

# 트래픽 특성을 고려한 CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널 할당 방법

正會員 권수근\*, 조무호\*, 전형구\*, 안지환\*, 조경록\*\*

## A Channel Assignment Scheme Considering Traffic Characteristics in the CDMA Cellular System

Soo Kun Kwon\*, Moo Ho Cho\*, Hyung Gu Jeon\*, Jee Hwan Ahn\*,  
Kyung Rok Cho\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 음성 및 데이터호를 동시에 서비스하는 CDMA 셀룰러 시스템에서 트래픽 특성을 고려한 채널 할당 방식을 제안한다. 제안된 채널 할당 방식은 에러에 민감한 데이터호에 대해 전송 에러가 많이 발생하는 하드 핸드오프의 발생 확률을 줄이기 위한 방법으로 첫째 데이터호의 경우 모든 기지국이 서비스하는 기본(primary) CDMA 채널에 우선적으로 할당하며, 둘째 기본 CDMA 채널의 부하가 임계치 이상이면 기본 CDMA 채널 사용 우선권을 데이터호에 주며, 셋째 기본 CDMA 채널의 가용 트래픽 채널이 없는 경우에는 인접 셀에서 가장 많이 서비스하는 CDMA 채널에 호를 할당한다. 제안된 알고리즘 적용 결과 임의의 기지국 구성에서도 보장되는 데이터호에 대한 핸드오프시 소프트 핸드오프 발생 확률의 최소치가 음성과 데이터 서비스를 동일 처리시 보다 40% 이상 증가되었다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a new channel assignment scheme considering traffic characteristics in the CDMA cellular system. The object of proposed method is to reduce the hard handoff of data calls which are very sensitive to transmission errors. In this algorithm, we use three channel assignment policies. First, all of the data calls are assigned to the primary CDMA channel if possible. Second, priority for primary CDMA channel is given to data

\* 한국전자통신연구소  
Electronics and Telecommunications Research Institute

\*\* 충북대학교 정보통신공학과  
ChungPook National University  
論文番號: 96171-0610  
接受日字: 1996년 6월 10일

calls by assigning some primary CDMA traffic channels exclusively for data calls. Third, data calls are assigned to the CDMA channel most served by neighbor cells, when all of the primary CDMA traffic channels are used. A performance analysis shows that the minimum soft handoff probability of data calls in handoff which is guaranteed any cell configuration is increased above 40% by the adopting proposed algorithm.

## I. 서 론

정보화 시대의 도래에 따라 정보는 우리 생활과 분리될 수 없는 밀접한 관계를 가지며 이에 따라 유선 통신에서 뿐 아니라 이동통신 분야에서도 데이터 서비스의 중요성은 커지고 있다. 데이터트래픽은 일반적으로 음성트래픽에 비해 다른 서비스특성을 요구하는데 전송지연의 경우 음성에서는 심각한 영향을 미치지만 데이터의 경우에는 어느 정도 허용된다. 반면 약간의 전송오류는 가입자가 느끼는 음성서비스 품질에는 별 영향을 미치지 않으나 데이터서비스의 경우는 서비스품질에 치명적인 영향을 주거나 빈번한 재전송으로 시스템의 효율성을 떨어뜨린다[1]. 이와 같이 데이터트래픽은 낮은 전송 에러를 요구하는데 반해 무선망에서는 열악한 무선환경, 핸드오프등 많은 문제점에 직면하게 된다. Radio Link Protocol (RLP)의 적용, 무선채널의 페이팅특성과 핸드오프에 대비한 셀룰러 전용모뎀의 사용등 무선구간의 전송 오류를 줄이기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다 [2, 3, 4, 5]. 그리고 최근 상용서비스를 시작한 CDMA 방식에서는 두개의 기지국과 동시에 데이터 송수신이 가능한 소프트 핸드오프(Soft Handoff)가 제공되며 이는 기존의 하드 핸드오프(Hard Handoff)에 비해 페이팅의 영향을 감소시켜 열악한 무선구간에서의 데이터 전송에러를 크게 줄일 수 있다[5, 6, 7]. CDMA 셀룰러 이동통신 시스템에서 핸드오프시 소프트 핸드오프가 발생하기 위해서는 핸드오프호가 사용중인 CDMA 채널과 동일한 CDMA 채널을 인접 셀에서 제공할 수 있어야 한다. 이 시스템에 사용되는 모든 기지국은 이동국이 초기상태에서 기지국을 포착(Acquisition)하기 위해 사용하는 기본(primary) CDMA 채널을 반드시 서비스해야 하며, 따라서 기본 CDMA 채널에 할당된 호는 다른 CDMA 채널에 할당된 호에 비해 핸드오프시 소프트 핸드오프 발생 확률이 훨씬 높다[6, 8, 9, 10].

본 논문에서는 음성 및 데이터호를 동시에 서비스하는 기지국에서 이동국의 이동에 의한 핸드오프 발생시 데이터호의 주파수간 하드 핸드오프 확률을 감소시켜 데이터 서비스의 성능을 개선하기 위해 데이터호에 기본 CDMA 채널의 사용 우선권을 주는 채널 할당 방식을 제안하고 데이터호를 포함한 기지국의 트래픽을 모델링하고 이에 따라 해석적 방법으로 제안된 알고리즘의 성능을 분석한다.

## II. 트래픽 모델

### 1. 호 발생률(Call Attempt)

셀은 반경이 R인 정육각형 셀과 면적이 동일한 반경이 Req인 원으로 가정하며 Rhout은 셀프 셀의 핸드오프 Add 영역이고 Rin은 인접 셀의 핸드오프 Add 영역이다. 호발생은 포아송과정을 따르며 셀내에 균일하게 분포되어 있다고 가정한다.

호는 발생 위치에 따라 세 종류로 분류된다. 첫째 셀내(Req 내)에서 발생하는 신규호이고, 둘째 핸드오프 영역(Rhout와 Req 사이)에서 발생하는 핸드오프 호로 핸드오프 영역에서 발생하는 호는 인접 셀에서 신규호가 성공하는 즉시 셀프 셀의 핸드오프호로 발생한다. 세번째 호는 셀 외부(Rhout 외부)에서 발생하여 이동국의 이동에 따라 핸드오프되는 유입호이다.

#### ○신규호

단위시간당 반지름 Req인 셀 내에서 발생하는 신규호를  $\lambda n$ , 전체 신규호중 데이터호의 비율  $\Phi$ 라 정의하면 신규 음성호  $\lambda n v$ 와 신규 데이터호는  $\lambda n d$ 는

$$\begin{aligned} \lambda n v &= (1 - \Phi)\lambda n \\ \lambda n d &= \Phi\lambda n \end{aligned} \quad (1)$$

이며 이들은 모두 기본 CDMA 채널의 부하로 작용한다. 호가 성공적으로 수행되어 기본 CDMA 채널을

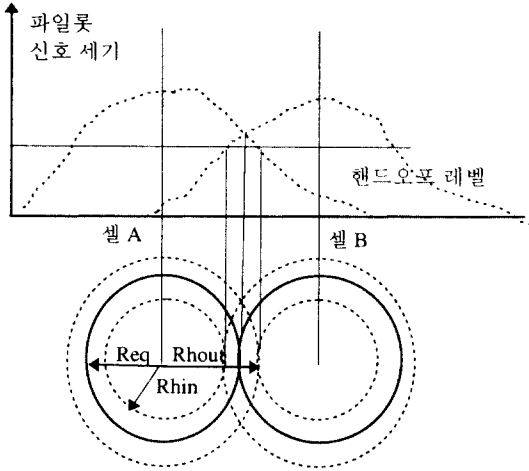


그림 1. 파일럿 신호 세기와 핸드오프 영역

점유하는 음성호와 데이터호의 발생률  $\lambda_{nvc}$ ,  $\lambda_{ndc}$ 는 음성호의 기본 CDMA 채널 할당 확률이  $P_v$ , 데이터호의 기본 CDMA 채널 할당 확률이  $P_d$ 인 경우 아래 식과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda_{nvc} &= (1-\Phi)\lambda_n P_v \\ \lambda_{ndc} &= \Phi\lambda_n P_d \end{aligned} \quad (2)$$

○ 핸드오프 영역에서의 발생호

$R_{eq}$ 와  $R_{hout}$ 내에서 발생하는 핸드오프호  $\lambda_{h1}$ 는 인접셀에서 신규호가 설정됨과 동시에 핸드오프호로 발생된다. 이 영역에서 발생하는 호는 인접셀에서 신규호가 성공해야 하며 또한 기본 CDMA 채널을 할당 받아야만 셀프 셀의 기본 CDMA 채널 부하로 가해진다. 따라서 셀프셀의 기본 CDMA 채널에 부하로 주어지는 음성 핸드오프호 발생률  $\lambda_{h1v}$ 와 데이터 핸드오프호 발생률  $\lambda_{h1d}$ 는  $R_{eq}$ 와  $R_{hout}$  사이에서 발생하는 신규호 발생률과 인접 셀에서 호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률  $P_v$  또는  $P_d$ 의 곱으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \lambda_{h1v} &= \frac{(R_{hout}^2 - R_{eq}^2)}{R_{eq}^2} (1-\Phi)\lambda_n P_v \\ \lambda_{h1d} &= \frac{(R_{hout}^2 - R_{eq}^2)}{R_{eq}^2} \Phi\lambda_n P_d \end{aligned} \quad (3)$$

$\lambda_{h1v}$ ,  $\lambda_{h1d}$ 중 핸드오프 절차가 성공적으로 수행되

어 기본 CDMA 채널에 할당되는 호발생률은 신규호에서와 동일하게 핸드오프 영역에서의 핸드오프 발생률  $\lambda_{h1v}$ ,  $\lambda_{h1d}$ 와  $P_v$ ,  $P_d$ 의 곱으로 표현된다. 따라서 기본 CDMA 채널에 성공적으로 할당되는 음성호  $\lambda_{h1vc}$ 와 데이터호  $\lambda_{h1dc}$ 는 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned} \lambda_{h1vc} &= \lambda_{h1v} \cdot P_v = \frac{(R_{hout}^2 - R_{eq}^2)}{R_{eq}^2} (1-\Phi)\lambda_n P_v^2 \\ \lambda_{h1dc} &= \lambda_{h1d} \cdot P_d = \frac{(R_{hout}^2 - R_{eq}^2)}{R_{eq}^2} \Phi\lambda_n P_d^2 \end{aligned} \quad (4)$$

○ 셀 외부에서 유입되는 호

이동통신 서비스영역내에서의 신규호 발생률이 전체 영역에 균일하게 분포하였다고 가정하면 특정 셀에서 유입되는 호와 그 셀에서 방출되는 호는 흐름보존 법칙(flow conservative law)에 따라 동일하다고 볼 수 있다. 따라서  $R_{hout}$ 로 유입되는 핸드오프호  $\lambda_{h2}$ 는  $R_{hout}$ 에서 방출되는 호와 동일하다.  $R_{hout}$ 에서 방출되는 호  $\lambda_{h2}$ 는 단위 면적당 호 밀도가  $\rho$ , 셀의 둘레가  $L$ , 이동국의 평균속도가  $V_{mean}$ 이면

$$\begin{aligned} \lambda_{h2} &= \frac{\rho V_{mean} L}{\pi} = \frac{\rho V_{mean} (2\pi R_{hout})}{\pi} \\ &= 2\rho V_{mean} L R_{hout} \end{aligned} \quad (5)$$

이다[11, 12].

핸드오프시 채널할당은 이동국이 사용하는 CDMA 채널과 동일한 CDMA 채널을 우선 할당하므로 유입호  $\lambda_{h2}$  중 기본 CDMA 채널에 주어지는 부하는 기본 CDMA 채널을 사용중인 호이다. 그리고 핸드오프호의 발생률은 호 지속 시간( $1/\mu_M$ ), 셀 반경( $R_{hout}$ ), 이동 속도( $V$ )의 함수이며 음성호와 데이터호의 지속시간, 이동속도가 동일하다고 가정하면 유입되는 핸드오프호의 데이터호 비는 신규호의 경우와 동일하다. 따라서 기본 CDMA 채널에 부하로 주어지는 음성 및 데이터호의 유입되는 핸드오프호 발생률은 아래와 같다.

$$\lambda_{h2v} = 2\rho v V_{mean} R_{hout} = 2 \frac{(1-\Phi)(\lambda_n + \lambda_{h1} P_v) P_v}{\mu_M \pi R_{hout}} V_{mean} \quad (6)$$

$$\lambda_{h2d} = 2\rho_d V_{mean} R_{hout} = 2 \frac{\Phi(\lambda_n + \lambda_{h1} P_d) P_d}{\mu_M \pi R_{hout}} V_{mean} \quad (7)$$

유입되는 핸드오프호중 기본 CDMA 채널을 점유하는 호발생률은 신규호에서와 동일하게 유입되는 핸드오프 발생률  $\lambda_{h2v}$ ,  $\lambda_{h2d}$ 과 음성호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률  $P_v$ , 데이터호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률  $P_d$ 을 곱한 값이된다.

$$\lambda_{h2vc} = \lambda_{h2v} \cdot P_v = 2 \frac{(1-\Phi)(\lambda_n + \lambda_{h1} P_v) P_v^2}{\mu_M \cdot \pi \cdot R_{hout}} V_{mean} \quad (8)$$

$$\lambda_{h2dc} = \lambda_{h2d} \cdot P_d = 2 \frac{\Phi(\lambda_n + \lambda_{h1} P_d) P_d^2}{\mu_M \cdot \pi \cdot R_{hout}} V_{mean} \quad (9)$$

### 2. 채널 점유 시간(Channel Holding Time)

셀룰러 시스템에서 이동국이 채널을 점유하기 위해서는 호 발생 후 해당 셀내 머물러야 하고 또한 호가 지속되어야하는 조건을 동시에 만족해야 한다. 따라서 채널점유 시간은 신규 호 또는 핸드오프에 의한 호 발생후 이동국이 셀내 머무를 시간과 통화가 지속될 시간중 적은 값이 된다. 이동국의 셀내 체류 시간은 호 발생 영역에 따라 신규호, 핸드오프영역에서 발생한 핸드오프호 및 유입되는 핸드오프호등 세 종류로 나누어 구할 수 있다. 이중 신규호 영역과 핸드오프 영역에서 발생한 호의 셀내 체류 시간 분포는 동일하다. 따라서 기존의 하드 핸드오프 모델에서 사용하는 방식과 동일하게 핸드오프 영역  $R_{hout}$ 를 기준으로 내부에서 발생하는 호와 영역외에서 발생하여 유입되는 호등 두 종류로 분류하여 계산 할 수 있다. 핸드오프 영역내에서 발생한 신규호와 핸드오프호가 핸드오프를 포함한 셀 영역내 체류 시간을 확률 변수  $T_{in}$ 이라고 유입되는 호의 셀내 체류 시간을 확률 변수  $T_{out}$ 라고 하면 각각의 pdf와 cdf는 아래식과 같다[13].

$$f_{T_{in}}(t) = \frac{8 R_{hout}}{3 V_{max} \pi t^2} \left[ 1 - \sqrt{\left\{ 1 - \left( \frac{t V_{max}}{2 R_{hout}} \right)^2 \right\}^3} \right] \quad (10)$$

$$\text{for } 0 \leq t \leq \frac{2 R_{hout}}{V_{max}}$$

$$= \frac{8 R_{hout}}{3 V_{max} \pi t^2} \quad \text{for } t > \frac{2 R_{hout}}{V_{max}}$$

$$f_{T_{out}}(t) = \frac{4 R_{hout}}{\pi V_{max} t^2} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{V_{max} t}{2 R_{hout}} \right)^2} \right]$$

$$\text{for } 0 \leq t \leq \frac{2 R_{hout}}{V_{max}} \quad (11)$$

$$= \frac{4 R_{hout}}{\pi V_{max} t^2} \quad \text{for } t > \frac{2 R_{hout}}{V_{max}}$$

$$F_{T_{in}}(t) = \frac{2}{\pi} \arcsin\left(\frac{V_{max} t}{2 R_{hout}}\right) - \frac{4}{3\pi} \tan\left[\frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{V_{max} t}{2 R_{hout}}\right)\right] + \frac{1}{3\pi} \sin\left[2 \arcsin\left(\frac{V_{max} t}{2 R_s}\right)\right],$$

$$\text{for } 0 \leq t \leq \frac{2 R_{hout}}{V_{max}}$$

$$= 1 - \frac{8 R_{hout}}{3 \pi V_{max} t} \quad \text{for } t > \frac{2 R_{hout}}{V_{max}} \quad (12)$$

$$F_{T_{out}}(t) = \frac{2}{\pi} \arcsin\left(\frac{V_{max} t}{2 R_{hout}}\right) - \frac{2}{\pi} \tan\left[\frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{V_{max}}{2 R_s}\right)\right]$$

$$\text{for } 0 \leq t \leq \frac{2 R_{hout}}{V_{max}}$$

$$= 1 - \frac{4 R_{hout}}{\pi V_{max} t} \quad \text{for } t > \frac{2 R_{hout}}{V_{max}} \quad (13)$$

음성호 및 데이터호의 평균 호 지속시간을  $T_M$ 이라고 하고  $T_M$ 의 분포가 평균이  $1/\mu_M$ 인 지수분포라하면  $T_M$ 의 pdf와 cdf는 식 (14)과 같다.

$$f_{T_M}(t) = \mu_M e^{-\mu_M t}$$

$$F_{T_M}(t) = 1 - e^{-\mu_M t} \quad (14)$$

위 식으로 부터 신규호와 핸드오프 영역내에서 발생한 핸드오프호의 채널 점유시간  $T_{Hin}$ , 유입되는 호의 채널 점유시간  $T_{Hout}$ 은 식 (15)과 같다.

$$T_{Hin} = \min(T_M, T_{in})$$

$$T_{Hout} = \min(T_M, T_{out}) \quad (15)$$

$T_{Hin}, T_{Hout}$ 의 cdf는

$$F_{T_{Hin}}(t) = F_{T_M}(t) + F_{T_{in}}(t)(1 - F_{T_M}(t))$$

$$F_{T_{Hout}}(t) = F_{T_M}(t) + F_{T_{out}}(t)(1 - F_{T_M}(t)) \quad (16)$$

이 된다. 위 식으로부터 전체 호의 평균 채널 점유 시간  $T_H$ 의 cdf는 식 (17)과 같고 식 (17)에 식 (14), (16)을 적용하면 식 (18)가 된다.

$$F_{TH}(t) = \frac{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c}}{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c} + \lambda_{h2c}} F_{THin} + \frac{\lambda_{h2}}{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c} + \lambda_{h2c}} F_{THou}$$

$$F_{TH}(t) = 1 - e^{-\mu H t} + e^{-\mu H t} \left( \frac{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c}}{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c} + \lambda_{h2c}} F_{Tin}(t) + \frac{\lambda_{h2}}{\lambda_{nc} + \lambda_{h1c} + \lambda_{h2c}} F_{Tou}(t) \right) \quad (18)$$

$T_H$ 는 계략적으로 지수분포를 가지며 지수분포는 평균에 의해 표시되므로 평균 채널 점유시간  $\overline{T_H} (= 1/\mu H)$ 는 아래의 식으로 구할 수 있다[13].

$$\int_0^{\infty} (F_{TH}^C(t) - e^{-\mu H t}) dt = 0 \quad (19)$$

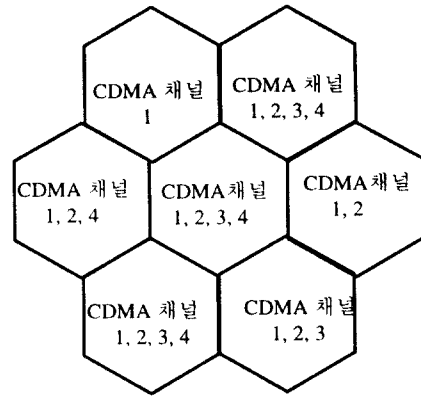
### III. 채널 할당 알고리즘

#### 1. 소프트 핸드오프와 하드 핸드오프

CDMA 기지국은 1.25Mhz 주파수대역의 CDMA 채널을 다수개 사용할 수 있으며 이동국의 초기포착(Acquisition)을 위하여 반드시 기본(Primary) CDMA 채널을 포함 해야한다. 기지국은 그림 2에서 보는 바와 같이 트래픽 환경에 따라 필요한 수 만큼의 CDMA 채널을 사용한다. 이와 같은 CDMA 셀 환경에서 기지국간 핸드오프시 핸드오프호가 사용중인 CDMA 채널과 동일한 CDMA 채널이 인접 기지국에서 서비스되지 않거나 해당 CDMA 채널의 가용 트래픽 채널이 없는 경우 주파수간 하드 핸드오프가 발생한다.

그림 1의 셀 A에서 셀 B로 이동국이 서비스 상태에서 이동하는 경우 이동국이 사용중인 CDMA 채널과 동일 주파수 대역의 트래픽 채널을 기지국 B에서 제공 가능한 경우 소프트 핸드오프가 발생한다. 소프트 핸드오프시 이동국이 셀 B 영역으로 이동하여 인접 셀의 소프트 핸드오프 Add 영역인  $R_{hin}$ 에 접근하면 기지국 B와도 통신로가 설정되어 기지국 A와의 접속이 종료되는 셀프 셀의 소프트 핸드오프 Drop 영역인  $R_{hou}$ 까지는 두 기지국과 동시에 통신로가 설정된다. 이때 이동국과 기지국 셀렉터는 양 통신로로 수신한 데이터중 양호한 데이터를 사용하여 원래 신호

를 복원한다. 반면 이동국이 기지국 A에서 기지국 B로 이동시 기지국 B에서 현재 이동국이 사용중인 CDMA 채널과 동일한 CDMA 채널로 서비스 제공이 불가능한 경우 Req 지점까지는 기지국 A와만 통신이 수행되고 Req 지점에서 기지국 A와의 접속이 절단되면서 기지국 B와 재연결되는 하드 핸드오프가 발생한다.



CDMA 채널 1 = 기본 CDMA 채널

그림 2 다수의 CDMA 채널을 사용하는 셀구성 예

위에서 살펴본 바와 같이 소프트 핸드오프는 전송 특성이 열악한 핸드오프 영역에서 독립적인 신호수신에 의한 두개의 기지국과 동시에 송수신이 가능하며 이에 따라 수신 데이터중 페이딩의 영향이 적은 양질의 데이터를 선택함으로써 하드 핸드오프에 비하여 무선구간에서의 데이터 전송에러를 크게 줄일 수 있다. 또한 하드 핸드오프에서는 접속 전 단절(Break\_Before\_Make) 특성에 따라 무선링크의 일시적인 단절이 발생하여 데이터의 유실이 발생하나 소프트 핸드오프에서는 단절 전 접속(Make\_Before\_Break) 특성에 따라 핸드오프시에도 무선링크의 연속성이 유지된다.

#### 2. 제안된 채널할당 알고리즘

본 논문에서는 일정 수준 이상의 성능이 유지되는 경우 어느 정도의 전송에러에 크게 영향을 받지 않는 음성호와 전송에러에 민감한 데이터호 서비스를 동

시에 수행하는 기지국에서 서비스 특성을 고려한 채널 할당방식을 제안한다. 부하가 적은 경우 모든 호를 소프트 핸드오프가 가능하도록 기본 CDMA 채널에 할당하고 트래픽 부하가 증가하여 주파수간 하드 핸드오프가 발생하는 경우에는 음성호에 비해 데이터호의 주파수간 하드 핸드오프가 적게 발생하도록 트래픽 채널을 할당한다. 주파수간 하드 핸드오프가 발생하지 않기 위해서는 인접 기지국에서 현재 이동국이 사용중인 동일 주파수대역의 CDMA 채널을 서비스해야 하고 또한 해당 CDMA 채널의 유용한 트래픽 채널이 존재해야 한다. 위의 첫째 조건을 충족시키기 위해 신규 데이터호의 경우 모든 기지국이 단말의 초기 포착을 위해 반드시 서비스해야 하는 기본 CDMA 채널에 우선적으로 할당하며, 둘째 조건을 위

해 기본 CDMA 채널에서 사용중인 채널수가 임계치 이상이면 기본 CDMA 채널의 트래픽 채널 사용권을 데이터호에만 준다 추가적으로 기본 CDMA 채널의 유용한 채널이 없는 경우에는 인접 셀의 사용 CDMA 채널을 조사하여 가장 많이 서비스하는 CDMA 채널에 호를 할당한다.

그림 3은 본 알고리즘에 따른 채널할당 절차도이다.

1) 호가 발생하면 신규호인지 핸드오프호인지를 판단하여 핸드오프호이면 사용중인 CDMA 채널과 동일한 CDMA 채널에 할당하고 신규호이면 채널상태를 조사하여 기본 CDMA 채널에서 사용중인 채널수가 임계치 즉 기본 CDMA 채널에서 제공 가능한 최대채널 수에서 데이터 서비스에만 사용하도록 예약한 트래픽채널 수를 뺀 것보다 적으면 모든 호를 기본 CDMA 채널에 할당한다.

2) 기본 CDMA 채널의 사용중인 트래픽채널 수가 임계치 이상인 경우 신규 데이터호만 기본 CDMA 채널에 할당하고 신규 음성호의 경우는 기본 CDMA 채널외의 CDMA 채널에 할당한다.

3) 기본 CDMA 채널의 트래픽 채널이 모두 사용중인 경우 인접 기지국에서 사용하는 CDMA 채널중 가장 많이 서비스중인 CDMA 채널에 신규호를 할당한다.

#### IV. 성능 분석

소프트 핸드오프는 기본 CDMA 채널간에 발생하는 소프트 핸드오프와 비 기본 CDMA 채널간에 발생하는 소프트 핸드오프로 나눌 수 있다. 본 논문에서 제안된 채널할당 방식은 신규 데이터호는 기본 CDMA 채널에 우선 할당하므로 데이터호의 경우 기본 CDMA 채널을 통한 소프트 핸드오프 비율이 비 CDMA 채널을 통한 소프트 핸드오프에 비해 훨씬 많은 부분을 차지하며 또한 비 기본 CDMA 채널을 통한 소프트 핸드오프 확률은 셀 구성 환경마다 달라 지므로 본 성능 분석에서는 핸드오프 발생시 기본 CDMA 채널만을 통한 소프트 핸드오프 확률을 구하여 성능을 평가한다.

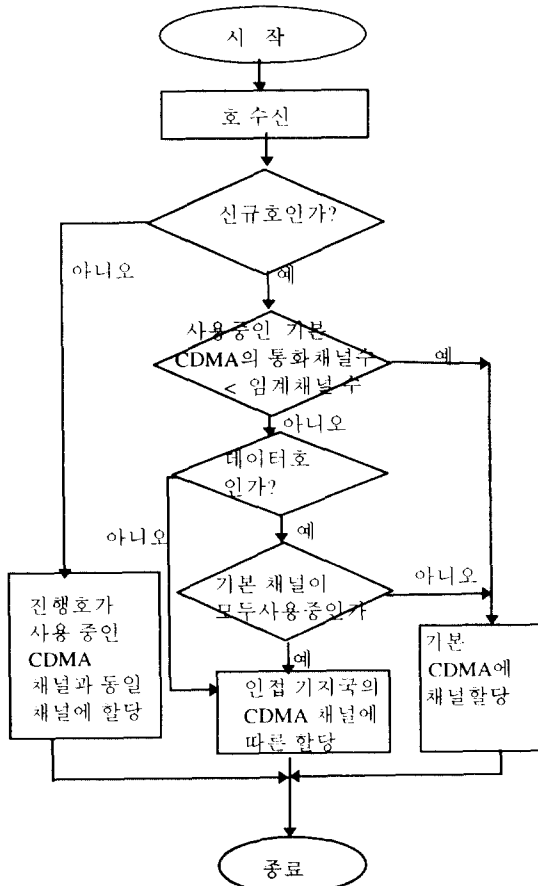


그림 3. 기지국에서의 채널 할당 절차

##### 1. 기본 CDMA 채널 할당 확률 계산

기본 CDMA 채널의 트래픽채널 수가  $n$ 개이고 기

본 CDMA를 제외한 나머지 CDMA 채널의 총 트래픽 채널 수가  $m$ 개라고 가정하며, 기본 CDMA 채널중  $r$ 개 채널은 데이터호만을 위해 사용한다. 기본 CDMA 채널의 사용트래픽채널 수가  $n-r$ 개 이하이면 음성 및 데이터호에 의해 공유되고 기본 CDMA의 가용 트래픽채널이  $r$ 개 이하이면 데이터호만 기본 CDMA 채널에 할당되고 음성호는 다른 CDMA 채널에 할당된다. 음성호와 데이터호의 발생율은 평균이  $\lambda v (= \lambda_{nv} + \lambda_{h1v} + \lambda_{h2v})$ ,  $\lambda d (= \lambda_{nd} + \lambda_{h1d} + \lambda_{h2d})$ 인 포아송 분포이고, 채널 점유시간  $T_H$ 는 평균이  $1/\mu_H$ 인 지수분포로 가정한다. 기지국의 기본 CDMA 채널 사용개수가  $i$ 개이고 나머지 CDMA 채널의 점유 트래픽 채널 수가  $j$ 인 경우의 상태를  $E_{ij}$ 라고 정의하고 셀이  $E_{ij}$ 에 머무를 안정 상태를  $P_{ij}$ 라고하면  $P_{ij}$ 는 일반적인 birth-death process에 의해 표현된다. 이의 상태 천이 다이어그램은 그림 4와 같다.

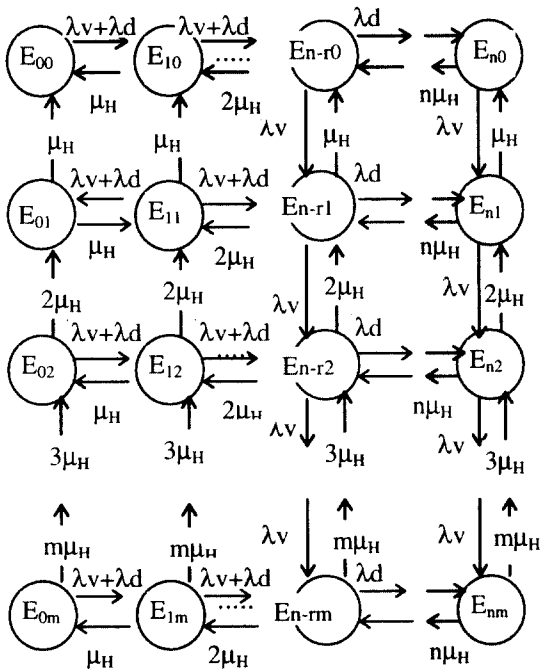


그림 4. 상태 천이도

기본 CDMA 채널의 사용 갯수가  $i$ 개인 모든 상태의 합을  $P_i$ 라고 하면

$$P_i = P_{i0} + P_{i1} + P_{i2} + \dots + P_{im} \quad (21)$$

이 되며  $P_i$ 는 1차원의 상태방정식으로 표현 가능하며  $P_i$ 와  $P_{i-1}$ 의 관계는 식 (22)와 같다.

$$P_i = \frac{(\lambda v + \lambda d)}{i \mu_H} P_{i-1}, \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n-r$$

$$P_i = \frac{\lambda d}{i \mu_H} P_{i-1}, \quad \text{for } i = n-r+1, \dots, n \quad (22)$$

$P_i$ 의 전체합은 1이되야 하며 이에 따라 각 상태의 확률은 아래 식과 같이 구할 수 있다.

$$P_0 = \left[ \sum_{i=0}^{n-r} \frac{(\lambda v + \lambda d)^i}{i! \mu_H^i} + \sum_{i=n-r+1}^n \frac{(\lambda v + \lambda d)^{n-r} \lambda d^{i-(n-r)}}{i! \mu_H^i} \right]^{-1} \quad (23)$$

$$P_i = \frac{(\lambda v + \lambda d)}{i! \mu_H^i} P_0 \quad \text{for } i = 1, 2, 3, \dots, n-r$$

$$P_i = \frac{(\lambda v + \lambda d)^{n-r} \lambda d^{i-(n-r)}}{i! \mu_H^i} P_0 \quad \text{for } i = n-r+1, \dots, n \quad (24)$$

최종적으로 데이터호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률  $P_d$ 와 음성호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률  $P_v$ 는 아래식과 같다.

$$P_d = \sum_{i=0}^{n-1} P_i$$

$$P_v = \sum_{i=0}^{n-r-1} P_i \quad (25)$$

### 2. 성능 특성

기본 CDMA 채널을 통해 소프트 핸드오프가 발생할 확률은 기본호 또는 핸드오프가 기본 CDMA 채널에 할당되고 이 호가 다시 핸드오프시 기본 CDMA 채널을 할당 받을 확률이므로 데이터호가 기본 CDMA 채널에 할당될 확률이  $P_d$ 인 경우 데이터호의 핸드오프시 기본 CDMA 채널을 통한 소프트 핸드오프 발생 확률 즉, 임의의 기지국 구성에서도 보장되는 데이터호의 핸드오프시 소프트 핸드오프 발생

확률의 하한치  $P_{DS(MIN)}$ 은  $P_d * P_d$ 이다. 성능분석에 적용된 파라미터로는 셀 반경  $R$ 은 3.2 km, 이동국의 최대 속도는 90 km/hour[13],  $Req/Rhout = 0.8$ , CDMA 채널 당 트래픽채널 수는 30개로 가정하였다. 그리고 호의 지속시간은 음성 및 데이터 모두 평균  $T_M (= 1/\mu_M)$ 이 120 초인 지수 분포로 가정하였다.

그림 5와 그림 6은 데이터호를 위해 예약한 채널 수  $r$ 에 따른  $P_d/P_{DS(MIN)}$ 과의 관계를 나타낸다. 전체 호중 데이터호의 비율은 10%로 가정하였으며 셀의 신규호 발생률  $\lambda n$ 이 1000~4000 호/시간이고  $r$ 이 0~5에 대해 분석했다. 그림에서 보는 바와 같이 예약채널  $r$ 이 적은 경우  $P_d/P_{DS(MIN)}$  증가율은 급격하며  $r$ 이 커질수록  $P_d/P_{DS(MIN)}$ 의 증가율이 감소하여 포화현상이 발생한다. 트래픽 부하가 적을수록 포화현상이 빨리 발생하며 따라서 적은 수의  $r$ 이 필요함을 알 수 있다. 조사된 모든 부하에서  $r$ 이 1인 경우에도  $P_d$ 는  $r$ 이 0인 경우에 비해 30% 이상 증가하며 부하가 높을수록  $P_d$  증가율이 높아지는데 이는  $r$ 의 이용도 증가에 따른 것으로 볼 수 있다. 이에 따라 어떠한 기지국 환경에서도 가능한 데이터호의 소프트 핸드오프 확률의 하한치  $P_{DS(MIN)}$ 는  $r$ 이 1인 경우  $r$ 이 0인 경우에 비해 40% 이상 증가하며  $P_d$ 와 마찬가지로 부하가 많아질수록 더욱더 커진다.

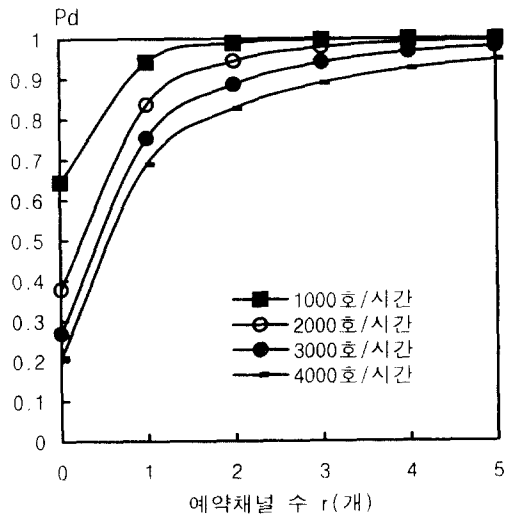


그림 5. 예약채널에 대한  $P_d$ 의 변화

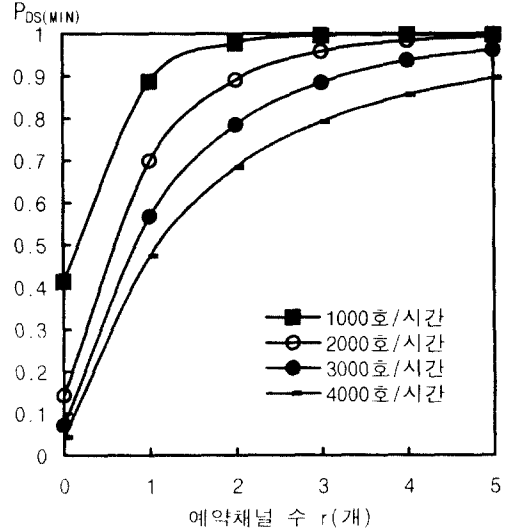


그림 6. 예약채널에 대한  $P_{DS(MIN)}$ 의 변화

위에서 살펴본 바같이 데이터호에 대한 기본 CDMA 채널의 사용우선권을 주는 경우 데이터호의 주파수 간 하드 핸드오프 확률의 감소효과가 매우 큰것을 확인할 수 있다. 그러나  $r$ 의 운용에 따른 역작용이 발생할 수 있으며 이에 대한 분석 또한 필요하다. 데이터호를 위한 예약채널  $r$ 의 운용에 따른 역작용으로는  $r$ 의 이용도 감소에 따른 음성호의 차단확률  $P_{VB}$ 의 증가와 음성호의 하드 핸드오프 확률의 증가이다. 그림 7은  $r$ 의 증가에 따른 어떠한 기지국 환경에서도 가능한 음성호의 핸드오프시 소프트 핸드오프 확률의 하한치  $P_{SS(MIN)}$ 의 변화를 나타낸다.  $P_{SS(MIN)}$ 의 감소정도는  $P_{SD(MIN)}$  증가 정도에 비해 훨씬 완만하며 또한 음성호의 경우 하드 핸드오프에 의한 서비스 품질저하가 데이터호에 비해 훨씬 낮으므로 역작용은 거의 무시할 수 있다. 또하나의 역작용은 음성호의 경우  $r$ 를 사용하지 못함에 따라  $r$ 의 이용률 감소에 따른 음성호의 차단확률  $P_{VB}$ 의 증가이다. 그림 8은  $r$ 과  $P_{VB}$ 의 관계를 보여준다. 사용 CDMA 채널 수가 적은 경우  $r$ 에 따라  $P_{VB}$ 가 급격하게 증가하며 사용 CDMA 채널 수가 많아질수록  $r$ 에 따른  $P_{VB}$ 의 증가가 완만하다. 위에서 살펴본 트래픽 부하에 따른 필요한 예약채널  $r$ 과  $r$ 에 따른  $P_{VB}$ 의 증가를 고려하여 셀의 트래픽 부하와 사용 CDMA 채널 수를 고려한 적절한 예약채널 운용이 필요하며 트래픽채널의 가용도에 우선순을 들



경우에는 음성호에 대해서도 비 기본 CDMA 채널이 모두 사용자인 경우에 한해 예약채널을 할당하는 방식을 적용할 수도 있다.

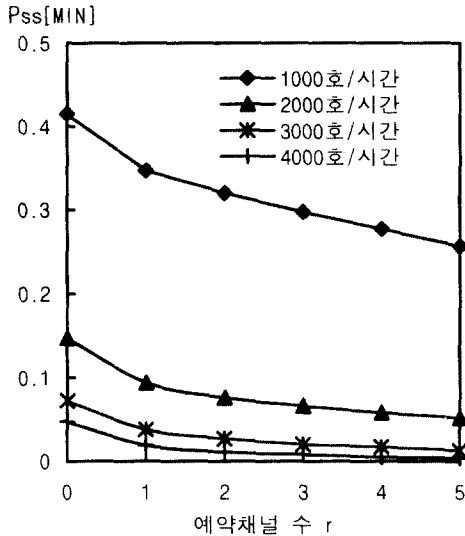


그림 7. 예약채널에 대한 Pss(MIN)의 변화

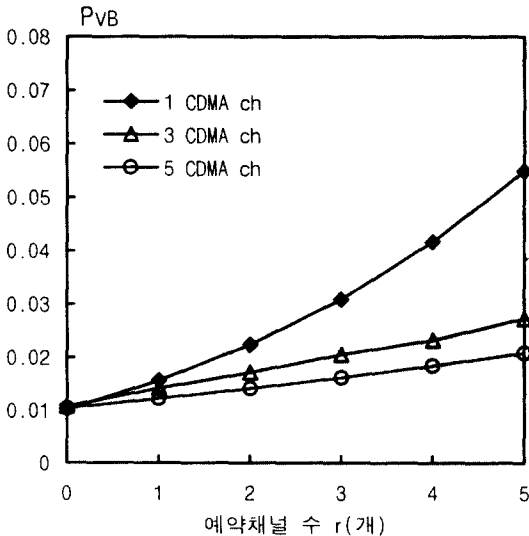


그림 8. 예약채널에 대한 음성호의 차단률 변화

그림 9는 전체호중 데이터호의 비  $\Phi$ 에 따른 Pd의 변화 정도를 보여준다. 셀 반경 R은 3.2 km, 이동국 최대 속도 Vmax는 90 km/hour, 음성 및 데이터호의 평균지속시간  $T_M(=1/\mu_M)$ 는 120초 그리고 호발생률  $\lambda_n$ 이 2000호/시간 인 경우에 대해 조사했다. 데이터호의 비율  $\Phi$ 이 커질수록 Pd가 감소하며 감소하는 정도는 대체로  $\Phi$ 의 증가와 비례한다. 따라서 일정한 Pd를 유지하기 위해서는  $\Phi$ 이 증가하면 예약채널 수 r 또한 증가되어야 한다.

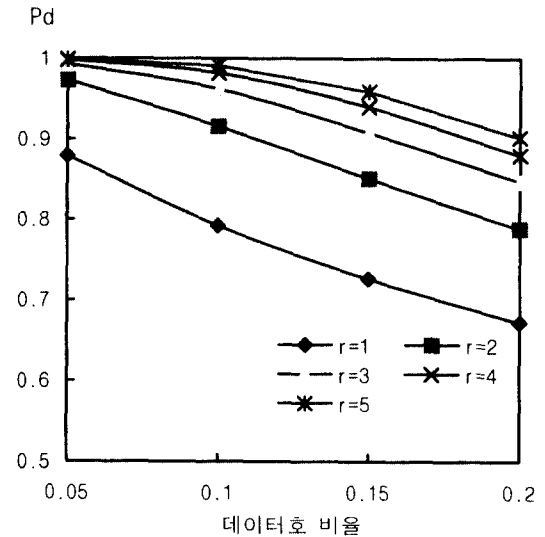


그림 9. 데이터 비에 따른 Pd의 변화

### V. 결 론

휴대용 데이터 통신장비의 급격한 보급에 따라 이동통신 분야에서도 데이터 서비스의 비중이 커지고 있다. 데이터 트래픽은 일반적으로 음성 트래픽에 비해 전송지연, 전송오류등의 측면에서 다른 특성을 요구하며 특히 전송품질이 일정수준 이상 유지되는 경우 음성서비스품질에는 별 영향을 미치지 않으나 데이터서비스의 경우는 서비스품질에 치명적인 영향을 주거나 빈번한 재전송으로 시스템의 효율성을 떨어뜨린다.

본 논문에서는 음성과 데이터호를 동시에 서비스하는 CDMA 셀룰러 시스템에서 트래픽특성을 고려

한 채널할당 방식을 제안하고 제안된 알고리즘의 성능을 분석하였다. 데이터호에 대해 에러에 취약한 하드 핸드오프의 발생 확률을 줄이는데 초점이 주어진 제안된 채널할당 방식을 적용하여 성능을 분석한 결과 트래픽 특성에 무관하게 채널을 할당하는 경우에 비해 셀당 호 발생률이 1000~4000호/시간, 데이터 비율이 10%인 트래픽 부하조건에서 어떠한 기지국구성에서도 보장되는 소프트 핸드오프 확률의 하한치(기본 CDMA 채널을 통한 소프트 핸드오프)  $P_{DS(MIN)}$ 이 40% 이상 증가 되었다.

### 참 고 문 헌

1. Wen-Bin Yang, Evaggelos Geraniotis, "Admission Policies for Integrated Voice and Data Traffic in CDMA Packet Radio Networks", IEEE Journal on Selected Area in Communications, vol. 12, no. 4, May 1994.
2. Jayapalan and M. Burke, "Cellular data services architecture and signaling", IEEE Personal Communications, vol. 1, no. 2, pp. 44-55, 2nd Quarter 1994.
3. TIA/EIA/IS-99, "Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular Systems", Jan. 1995.
4. Kaveh Pahavan and Allen H. Levesque, "Wireless data Communications", Proc IEEE, vol. 82, no. 9, pp. 1398~1430, Sept. 1994.
5. 임병우, 정동권, "CDMA 셀룰라 망에서의 무선 데이터 통신" 텔레콤 제11권 제2호, Dec. 1995.
6. TIA/EIA/IS-95, "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System", July 1993.
7. Qualcomm Inc., "CDMA Network Engineering Handbook vol. 1: Concepts in CDMA", March 1993.
8. 이재건, 권수근, 최성구, 전형구, 안지환, "CDMA 셀룰러 시스템에서의 하드 핸드오프 구현", 한국통신학회 춘계학술대회 논문집, May 1995.
9. 최성구, 이재건, "CDMA 디지털 이동통신 시스템의 제어국 핸드오프 호처리 기능 설계 및 구현", 대전전자학회 추계종합학술대회 논문집 제17권 제2호 pp. 350~353, November 1995.
10. Qualcomm, The CDMA network Engineering Handbook, Qualcomm, 1993.
11. Hai Xie and David J. Goodman, "Mobility Models and Biased Sampling Problem", Proc. of IPUPC93
12. R. Thomas, H. Gilbert, G. Mazziotto, "Influence of the Movement of the Mobile Station on the Performance of a Radio Cellular Network", Proc. 3rd Nordic Seminar, Paper 9.4, Copenhagen, September 1988.
13. D. Hong and S.S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone System with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures.", IEEE Trans. on Veh. Technol., vol. VT-35, No. 3. pp. 77-91, August 1986.



권 수 근(Soo Kun Kwon) 정회원  
 1958년 12월 10일  
 1982년 2월:경북대학교 전자공학과(공학사)  
 1984년 2월:경북대학교 전자공학과(공학석사)  
 1984년 3월~현재:한국전자통신연구소 이동통신연구단  
 ※관심분야:이동통신시스템, 트래픽제어, 핸드오프



조 무 호(Moo Ho Cho) 정회원  
 1957년 7월 18일  
 1980년 2월:경북대학교 전자공학과(공학사)  
 1989년 8월:청주대학교 전자공학과(공학석사)  
 1993년 3월~현재:충북대학교 정보통신공학과 박사과정  
 1983년 3월~현재:한국전자통신연구소 이동통신연구단  
 ※관심분야:이동통신시스템, 핸드오프 모델링



전 형 구(Hyoung Goo Jeon) 정회원

1961년 12월 27일

1987년 2월: 인하대학교 전자공학과(공학사)

1992년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학석사)

1996년 9월~현재: 연세대학교 전자공학과 박사과정

1987년 3월~현재: 한국전자통신연구소 이동통신연구단  
※관심분야: 이동통신시스템, 트래픽제어, 채널할당 알고리즘



안 지 환(Jee Hwan Ahn) 정회원

1956년 6월 17일

1979년 2월: 충남대학교 전자공학과(공학사)

1981년 2월: 서울대학교 전자공학과(공학석사)

1982년 7월~현재: 한국전자통신연구소 이동통신연구단

※관심분야: 이동통신시스템, 트래픽제어, 소프트웨어



조 경 록(Kyoung Rok Cho) 정회원

1977년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)

1989년: 일본 동경대학교 전자공학과(공학석사)

1992년: 일본 동경대학교 전자공학과(공학박사)

1979년~1986년: 금성사 TV연구센터 근무

1993년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 조교수  
※관심분야: 논리합성, 고속회로설계, 마이크로프로세서, 셀룰러시스템설계