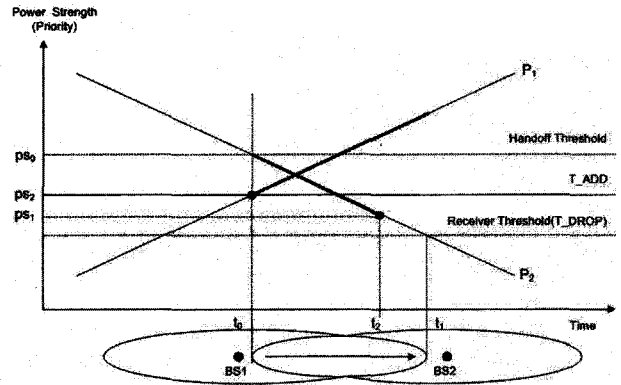


그림 2. 핸드오프 우선순위 개념  
Fig. 2. The concept of handoff prioritized.

드오프 setup후에 호 setup에서  $\lambda_1$ 과 함께 대기행렬에서 우선순위 경쟁을 가진다. 그 후에 할당된 채널은 conversation시간 후에 자유로워진다. 핸드오프 요구의 도착률  $\lambda_3$ 은 PSMM(T\_DROP)이다.<sup>[5]</sup>

핸드오프가 요구되는 최대저하 인터벌은 일반적인 분산으로부터 결정해야한다. 만약 핸드오프 요구 시간이 served되는 중요한 최대 허용시간에 도달하면, 핸드오프는 실패가 발생한다. 대기행렬 핸드오프 요구 각각에 대해 현재의 전력레벨은 각 MS에 대한 최대 허용저하 인터벌로 나누어진 timer값으로부터 계산된다. MS들로부터 모든 대기행렬 요구는 전력레벨에 따라서 저장된다. 그림 2는 어떻게 핸드오프의 우선순위가 제안된 계획안에서 결정되는지를 보여준다.

$T[t_0, t_1]$ 은 각 핸드오프에 대한 최대 허용저하 인터벌 시간이고,  $T[t_0, t_2]$ 은 대기행렬에서 현재 대기 시간을 나타낸다. 우선순위는 비율  $T[t_0, t_2]$  대  $T[t_0, t_1]$ 으로 계산한다. 그 결과 각 핸드오프 요구에 대한 확률  $P[ps_0, ps_2]$ 은 비율  $\frac{T[t_0, t_2]}{T[t_0, t_1]} = \frac{P[ps_0, ps_2]}{P[ps_0, ps_1]}$ 로 결정된다.

$\frac{P[ps_0, ps_2]}{P[ps_0, ps_1]}$ 는 각 MS에 대한 우선순위 레벨로 전력저하 인터벌의 비율로부터 계산된다.

이 논문에서 제안한 속도적용 핸드오프 호와 신규 호 보장 우선순위 모델은 기존 연구결과에서의 전체채널 이용방법을 보다 효율적으로 사용하기 위한 방법이다. 가드채널의 임계치에 버퍼를 사용해 속도에 따른 핸드오프 호와 신규 호를 보장하기 위한 모델을 제시한다. 첫 번째 이동국의 속도에 따라서 핸드오프가 시작되는 임계치를 달리 적용하여 이동국이 핸드오프 영역에 오래 머물러 있도록 하여 채널 서비스를 좀더 원활하게 이용할 수 있는 속도적용 핸드오프 알고리즘을 적용한

다. 두 번째로 트래픽 제어모델을 사용하여 신규 호 보장을 위해 임계치를 가지는 가드채널에 버퍼를 추가하였고, 공유채널에 가용채널이 없고, 가드채널에 가용채널이 있는 경우 가드채널에 임계치를 두어 임계치 동안은 신규 호가 들어오는 경우 버퍼에 우선순위 알고리즘에 의해서 호를 채우고, 핸드오프 호가 들어오는 경우 우선순위에 상관없이 가드채널을 할당해 준다. 가드채널의 임계치 까지 사용 후에 들어오는 핸드오프 호와 버퍼에 있는 신규 호를 경쟁 알고리즘에 의해 우선순위를 파악한다. 그리고 나머지 임계치 이후의 가드채널에 우선순위 순으로 호를 할당해준다. 이 모델은 상대적으로 핸드오프 호에 높은 순위와 낮은 순위 그리고 신규 호에 높은 순위와 낮은 순위 각각 두 가지(High, Low)의 순위만 존재한다고 가정한다. 그 가정으로 속도가 빠른 핸드오프 호가 1순위, 긴급 호출의 신규 호나 특별한 사용자의 신규 호를 2순위, 속도가 느린 핸드오프 호를 3순위, 그리고 일반적인 신규 호를 4순위로 구분하기로 한다.

그림 3은 임계치를 가지는 가드채널 앞에 버퍼를 추가한 트래픽 제어모델을 나타낸다. 기존 공유채널에는 우선순위에 상관없이 핸드오프 호와 신규 호를 FIFO방식에 의해 채널을 할당해준다. 하지만 가드채널은 임계치를 두어 임계치 전까지는 FIFO방식으로 핸드오프 호를 할당해준다. 이 기간동안 들어오는 신규 호는 버퍼에 저장된다. 가드채널의 임계치 이후부터 들어오는 핸드오프 호는 버퍼로 저장된다. 버퍼 안의 신규 호는 경쟁 알고리즘에 의해 순위가 정해지고, 우선순위 순으로 나머지 부분의 채널을 할당받게 된다. 우선순위가 낮은 호들을 버퍼에 수용하여 전체 트래픽 양이 감소했을 경우에 호들을 서비스하는 방식이다. 속도적응에 따른 핸드오프 호와 신규 호 보장을 위한 버퍼 알고리즘에 따른 순서도는 그림 4와 같다.

그림 4의 좌측 흐름도는 호들의 발생에 대한 흐름을

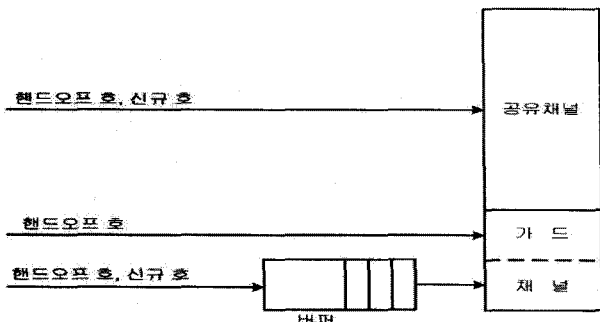


그림 3. 트래픽 제어모델  
Fig. 3. Traffic control model.

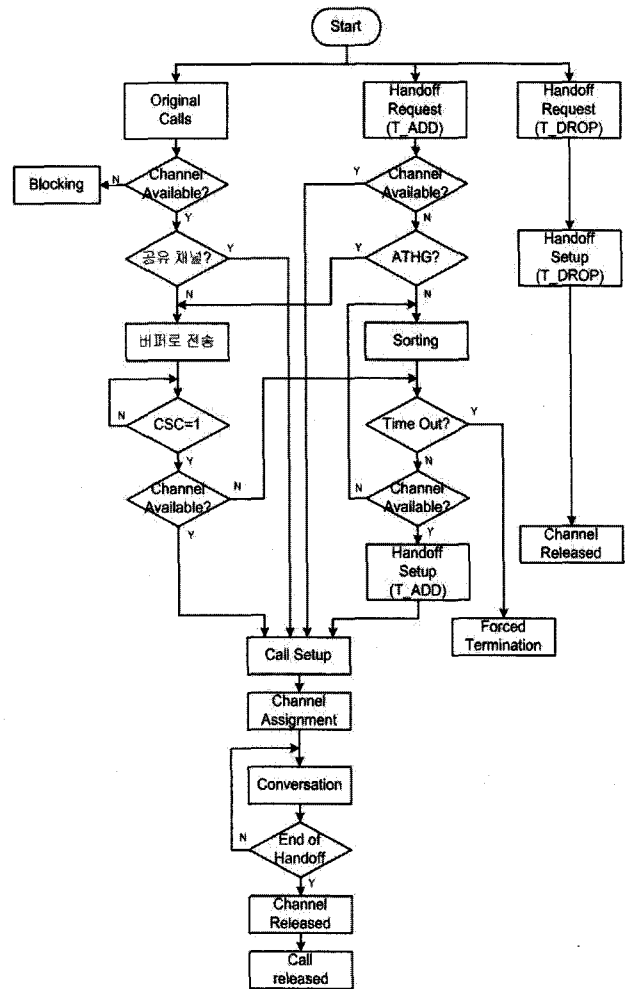


그림 4. 속도적응에 따른 우선순위 호 순서도  
Fig. 4. Prioritized queueing algorithm for speed accommodation.

보여준다. 그림 4 중앙의 흐름도는 T\_ADD의 경우에 핸드오프 대기행렬을 보여준다. 만약 이용할 가용채널이 없다면 우선순위 대기행렬에 들어간다. 우선순위 대기행렬에서 핸드오프 요구는 저하 인터벌에서 핸드오프 요구에 대해 할당되지 않고 호 종결에 대해 영향을 미친다. 그림 4의 오른쪽 흐름도는 T-DROP의 경우에 핸드오프 요구에 대한 흐름도이다. 우선순위 대기행렬 알고리즘 계획 모델링을 위해 다음과 같은 가정이 필요하다. : 1)저하 인터벌은 평균적인 분산이다. 2)셀에서 호들의 시작은 포아성 비율로 도착하며, 핸드오프 요구 도착 또한 포아성 분산이다. 3) 채널점유 시간은 지수 분포이다. 본 논문에서 사용된 그림 4의 순서도는 전체 채널을 효율적으로 사용하기 위해 가드채널 앞에 버퍼를 사용하여 속도를 적용한 핸드오프 호에 따라 신규 호를 보장하기 위한 순서도이다. 예를 들면 BS1의 MS가 BS2로 이동시 핸드오프 영역에서 핸드오프를 요구

할 때, BS2에 충분한 가용채널이 없는 경우 BS1은 임계치까지는 MS의 통신을 보장해주어 BS2에 적합한 가용채널을 이용할 수 있을 때까지 대기 시간을 늘리는 효과를 보인다. 다른 효과로는 BS2에 가용채널이 충분하지 않은 경우에 어떤 MS1이 BS1에서 느린 속도로 이동을 하며 핸드오프 영역에서 핸드오프를 요구한 후 BS2에서 우선순위가 높은 신규 호 MS2가 발생하였을 때의 경우이다. 양쪽 모두 채널요구 시 기존의 방식으로는 MS1보다 늦은 시간에 채널을 요구하므로 FIFO방식에 의해 속도나 우선순위에 상관없이 MS1을 먼저 보장해주고, 더 이상의 가용채널이 없을 때 MS2는 블록킹 된다. 하지만 속도적용 핸드오프를 이용한 신규 호 보장을 고려한 버퍼모형을 사용 시, BS1에서 임계치 범위까지는 MS1의 통신을 보장해주면서 우선순위가 높은 신규 호 MS2에 먼저 채널을 할당하고, MS2가 임계치 끝점까지 오는 동안 채널에 가용채널이 생기면 우선순위가 낮은 핸드오프 호에 채널을 할당해 준다. 공유채널에 가용채널이 있을 경우에 핸드오프 호나 신규 호는 우선순위에 관계없이 FIFO방식에 의해 호가 처리된다. 그리고 가드채널의 임계치 이전까지는 핸드오프만 처리되고, 이 기간동안 발생하는 신규 호는 우선순위에 따라 버퍼에 저장한다. 또한 임계치 이후부터 생기는 핸드오프 호나 신규 호는 버퍼로 저장되어 버퍼에서 우선순위 알고리즘에 의해 우선순위가 결정되어 채널을 할당받기 시작한다. 알고리즘의 동작을 설명하면 핸드오프 호가 들어오면 그 호를 이용할 가용채널이 있는지를 확인해서 있는 경우에는 채널을 할당해준다. 반대로 채널을 이용할 수 없다면 임계치 이후의 가드채널인가를 확인한 후 아니면 sorting후에 time out 되었으면 강제 종료로 시키고 그렇지 않으면 다시 채널을 이용할 수 있는지를 확인하여 이용할 수 있는 경우에는 핸드오프 셋업 시켜서 채널을 할당해준다. 그러나 임계치 이후라면 핸드오프 호는 버퍼로 전송되어 다른 호들과 우선순위 경쟁 알고리즘에 의해 우선순위를 할당받고 채널이용 여부를 판단한 후 채널을 할당 받던지 아니면 time out이 되어 강제 종료된다. 다음으로 신규 호 발생 시 채널을 이용할 수 있는지 여부를 판단한 후 이용할 수 있는 경우 채널이 공유채널인지 확인 후에 공유채널인 경우 그대로 채널을 할당해준다. 그렇지 않은 경우 버퍼로 전송되어 다른 호들과 함께 우선순위 경쟁 알고리즘에 의해 우선순위를 할당받게 된 후에 채널을 이용할 수 있는지 판단 후 채널을 할당받는다. 이 모델에서 버퍼의 역할은 상대적으로 낮은 우선순위 호를 임시적

으로 수용하여 트래픽의 양이 적어질 때까지 대기시간을 늘리면서 신규 호를 보장하는데 목적이 있다. 기지국내에서 사용 중인 채널 수가 고정된  $C_p$ 까지는 핸드오프 호와 신규 호가 무선채널을 공유한다. 그리고 가드채널  $N_{TH} - C_p$ 까지는 핸드오프 호가 무선채널을 공유한다. 한편 각 기지국에서는 자신의 셀로 진입해 들어오는 핸드오프 비율, 신규 호의 도착률과 핸드오프 호의 도착률의 비율로 정의되는 트래픽 특성변수  $\alpha = \frac{\lambda_h}{\lambda_n}$ 와 수락된 호의 비율(Admitted Rate)을 측정한다. 제한한 핸드오프의 경우 속도적용에 따라 전력이 높은 호를 우선순위가 높은 호라고 할 때  $P_v$ 를 각각 우선순위가 높은 신규 호나 핸드오프 호라고 가정한다. 그러면, 우선순위가 높은 호의 도착률은 트래픽 부하가  $\rho_v$ 일 때  $\rho P_v$ 가 되며, 우선순위가 낮은 호의 도착률은 트래픽 부하가  $\rho_v$ 일 때  $\rho(1 - P_v)$ 가 된다.  $\lambda_n$ 는 단위 지역에서의 초당 신규 호가 발생하는 평균수를 말하고,  $\lambda_n$ 는 셀 당 신규 호 평균 발생률  $\lambda_n = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 \lambda_a$ 이다. 추가적으로 셀 당 핸드오프 호의 평균 시도율을  $\lambda_h$ 라 한다. 신규 호 발생률 대 핸드오프 호 시도율의 비  $\alpha = \frac{\lambda_h}{\lambda_n}$ , 이 수식에 의해서 신규 호의 평균 전송률은  $\lambda_{nc} = \lambda_n(1 - P_{BN})$ 로써 여기서  $P_{BN}$ 는 신규 호 발생 시 블록킹 확률을 나타내며, 핸드오프 평균 전송률은  $\lambda_{hc} = \lambda_h(1 - P_{BH})$ 로 나타낼 수 있으며,  $P_{BH}$ 는 핸드오프 시도 실패 확률을 나타낸다. 위 식에 따르면 핸드오프 평균 전송 시도율 대신 신규 호 평균 전송 발생률의 정의는  $\alpha = \frac{\lambda_{hc}}{\lambda_{nc}} = \gamma_0 \frac{(1 - P_{BH})}{(1 - P_{BN})}$ 로 나타낼 수 있다. 신규 호 채널점유 시간  $T_{hn}$ 과 핸드오프 호 채널점유 시간  $T_{hn}$ 는 각각  $T_{hn} = \min(T_M, T_n)$ ,  $T_{hn} = \min(T_M, T_h)$ 로 나타낼 수 있다.  $T_H$ (채널점유 시간)의 확률 밀도함수(pdf)는 식(1)과 같다.

$$f_{T_n}(t) = \mu_M e^{-\mu M t} + \frac{e^{-\mu M t}}{1 + \gamma_c} [f_{T_n}(t) + \gamma_c f_{T_n}(t)] - \frac{\mu_M e^{-\mu M t}}{1 + \gamma_c} [F_{T_n}(t) + \gamma_c F_{T_n}(t)] \quad (1)$$

위 식들을 이용하여 식(2)과 식(3)을 구성할 수 있다. 신규 호가 블록킹이 일어나지 않을 확률은 식(2)과 같다.

$$P_N = P_r\{T_M > T_n\} = \int_0^\infty [1 - F_{T_M}(t)]f_{T_n}(t)dt$$

$$= \int_0^\infty e^{-\mu M}f_{T_n}(T)dt \quad (2)$$

핸드오프가 성공할 확률은 식(3)과 같다.

$$P_H = P_r\{T_M > T_h\} = \int_0^\infty [1 - F_{T_M}(t)]f_{T_h}(t)dt$$

$$= \int_0^\infty e^{-\mu M}f_{T_h}(T)dt \quad (3)$$

생존시간 동안 핸드오프가 성공하는 논 블록킹 호의 횟수를 정수 random variable K로 정의한다. K에 대한 확률 함수는 식(4)과 같다.

$$P_r\{K=0\} = (1 - P_n) + P_n P_{fh} \quad (4)$$

K는 생존 시간동안 성공적으로 핸드오프하는 논 블록킹 수이다.

$$P_r\{K=k\} = P_n(1 - P_{fh})(1 - P_h + P_h P_{fh}) \times$$

$$\{P_h(1 - P_{fh})\}^{k-1}, k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

로 나타낼 수 있으며, K의 값은 식(6)과 같다.

$$\bar{K} = \sum_{k=0}^\infty k P\alpha\{K=k\} = \frac{P_n(1 - P_{fh})}{1 - P_h(1 - P_{fh})} \quad (6)$$

만약 전체 서비스 지역이 M개의 셀들을 가질 때, 블록킹되지 않는 총 평균 신규 호 시도율을  $M\lambda_n$ 라고 하고, 총 평균 핸드오프 호 시도율은  $\bar{K}M\lambda_h$ 이다. 트래픽 구성은 모든 셀들 사이에서 같게 분산한다고 가정할 경우 식(7)과 같다.

$$\alpha_c = \frac{\bar{K}M\lambda_h}{M\lambda_n} = \bar{K} \quad (7)$$

이 논문에서 제안한 알고리즘의 채널 할당을 그림 5에서 보여준다.

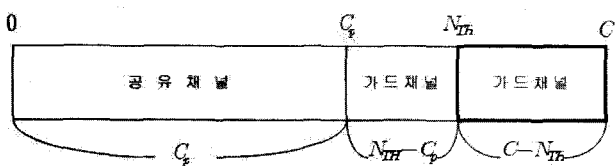


그림 5. 속도적응에 따른 우선순위 대기행렬 채널  
Fig. 5. Prioritized queueing channel for speed accommodation.

각 기지국에서 신규 호 도착과 핸드오프 호 도착은 평균  $\lambda_n$ 과  $\lambda_h$ 을 갖는 포아송 과정이다. 또한 호 서비스 시간은 평균  $\frac{1}{\mu}$ 을 갖는 지수분포를 따른다. 우선순위 계획에 의한 수학적인 수치로써  $C_p$ 까지는 할당된 공유채널이라 정의하고 전체채널을 C로 정의할 때,  $C_p$ 채널까지는 공유채널로 우선순위에 관계없이 신규 호와 핸드오프 호가 공유한다.  $N_{TH} - C_p$ 까지는 가드채널로 우선순위에 관계없이 핸드오프 호만을 할당해주고,  $C - N_{TH}$ 까지는 가드채널로 핸드오프 호가 임계치 전의 가드채널에 할당되는 동안 버퍼에 저장되어 있는 신규 호와 새로운 핸드오프 요구 호들이 버퍼 안에서 우선순위 알고리즘에 의해 우선순위를 할당받고 우선순위가 높은 순으로 채널 할당된다. 그리고 채널 점유시간  $T_h$ 는 지수분포로 나타내며,  $P_j$ 는 베이스 스테이션이 상태 j인 고정된 상태확률을 나타낸다. 클러스터 내로 이미 허용된 신규 호와 핸드오프 호에 대해 해당 기지국의 공유채널에 가용채널이 없을 때 더 이상의 신규 호 블록킹이 발생하지 않도록 호를 우선순위 알고리즘에 의해 버퍼에 저장한다. 여기서 N은 클러스터 내의 총 채널 수이며, 각 셀은 C개의 채널을 갖는다. 버퍼의 수를 N으로 두는 이유는 클러스터 내의 모든 호들이 한 셀로 몰렸을 경우에도 모든 호를 수용함으로써 더 이상의 신규 호의 블록킹이 발생하지 않도록 하기 위해서이다. 클러스터 내의 셀 수를 B라고 하고, 각 셀에서 핸드오프 확률을  $P_h$ , 신규 호 확률을  $P_n$ 이라 할 때  $N = B \times C$ 가 되고, 각 셀에서 신규 호와 핸드오프 호의 도착률은 다음식과 같다. 우선순위가 높은 호의 발생률은  $\lambda_{MH} = (\lambda_n + \lambda_h) \cdot P_v$ 라고 정의한다. 또한, 각 셀 내에서 제안한 모델의 상태 천이도는 그림 6과 같다. 여기서 시스템의 상태를  $(j_1, j_2)$ 로 표현하였으며,  $j_1$ 은 현재 버퍼에 저장되어있는 신규 호의 수이고,  $j_2$ 는 현재 서비스 중인 호의 수를 의미한다. 이 상태 천이도는  $C - N_{TH}$ 개 이상의 호가 서비스 중인 상태와 그 이외의 부분으로 나눌 수 있다. 범위  $j_1 = 0, N_{TH} \leq j_2 \leq C$ 에서의 상태 확률은 Erlang's loss formula로부터 쉽게 얻어질 수 있다.

$$P(0, j_2) = \frac{(\lambda_{MH})^{j_2}}{j_2!} P(0, 0), \text{ for } N_{TH} \leq j_2 \leq C \quad (8)$$

여기서  $P(0, 0)$ 에 대한 수식은 다음 부분에서 얻어질 수 있다. 이제 범위  $j_1 \geq 0, N_{TH} \leq j_2 \leq C$ 의 부분에 대한 핸드오프 호와 신규 호의 블록킹 확률을 구하기 위해 본 논문에서는 상태 천이도의  $j_1 \leq n$ 의 범위만을

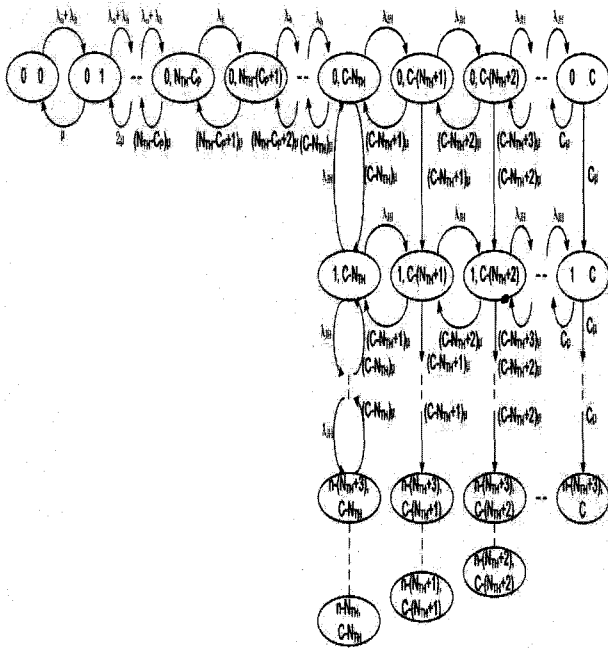


그림 6. 우선순위 계획에 대한 상태전송 다이어그램  
Fig. 6. State-transition diagram for prioritized scheme.

고려하여 호 블로킹 확률을 구할 것이다. 상태 확률을 구하기 위해 먼저  $j_2 \geq N_{TH}$ 인 범위에 대해서 다음과 같은 파라미터를 사용한다.

$$P_{j_2} = \sum_{j_1=0}^n P(j_1, j_2), \text{ for } N_{TH} \leq j_2 \leq C \quad (9)$$

그림 6에서 보는 것처럼 같은 열(row)에 있는 모든 상태는 같은 incoming flux와 outgoing flux를 갖는다. 신규 호와 핸드오프 호의 블로킹 확률과 채널효율을 구하면, 상태 천이도에서  $j_2 = C$ 인 경우 셀 안의 모든 채널이 점유된 경우에 신규 호(핸드오프 호)의 블로킹이 발생하므로  $P_{BN(H)}$ 은 식 (10)과 같다.

$$P_{EN(H)} = P(0, 0) \left( \frac{T}{H} \right)^{C-N_{TH}} \cdot \frac{H^C}{C} - \frac{EN}{C-N_{TH}} \cdot \frac{(C-N_{TH})!}{H^{C-N_{TH}}} \cdot \frac{H^C}{C} \left( \sum_{j_2=0}^{C-N_{TH}+1} \frac{T^{j_2}}{j_2!} \right) + \frac{EN}{C-N_{TH}} \cdot \frac{(C-N_{TH})!}{H^{C-N_{TH}}} \cdot \frac{H^C}{C} \quad (10)$$

신규 호의 지연 확률  $P_{DN}$ 은 식 (11)과 같다.

$$P_{DN} = 1 - \left( \sum_{k=0}^{C-N_{TH}+1} \frac{T^k}{k!} \right) P(0, 0) \quad (11)$$

제안한 시스템이 안정성을 갖기 위해선  $P(0, 0) > 0$  이어야 하고, 위 식  $P(0, 0)$ 의 확률로부터 식(12)를 만족하여야 한다.

$$\frac{EN}{C-N_{TH}} \cdot \frac{(C-N_{TH})!}{H^{C-N_{TH}}} \left( \sum_{j_2=N_{TH}}^C \frac{H^{j_2}}{j_2!} \right) < 1 \quad (12)$$

상태 천이도는 그림 6에서 시스템의 상태를  $(0, j_2)$ ,  $N_{TH} \leq j_2 \leq C$ 으로 고려한 부분과 같고  $j_2$ 를  $j$ 로 치환한다. 확률분산  $\{P_j\}$ 는 식(14)과 같다.

$$P_0 = \left[ \sum_{j=0}^C \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^j}{j! \mu^j} + \sum_{j=C_p+1}^{N_{TH}} \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C_p} \lambda_h^j}{j! \mu^j} + \sum_{j=N_{TH}+1}^C \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C_p} \lambda_h^{N_{TH}-C_p} (\lambda_{JH})^{j-N_{TH}}}{j! \mu^j} \right]^{-1} \quad (13)$$

$$P_j = \begin{cases} \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^j}{j! \mu^j} P_0 & \text{for } 0 \leq j \leq C_p \\ \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C_p} \lambda_h^j}{j! \mu^j} P_0 & \text{for } C_p + 1 \leq j \leq N_{TH} \\ \frac{(\lambda_n + \lambda_h)^{C_p} \lambda_h^{N_{TH}-C_p} (\lambda_{JH})^{j-N_{TH}}}{j! \mu^j} P_0 & \text{for } N_{TH} + 1 \leq j \leq C \end{cases} \quad (14)$$

트래픽 세기  $\rho_{JH}, \rho_n$  그리고  $\rho_h$ 를 정규화하기 위하여 시스템의 입력부하  $\rho$ 를 정의하면  $\rho = \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu}$ ,  $\rho_{JH} = \frac{\lambda_{JH}}{\mu}$ ,  $\rho_n = \frac{\lambda_n}{\mu}$  이고  $\rho_h = \frac{\lambda_h}{\mu}$ 이다. 제안한 모델이 정상상태 시스템이 되기 위해서 모든 상태확률의 총합은 1이 되어야 한다.

$$\sum_{j=0}^{C_p} P_j + \sum_{j=C_p+1}^{N_{TH}} P_j + \sum_{j=N_{TH}+1}^C P_j = 1 \quad (15)$$

모든 상태확률을 정리하면  $P_0$ 값은 식(16)과 같다.

$$P_0 = \left[ \sum_{j=0}^{C_p} \frac{\rho^j}{j!} + \sum_{j=C_p+1}^{N_{TH}} \frac{\rho^{C_p} \rho_h^j}{j!} + \sum_{j=N_{TH}+1}^C \frac{\rho^{C_p} \rho^{N_{TH}-C_p} \rho_{JH}^{j-N_{TH}}}{j!} \right]^{-1} \quad (16)$$

확률분산  $\{P_j\}$ 는 식(17)과 같다.

$$P_j = \begin{cases} \frac{\rho^j}{j!} P_0 & \text{for } 0 \leq j \leq C_p \\ \frac{\rho^{C_p} \rho_h^j}{j!} P_0 & \text{for } C_p + 1 \leq j \leq N_{TH} \\ \frac{\rho^{C_p} \rho^{N_{TH}-C_p} \rho_{JH}^{j-N_{TH}}}{j!} P_0 & \text{for } N_{TH} + 1 \leq j \leq C \end{cases} \quad (17)$$

우선순위 계획에 의한 신규 호 블로킹 확률  $P_{BN} = \sum_{j=N_{TH}}^{\infty} P_j$ 와 핸드오프 시도 실패 확률은 식(18)과 식(19)과 같다.

$$P_{BH} = \sum_{k=0}^{\infty} P_{C+k} P_r \quad (18)$$

$$P_{BH} = \sum_{k=0}^{\infty} P_{C+k} \frac{P_{BH}}{k} \quad (19)$$

각 기지국에서도 수용된 신규 호가 블록킹될 확률은 기지국의 상태가  $j=C$ 일 때이다.

$$P_{BN} = \frac{\rho_r \rho_{JH}^{C-N_{TH}}}{C} P_0 \quad (20)$$

각 기지국에서도 수용된 핸드오프 호가 블록킹될 확률은 기지국의 상태가  $j=C$ 일 때이다.

$$P_{BH} = \frac{\rho_r \rho_h^{N_{TH}-C} \rho_{JH}^{C-N_{TH}}}{C} P_0 \quad (21)$$

버퍼와 가드채널 모두가 존재하지 않는 시스템의 경우 가드채널의 수에 0을 대입함으로써 구할 수 있다. 제안한 방식의 성능분석을 위해 기지국의 전체채널 수가 20개의 시스템, 무선채널은 동일한 크기의 대역폭을 갖고, 우선순위 대기행렬 알고리즘계획 모델링에 대해 저하 인터벌은 평균적인 분산, 셀에서 호들의 시작은 포아성 비율로 도착, 핸드오프 요구도착 또한 포아성 분산 그리고 채널 점유시간은 지수분포로 가정한다. 성능분석을 위하여 입력부하가 전체시스템의 80%, ED=16일량 일 때 핸드오프 호의 요구되는 강제종료 확률 0.01을 만족하도록 가드채널을 설정하였다. 트래픽 세  $\rho_{JH}, \rho_n$  그리고  $\rho_h$ 를 정규화하기 위하여 시스템 입력 부하  $\rho$ 를 식(22)과 같이 정의하였다.

$$\rho = \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu} \quad (22)$$

식(22)과 트래픽 변동변수  $\alpha = \frac{\lambda_h}{\lambda_n}$ 로부터 신규 호의 도착률과 핸드오프 호의 도착률은 다음과 같이 유도되고 이를 바탕으로  $\rho_{JH}, \rho_n$  그리고  $\rho_h$ 를 아래와 같이 입력부하  $\rho$ 를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$\lambda_n = \frac{\mu\rho}{1+\alpha} \quad (23)$$

$$\lambda_h = \frac{\mu\alpha\rho}{1+\alpha} \quad (24)$$

$$\rho_{JH} = \frac{\lambda_{JH}}{\mu} = \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu} = \rho \quad (25)$$

$$\rho_n = \frac{\lambda_n}{\mu} = \frac{\rho}{1+\alpha} \quad (26)$$

$$\rho_h = \frac{\lambda_h}{\mu} = \frac{\alpha\rho}{1+\alpha} \quad (27)$$

### III. 실험

그림 7은 핸드오프 호 블록킹 확률이 0.01과 0.05일 때의 채널효율을 구하였다. 10일량부터 30일량 구간에서 채널 수에 의한 채널효율을 나타낸다. 각 구간에서 핸드오프 호 블록킹 확률 0.01과 0.05를 만족하기위한

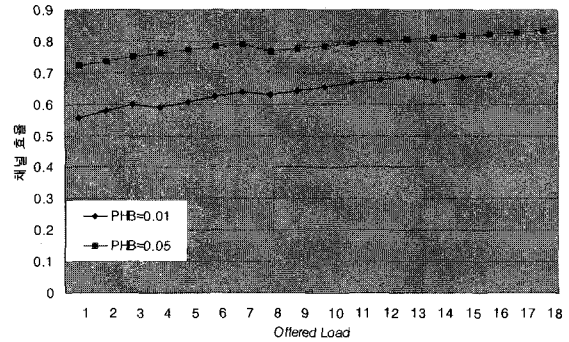


그림 7. 채널 효율  
Fig. 7. Channel efficiency.

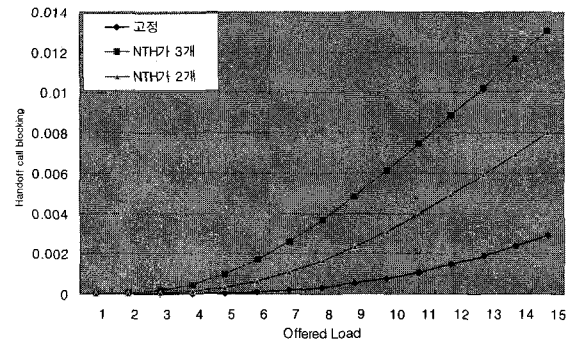


그림 8. 가드채널이 8개이고 임계치가 2개와 3개인 경우 핸드오프 호 블록킹 확률  
Fig. 8. Handoff blocking probability for guard channel of 8 and threshold channel of 2 or 3.

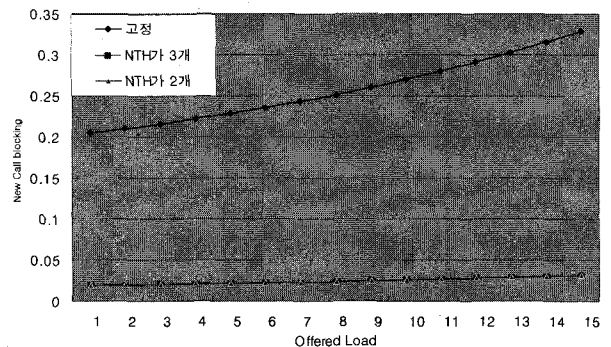


그림 9. 가드채널이 8개이고 임계치가 2개와 3개인 경우 신규 호 블록킹 확률  
Fig. 9. New call blocking probability for guard channel of 8 and threshold channel of 2 or 3.

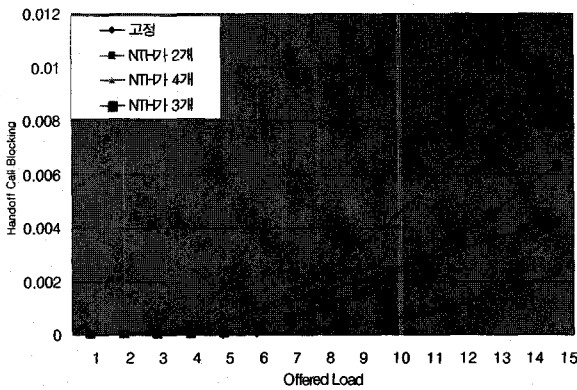


그림 10. 가드채널이 9개이고 임계치가 2개, 3개, 4개인 경우 핸드오프 호 블로킹 확률  
Fig. 10. Handoff blocking probability for guard channel of 9 and threshold channel of 2, 3 or 4.

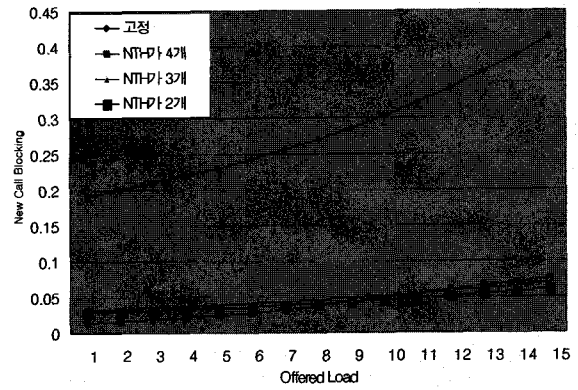


그림 13. 가드채널이 10개이고 임계치가 2개, 3개, 4개인 경우 신규 호 블로킹 확률  
Fig. 13. New call blocking probability for guard channel of 10 and threshold channel of 2, 3 or 4.

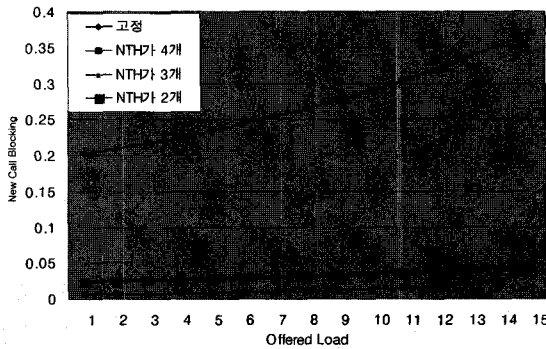


그림 11. 가드채널이 9개이고 임계치가 2개, 3개, 4개인 경우 신규 호 블로킹 확률  
Fig. 11. New call blocking probability for guard channel of 9 and threshold channel of 2, 3 or 4.

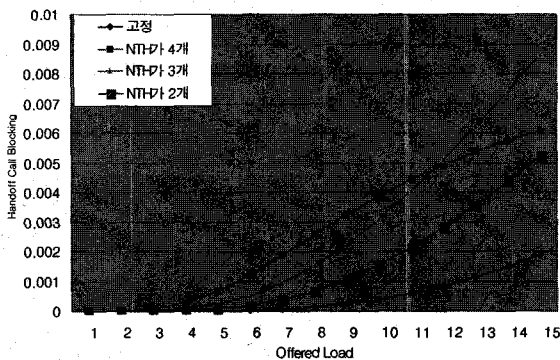


그림 12. 가드채널이 10개이고 임계치가 2개, 3개, 4개인 경우 핸드오프 호 블로킹 확률  
Fig. 12. Handoff blocking probability for guard channel of 10 and threshold channel of 2, 3 or 4.

채널 수로써 채널이 많을수록 효율이 증가함을 알 수 있다

그림 8부터 13까지는 기존의 고정된 가드채널 방식

과 제안한 방식의 핸드오프 호 블로킹 확률을 가드채널과 임계치의 다양한 변화를 통하여 임계치의 계수에 따라 핸드오프 호 블로킹 확률을 나타내고, 그 변화에 따라 신규 호 블로킹 확률의 변화를 보여주고 있다.

#### IV. 결 론

이동통신의 발전으로 셀 사이즈가 점차적으로 작아짐으로써 신규 호와 핸드오프 호의 트래픽이 증가된다. 이에 따라서 각 트래픽의 서비스 품질을 보장할 수 있는 방안이 요구되고 있다. 본 논문에서는 무선네트워크 시스템에서 핸드오프 호 블로킹 확률을 보장하면서, 신규 호의 블로킹 확률을 줄이고, 무선채널의 이용률을 향상시키기 위하여 속도적응 핸드오프 알고리즘과 우선순위 트래픽 제어모델을 적용하였다.

제안한 방식에서 가드채널에 임계치를 설정하여 임계치 이후부터 우선순위 알고리즘을 적용하여 우선순위 순으로 호를 할당하는 방식으로, 고정된 가드채널방식에 의하면 공유채널 이후부터 생기는 신규 호는 블로킹되는 반면에 제안한 방법에 의하면 임계치 이후의 가드채널에서 핸드오프 호를 보장해 주면서 임계치 이후의 가드채널은 우선순위에 따라 호를 할당하므로 신규 호를 확연하게 보장해주었다. 또한, 속도적응에 따른 우선순위 순으로 호를 할당하므로 채널을 보다 효율적으로 사용할 수 있고, 블로킹 확률을 줄일 수 있다. 핸드오프 호 블로킹 확률의 증가보다는 신규 호 블로킹 확률의 감소가 더욱 뚜렷하게 좋아짐을 나타낸다.

제안한 방식에 의해 총 전송되는 트래픽 양이 증가될 뿐 아니라, 기존의 고정된 채널할당방식의 문제점인 채



널의 비효율적인 사용과 각 트래픽의 서비스 품질을 보장할 수 있다.

[11] 이인행, 김영훈, "데이터 통신과 패킷교환," 홍릉과학출판사.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Naghshin도 and A. S. Acampora, "QoS Provisioning in Micro-Cellular Networks Supporting Multimedia Traffic," Proc.of IEEE INFOCOM. 95, Boston, pp 1075~1084, April. 1995.
- [2] D. Jong 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, pp77~92, Aug. 1986.
- [3] R. Guerin, "Queueing-Blocking System with Two Arrival Streams and Guard Channel." IEEE TransComm. Vol. 36, No. 2, pp153~163, Feb. 1988.
- [4] D. M. Lee, S. Y. Lim, S. C. Lim, H. Lee, "Performance Analysis of Handoff Scheme Using Prioritized Queueing in CDMA Cellular System," MoMuC 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications pp447~450, Oct. 1997.
- [5] Woo-Yong Choi, " A New Soft Handoff algorithm with the Pilot Signal Threshold Adjustment according to the Speed of the Mobile Station," 한국통신학회논문지, Vol. 24, No. 4A, pp547~553, Apr. 1998.
- [6] Fetrmando J, Velez, Luis M. Correia, "Capacity Trade-offs in Mobile Broadband Systems using Guard Channels for High Mobility Handover," IEEE Mobile Radio Comm. Vol. 2, pp749~753, Sep. 1998.
- [7] In-Hang Chung, Ming-Ching Yen, "performance Analysis of Hybrid-Switched integrated Voice/Data Cellular Radio Systems with Prioritized Handoff Voice Channels and Diversity Data Reservations," IEEE ICUPC'95, pp883~887, Apr. 1995.
- [8] Sirin Tekinay, Bijan Jabbari, "Analysis of measurement Based Prioritization Schemes for Handovers in Cellular Networks," IEE Globecom-92, Vol. 1 pp1~4, Feb. 1992.
- [9] 김영일, 진용욱 "속도적응 핸드오프 알고리즘", 한국통신학회논문지, Vol 22, No 4, pp748~760, Apr. 1994.
- [10] 이호우, "대기행렬 이론", 시그마프레스

---

 저 자 소 개
 

---



**박 지 호**(정회원)

1998년 남서울대학교 정보통신  
공학과 학사 졸업.

2001년 광운대학교 전자통신  
공학과 석사 졸업.

2003년 광운대학교 전자통신  
공학과 박사 수료.

현재 대구경북과학기술연구원 IT 연구부 연구원

<주관심분야 : 이동통신, 무선 네트워크, USN>

**오 영 환**(정회원)

대한전자공학회 논문지

제 42권 TC편 제5호 참조

<주관심분야 : 통신망>