

# DS-CDMA 셀룰러 시스템에서 SIR에 기반을 둔 핸드오프 호 우선순위 동적코드할당방식

정희원 이 용 기\*, 유 명 수\*\*, 이 정 규\*\*\*

## SIR-Based Dynamic Code Allocation Method Prioritized for Handoff Call in DS-CDMA Cellular System

Yong Ki Lee\*, Myoung Soo You\*\*, Jong Kyu Lee\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 DS-CDMA(Direct Sequence-Code Division Multiple Access) 셀룰러 시스템에서 핸드오프 호에 우선권을 부여하는 신호 대 간섭비 SIR(Signal to Interference Ratio)에 기반한 동적코드할당방식을 제안하고 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제안하는 방식은 셀내의 신호 대 간섭비 SIR를 구하여, 시스템의 잉여용량을 구한 후, 잉여용량에 따라 이동국에 코드를 할당하는 방식이다. 또한 시스템의 용량을 증대시키기 위해 음성검출을 고려하였으며, 핸드오프를 결정하는 핸드오프 결정함수를 제안하였다. 본 방식은 이동국의 핸드오프 실패 확률 및 강제 종료 확률을 효과적으로 줄일 수 있었다.

### ABSTRACT

Signal-to-Interference Ratio (SIR)-based Dynamic Code Allocation Method to be prioritized for handoff call is proposed and evaluated in a Direct Sequence-Code Division Multiple Access (DS-CDMA) cellular system. Proposed Method allocates a code to a mobile terminal according to the Residual capacity computed by SIR in the base station. We consider the voice activity detection to increase the system capacity. We evaluate the performance of proposed method with computer simulation. And the handoff decision function that controls handoff of mobile terminal is introduced. The proposed method provide much improvement in the forced termination probability and handoff call fail probability.

### I. 서 론

최근 이동 가입자의 폭증으로 셀룰러 이동통신 시스템상에서 이동전화의 통화체증 현상이 발생하게 되었으며, 제한된 주파수 자원에 따른 호 차단(call blocking), 호 손실(call loss), 혼선 등의 심각한 통화품질 저하의 가능성이 더욱 높아지게 되었다. 따라서 셀룰러 시스템의 용량을 증대시키기 위해 기존의 아날로

\* 한양대학교 전산학과

\*\* 대우통신 연구원

\*\*\* 한양대학교 전자계산학과

論文番號 : 97296-0825

接受日字 : 1997年 8月 25日

그 셀룰러 이동통신 시스템에서 디지털 셀룰러 이동통신 시스템으로 전환이 이루어지고 있으며, 단위 면적당 채널의 용량을 증대시키는 방식인 셀의 크기를 줄인 마이크로셀 혹은 피코셀 환경의 셀룰러 시스템을 사용하여 보다 많은 이동 가입자를 수용하는 방안이 제시되고 있다. 그러나 셀의 크기가 작아질수록 단위면적당 채널의 용량을 늘릴 수 있으나 핸드오프 호(handoff call)의 발생빈도가 높아지는 단점이 존재한다. 한 셀에서 인접한 다른 셀로 이동하면서 핸드오프되는 호는 새로운 채널을 할당받아야만 원만한 통화가 지속되게 되나, 사용가능한 채널이 없는 경우 통화중인 호는 핸드오프에 실패하게 되어 통화가 단절되게 된다. 사용자 측면에서 볼 때, 통화중인 호가 단절되는 것은 새로운 호가 차단되는 것에 비해 많은 사용자 불만을 야기하게 된다[1],[2].

따라서 제한된 무선 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위하여 다양한 채널할당방식(Channel Allocation Method)이 연구되었다. 채널할당방식은 크게 고정채널할당방식(Fixed Channel Allocation Method)과 동적채널할당방식(Dynamic Channel Allocation Method)으로 나뉘며 [3], 이중 동적채널할당방식은 각 셀마다 고정된 수의 채널을 갖지 않는 대신 각 기지국은 시스템의 채널상태에 따라 특정채널의 사용을 허가하는 방식으로서 시스템의 복잡도는 증가하지만, 통신환경에 적응성이 강하므로 트래픽의 변화 및 신호감쇄 환경조건의 변화가 심한 셀룰러 시스템에 적합한 방식으로 많은 연구가 진행중이다 [4]-[7]. CDMA 셀룰러 시스템에서의 동적코드할당방식으로는 Liu가 제안한 DCCA (Dynamic Code Channel Allocation) 방식 [8], Huang이 제안한 RPCAC(Received Power based Call Admission Control) 방식 [9], Jirattitichareon이 제안한 MARPoR(Maximum Average Receiving Power Restriction) 방식 [10]등이 있다. 그러나 이러한 방식들은 음성검출 및 사용자의 이동성을 고려하지 않았다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 CDMA 프로토콜 방식 중, 셀룰러 이동통신 시스템에서 사용되는 DS-CDMA (Direct Sequence-Code Division Multiple Access) 방식의 시스템에서 음성검출과 이동국의 이동성을 고려하여, 핸드오프 호에 서비스 우선권을 부여하는 신호대 간섭비 SIR에 기반한 동적코드할당방식을 제안하고 그 성능을 평가한다.

본 논문의 전개는 다음과 같다. 제 2장에서는 본 논문에서 사용할 시스템 모델을 기술하며, 제 3장에서는 본 논문에서 제안하는 SIR 기반 핸드오프 호 우선순위 동적코드할당방식에 대해 기술하며, 제 4장에서는 제안한 방식의 시뮬레이션 결과에 대하여 논하며, 마지막 결론으로 본 연구의 평가 및 향후 연구 과제를 제안한다.

## II. 시스템 모델 분석

셀룰러 이동통신에서 사용하는 DS-CDMA 방식은 각각의 송수신기 쌍들이 고유한 PN 코드를 이용하여 반송파를 광대역 확산신호로 직접 변조하여 주파수 대역을 확산시키는 방식이다. 본 논문에서 고려한 DS-CDMA 셀룰러 시스템 모델은 다음과 같으며, 음성검출과 사용자의 이동성을 고려하도록 한 특징이 있다 [11].

- ① 서비스 영역은 반경이  $R$ 인 육각형 셀로 나뉘며, 기지국은 무방향(omni-directional) 안테나를 가지며, 셀 중앙에 위치한다. 이때 섹터는 구분되지 않는다.
- ② 이동국에서 기지국으로 신호를 보내는 역방향 링크와 기지국에서 이동국에게 신호를 보내는 순방향 링크는 각각 다른 주파수 대역을 사용하여 서로간의 영향이 없게 한다.
- ③ 이동국의 호 발생은 포아송(Poisson) 분포를 따르고, 통화시간은 지수(exponential) 분포를 따르며, 이동국의 호는 지역적으로 셀 내에 균등하게 발생한다.
- ④ 충분히 많은 처리기가 기지국에 존재하여 수신 처리기(receiver processor)는 이동국을 서비스할 수 있는 한 새로운 이동국의 호를 받아들인다.
- ⑤ 시스템에서 발생되는 이동국의 호는 사용자와 기지국간의 신호감쇄가 가장 최소가 되는 셀을 선택하며, 선택된 셀의 기지국에 의해 완벽하게 전력제어된다. 기지국에서 거리가  $r$ 만큼 떨어진 이동국이 보낸 신호 전력이 기지국에서 수신될 때, 신호전력에 대한 평균 전계의 세기(average received field strength)는 다음의 수식을 통해 구해진다.

$$\Gamma(r) = 10^{\frac{\xi}{10}} r^{-\alpha} \quad (1)$$

이때,  $\xi$ 는 차폐(shadowing)를 나타내는 변수로 평균이 0이며  $\sigma$ 의 표준편차를 갖는 정규(normal) 분포를 따른다. 표준편차  $\sigma$ 의 값은 5~12dB 범위의 값으로 일반적으로 8dB를 가지며,  $\alpha$ 는 경로손실(path loss)을 나타내는 상수로 일반적으로 2.7~4의 값을 갖는다 [12].

- ⑥ 이동국은 계속적으로 이동하며, 외부 셀로 이동 시 본 논문에서 제안하는 핸드오프 결정함수의 값에 따라 핸드오프가 발생하게 된다. 이동국의 이동 속도와 방향은 각각  $0 \sim S_{max}$  와  $0 \sim 2\pi$ 로 균일하게 갖도록 한다 [13].
- ⑦ 음성검출을 사용하여 이동국의 통화상태를 검출함으로써 통화중 대화(talk)가 이루어지지 않는 구간에 대해서는 전송속도를 줄이도록 한다.

### III. SIR 기반 핸드오프 호 우선순위 동적코드할당방식

#### 1. 역방향 링크 간섭과 신호 대 간섭비 SIR

CDMA 방식은 모든 셀에서 동일한 주파수의 확산 스펙트럼 신호를 사용하고 있기 때문에 이동국의 송신 신호는 기지국을 둘러싸고 있는 주위의 셀들과 home 셀내에서의 이동국들의 신호로부터 간섭을 받는다. 따라서 다른 이동국들의 역방향 링크 간섭과 이를 이용한 신호 대 간섭비 SIR을 구하여야 한다.

이동국이 사용하는 전력의 증감에 따라 간섭전력의 크기가 결정되므로 대화가 이루어지지 않는 묵음 기간동안에는 전송전력을 낮추는 음성검출 방법을 사용하여 시스템의 용량을 증가시킬 수 있다. 각 이동국은 음성검출기능을 갖고 있어 통화중 대화가 이루어지고 있을 때는 9600bps의 전송률을 가지며, 묵음 기간동안 전송률을 4800, 2400, 1200bps로 줄이도록 하면, 이동국  $i$ 에 대한 전력변화변수  $V_i$ 는 대화기간에는 1이 되며, 묵음기간에는 0.29가 된다. 일반적으로 전화통화 상태를 분석하여 통화상태를 온오프(on-off) 패턴으로 모델링하면 개인의 통화시간중에 대화 시간은 3/8을 차지하고 5/8는 묵음기간이 되므로 이동국  $i$ 에 대한 전력변화변수의 값의 변화는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다 [14],[15].

$$V_i = \begin{cases} 1 & (\text{확률 } 3/8) \\ 0.29 & (\text{확률 } 5/8) \end{cases} \quad (2)$$

그림 1과 같이 이동국  $i$ 와 임의의 셀  $k$ 의 기지국까지의 거리는  $r(i, k)$ 이며, home 셀  $h$ 의 기지국의 수신전력은 사용자  $i$ 로부터 전력제어에 따른 일정량의 전력  $P$ 와 음성검출에 따른 전력 변화변수  $V_i$ 를 곱한  $P \cdot V_i$ 가 된다. 따라서 이동국  $i$ 로부터 이동국  $i$ 가 서비스받고 있는 home 셀  $h$ 의 기지국이 받는 간섭전력을  $RP(i, h)$ 이라 놓으면,  $RP(i, h) = P \cdot V_i$ 가 되며, 이동국  $i$ 가 셀  $h$ 에 의해 전력제어되고 있을 때 이동국  $i$ 의 전송전력  $TP(i, h)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TP(i, h) = P \cdot [\xi(i, h)]^\alpha 10^{-\frac{\xi(i, h)}{10}} V_i \quad (3)$$

여기서  $\xi(i, h)$ 는 이동국  $i$ 와 셀  $h$ 의 기지국간의 차폐를 나타내는 변수이다.

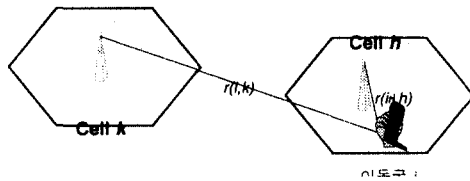


그림 1. 두 개의 셀로 구성된 CDMA 시스템

셀  $h$ 의 기지국에 의해 전력제어되는 이동국  $i$ 로 인한 이웃의 셀  $k$ 의 기지국이 받는 간섭 전력은 전송전력  $TP(i, h)$ 와 이동국  $i$ 와 셀  $k$ 의 기지국간의 경로손실 및 차폐를 고려한 평균 전체의 세기의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} RP(i, h) &= TP(i, h) \cdot \Gamma[r(i, k)] \\ &= P \cdot \left[ \frac{\xi(i, h)}{\xi(i, k)} \right]^\alpha 10^{-\frac{\xi(i, h) - \xi(i, k)}{10}} V_i \leq P \cdot V_i \end{aligned} \quad (4)$$

$RP(i, k) \leq P \cdot V_i$ 인 이유는  $RP(i, k)$  값이  $P \cdot V_i$ 보다 큰 경우 이동국은 셀  $h$ 대신 셀  $k$ 를 자신의 home

셀로 선택하기 때문이다.

DS-CDMA 셀룰러 시스템이  $M$ 개의 셀로 이루어져 있으며,  $\omega = \{1, \dots, M\}$ 이고, 임의의 셀  $h$ 에서 통화중인 이동국의 집합을  $N_h (h \in \omega)$ 라고 하면, 셀  $k$ 의 기지국에서 받는 전체 수신 전력  $RP(k)$ 는 식 (5)와 같이 시스템상의 모든 통화중인 이동국으로부터의 수신전력의 합으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 RP(k) &= \sum_{i=1}^M \sum_{i \in N_s} RP(i, k) \\
 &= \sum_{i \in N_s} RP(i, k) + \sum_{h=1}^M \sum_{i \in N_h} RP(i, k) \quad (5) \\
 &= P \sum_{i \in N_s} V_i + P \sum_{h=1}^M \sum_{i \in N_h} \left[ \frac{r(i, h)}{r(i, k)} \right]^\alpha 10^{\frac{\alpha(i, h) - \alpha(i, k)}{10}} V_i
 \end{aligned}$$

식 (5)에서 첫 번째 항은 셀  $k$ 에 의해 서비스 받는 이동국의 호로부터 셀  $k$ 의 기지국이 받는 전력을 표시하고, 두 번째 항은 셀  $k$ 주위의 다른 셀에 의해 서비스 받는 이동국의 호로부터 셀  $k$ 의 기지국이 받는 전력을 나타낸다.

셀  $k$ 에서 받는 전체 전력을 사용하여 셀  $k$ 의 기지국에서의 신호 대 간섭비  $SIR_k$ 를 구할 수 있다.  $SIR_k$ 는 원하는 이동국의 신호전력에 대하여 다른 이동국의 간섭전력을 모두 합한 합의 비로 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 SIR_k &= \frac{P \cdot V}{RP(k) - P \cdot V} \quad (6) \\
 &= \frac{1}{\sum_{i \in N_s} V_i + 1 + \sum_{h=1}^M \sum_{i \in N_h} \left[ \frac{r(i, h)}{r(i, k)} \right]^\alpha 10^{\frac{\alpha(i, h) - \alpha(i, k)}{10}} V_i}
 \end{aligned}$$

여기서  $V$ 는 보내고자 하는 신호의 전력변화 변수로서 호의 발생시 대화가 이루어지는 것으로 볼 수 있으므로 식 (6)의 초기값으로서  $V$ 는 1의 값을 갖게 된다. 계산된  $SIR$ 을 통해 자신의 셀과 시스템상의 주변 셀들의 트래픽이 집중되는 정도를 알 수 있다.

### 2. 핸드오프 알고리즘

이동국이 신호감쇄가 최소가 되는 셀의 기지국을 home 셀로 선택한다는 점을 이용하여 이동국의 핸드오프를 제어하는 핸드오프 결정함수(handoff decision function)를 설정하였다. 그림 2와 같이 이동국  $i$ 와 이동국  $i$ 가 서비스받고 있는 셀의 구기지국(source base

station)과의 거리를  $r(i, s)$ , 이동하여 접근하고 있는 셀의 신기지국(target base station)과의 거리를  $r(i, t)$ 라고 하면 구기지국에 의해 전력제어되는 경우 이동국  $i$ 가 전송해야 하는 신호전력  $TP(i, s)$ 와 신기지국에 의해 전력제어된다고 가정할 때 전송해야 할 신호전력  $TP(i, t)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 TP(i, s) &= P \cdot \frac{1}{\Gamma[(i, s)]} V_i \\
 TP(i, t) &= P \cdot \frac{1}{\Gamma[(i, t)]} V_i \quad (7)
 \end{aligned}$$

이때 핸드오프 영역을 결정하게 될 핸드오프 결정함수  $H(i, s, t)$ 는 수식 (8)과 같이 서비스받고있는 구기지국과 핸드오프를 요청할 셀의 신기지국에 대하여 각각 전력제어되고 있다고 가정할 때 필요한 신호전력의 비로 나타낸다.

$$H(i, s, t) = \frac{TP(i, s)}{TP(i, t)} = \left[ \frac{r(i, s)}{r(i, t)} \right]^\alpha 10^{\frac{\alpha(i, t) - \alpha(i, s)}{10}} \quad (8)$$

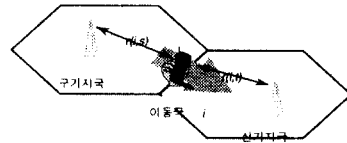


그림 2. 구기지국에서 신기지국으로의 핸드오프

$H(i, s, t)$ 의 값이 1 이상인 경우 핸드오프를 요청하게 되고 이동하고자 하는 셀의 코드채널이 없는 경우  $H(i, s, t)$  값이 임계값  $H_{drop}$ 이 될 때까지 지속적으로 핸드오프를 요구하게 되며,  $H(i, s, t)$  값이 임계값  $H_{drop}$  이상이 될 때까지 이동하고자 하는 셀의 기지국에 의해 코드채널을 할당받지 못한 경우 이동국의 호는 단절되게 된다.  $H(i, s, t)$  값이 1 일 때부터 임계값  $H_{drop}$  일 때 까지의 이동국이 위치한 영역을 핸드오프 영역(handoff area)이라 한다.

### 3. 잉여용량

DS-CDMA 셀룰러 시스템에서 이동국의 호가 통화품

질의 저하없이 올바르게 서비스가 이루어지기 위해서는 비트 에러율 BER(Bit Error Rate)은  $10^{-3}$ 이하의 값을 가져야 한다.  $10^{-3}$ 의 비트 에러율에 대한 비트 에너지 대 간섭비 EIR(bit-Energy to Interference Ratio)는 7dB이다. 이와 같은 조건을 만족시키며 디지털 음성신호를 전송하기 위해 필요한 최소한의 SIR의 값을  $SIR_{min}$ 이라고 할 때,  $SIR_{min}$ 은 다음과 같은 수식으로 구할 수 있다.

$$SIR_{min} = \frac{EIR}{B_{ss}/R_b} \quad (9)$$

여기서  $B_{ss}$ 는 대역확산폭(spread spectrum bandwidth)이며,  $R_b$ 는 음성부호화 비트율(voice encoder bit rate)이다.  $B_{ss}/R_b$ 는 대역확산을 통한 처리이득(processing gain)이다.

임의의 셀에서의 SIR 값은 이웃셀에 의해 영향을 받기 때문에  $SIR = SIR_{min}$ 인 이동국의 호를 서비스하는 도중 이웃 셀의 간섭이 높아져  $SIR \leq SIR_{min}$ 인 경우가 발생하게 된다. 따라서 가능하면  $SIR_{th}$ 를  $SIR_{min}$ 보다 크게 설정한다.

DS-CDMA 셀룰러 시스템에서 시스템이 서비스할 수 있는 용량을 구하기 위해서 잉여용량(residual capacity)을 정의한다. 임의의 셀  $k$ 에 대한 잉여용량  $R_k$ 는 셀  $k$ 의 기지국에서 추가적으로 서비스할 수 있는 이동국의 코드채널 수로 정의한다.  $SIR \geq SIR_{th}$  조건을 이용하여 셀  $k$ 에서 할당할 수 있는 코드의 수를 나타내는 잉여용량  $R_k$ 는 다음과 같은 과정을 통해 유도할 수 있다.

$$\frac{P \cdot V}{RP(k) + P \cdot R_k - P \cdot V} \geq SIR_{th} \quad (10)$$

식 (5)에서 구한 셀  $k$ 의 기지국에서 받는 전체 전력을 대입하면 셀  $k$ 에서의 잉여용량은 식 (11)과 같이 구할 수 있다. 여기서  $V$ 는 초기값 1이 된다.

$$R_k \leq \frac{1}{SIR_{th}} - \sum_{i \in N_s} V_i + 1 - \sum_{h=1}^M \sum_{i \in N_s} \left[ \frac{r(i, h)}{r(i, k)} \right]^a 10^{\frac{R(i, k) - R(i, h)}{10}} V_i = \frac{1}{SIR_{th}} - \frac{1}{SIR_k} \quad (11)$$

셀  $k$ 에서 할당할 수 있는 코드의 수는 음수가 아닌 정수이어야 하므로 다음과 같은 식으로 간단하게 정리할 수 있다.

$$R_k = \begin{cases} \left\lfloor \frac{1}{SIR_{th}} - \frac{1}{SIR_k} \right\rfloor & ; \left\lfloor \frac{1}{SIR_{th}} - \frac{1}{SIR_k} \right\rfloor > 0 \\ 0 & ; \text{그 외의 경우} \end{cases} \quad (12)$$

#### 4. SIR 기반 핸드오프 호 우선순위 동적코드할당 방식 알고리즘

본 논문에서 제안한 방식은 다음과 같은 과정으로 수행된다.

- ① 포아송 분포로 발생된 이동국  $i$ 의 호는 이동국과 기지국간의 신호감쇄가 가장 최소가 되는 셀의 기지국을 선택한다.
- ② 기지국은 주기적으로 자신의 셀과 외부 셀의 간섭을 측정하여 신호 대 간섭비 SIR을 구한다. 셀  $k$ 의 신호 대 간섭비  $SIR_k$ 는 수식 (6)을 통해 구한다.
- ③ 셀  $k$ 의 신호 대 간섭비를 이용하여 시스템이 서비스할 수 있는 잉여용량을 계산한다. 잉여용량은 수식 (12)을 통해 구한다.
- ④ 핸드오프 호에 우선권을 부여하기 위해 핸드오프 전용 잉여용량(Handoff residual capacity)  $R_H$ 를 설정한다.  $R_k > R_H$ 일 경우 새로운 호와 핸드오프 호 모두 서비스하며,  $R_H \geq R_k > 0$ 일 경우는 새로운 호의 서비스를 중단하고, 핸드오프 호만 서비스하도록 하며,  $R_k = 0$ 일 경우는 새로운 호와 핸드오프 호 모두 서비스하지 못하도록 한다.

핸드오프시  $R_k = 0$ 인 경우 핸드오프 실패는 즉각적으로 이루어지지 않고, 핸드오프 결정 함수  $H(i, s, t)$ 의 값이 임계값  $H_{drop}$ 이 될 때까지 구기지국에 의해 서비스받으며 신기지국으로 핸드오프를 계속적으로 요청하게 된다. 만일 임계값  $H_{drop}$ 보다 높아질 때까지 신기지국에 의해 코드채널을 할당받지 못하면, 구기지국에서의 통화품질 저하로 통화중인 호는 단절되며 핸드오프 실패가 발생하게 된다.

5. 성능평가 지표

본 논문에서 제안한 코드할당방식의 성능을 평가하기 위한 성능평가 지표로 호차단 확률, 강제 종료 확률, 핸드오프 실패 확률, 평균비용 등을 사용하였다. 호차단 확률  $P_{Bk}$ 는 새로운 호가 셀  $k$ 에서 호를 시도했을 때 서비스 받지 못할 확률로서, 잉여용량이 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$  값 보다 작을 확률이며 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$P_{Bk} = \Pr\{R_k \leq R_H \mid \text{새로운 호가 도착할 때}\} \quad (13)$$

셀  $k$ 에서 시작한 호의 강제종료 확률  $P_{Fk}$ 는 차단되지 않은 새로운 호가 핸드오프 실패로 인해 온전히 서비스받지 못하고 강제로 종료될 확률이며, 핸드오프 실패 확률  $P_{HF}$ 는 이동국의 호가 핸드오프 요청시 핸드오프에 성공하지 못할 확률을 나타낸다. 또한 평균비용  $CF_k(\beta)$ 는 셀  $k$ 에서 발생한 호의 호차단 확률과 강제종료 확률에 대하여 가중치  $\beta$ 를 주어 시스템의 성능을 평가하는 지표로서 다음과 같은 수식을 통하여 구한다.

$$CF_k(\beta) = (1 - \beta) P_{Bk} + \beta P_{Fk} \quad (14)$$

여기서  $\beta$ 는 0에서 1의 값을 가지며,  $\beta$ 의 값이 클수록 호차단 확률보다는 강제종료 확률에 더 많은 가중치를 두어 평균비용을 계산한다는 것을 의미한다. 예를 들어  $\beta$ 를 0으로 설정하는 것은 강제종료 확률은 고려하지 않고 호차단 확률만을 고려한다는 것을 말한다. 사용자 측면에서 볼 때 새로운 호가 차단되는 것보다 통화중인 호가 강제종료되는 경우에 더 많은 불만을 야기하므로  $\beta$ 의 값을 높게 설정하는 것이 일반적이다 [13].

IV. 성능평가

1. 성능평가 조건

본 논문에서 제안한 SIR 기반 핸드오프 호 우선순위 동적코드할당방식의 성능을 평가하기 위하여 사건 유도(event driven)와 프로세스 접근(process oriented approach) 방식이 제공되는 시뮬레이션 전용 언어인

SIMSCRIPT II.5를 사용하였다. 시뮬레이션에 사용한 DS-CDMA 셀룰러 시스템은 그림 3과 같이 중앙셀 주위에 2 타이어(tier)로 이루어진 반경이 2Km 19 개의 셀로 구성되어 있다. 본 시뮬레이션에서 사용된 파라미터들은 Qualcomm사에서 사용되는 시스템을 참조하여 다음과 같이 설정한다. 대역확산폭  $B_s$ 는 1.23MHz, 비트전송률  $R_b$ 는 9600bps로 설정하며, 역방향 링크는 869~894MHz를, 순방향 링크는 824~849MHz를 사용하였다. 평균 전계의 세기를 구하는데 사용되는 거리에 대한 손실을 나타내는 상수  $\alpha$ 는 4로 놓았으며, 신호 대 잡음비의 임계값인  $SIR_{th}$ 는 -14dB로 설정하였다.

음성검출을 사용함으로써, 이동국  $i$ 의 통화상태에 따른 전력변화변수  $V_i$ 는 대화중일 때는 1, 묵음기간 일때는 0.29를 갖도록 설정하였다. 이동국의 이동속도와 방향은 각각 0~100Km/h와 0~ $2\pi$ 의 값을 균일하게 갖는다고 가정하였다. 사용자의 통화시간은 평균 180초의 지수함수 분포를 따르도록 하였으며, 1km<sup>2</sup>의 단위면적에 대한 호 발생률을 초(second) 당 0.01에서 0.06개 까지 변화시키면서 성능을 평가하였다. 이때, 중앙의 1번 셀에서 호차단 확률, 강제종료 확률, 핸드오프 실패 확률, 평균비용 등 다양한 성능평가 지표를 통해 본 방식의 성능을 평가하였다.

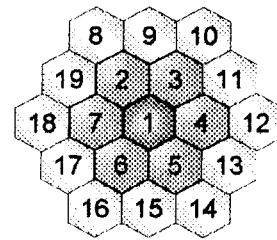


그림 3. 시뮬레이션에 쓰인 셀 배치

2. 핸드오프 잉여용량 변화에 따른 성능평가

핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 1.1로 설정한 상태에서, 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 가 0, 1, 2인 경우를 각각 시뮬레이션 하였다.

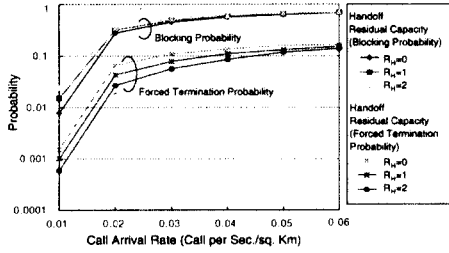


그림 4. 핸드오프 전용 잉여용량 설정에 따른 호차단확률과 강제종료확률

그림 4에서 보듯이 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 가 클수록 강제종료 확률은 효과적으로 감소되었다. 그러나 호차단 확률은 다소 증가함을 볼 수 있다. 이는 핸드오프 호의 발생시 잉여용량이 있으면 즉시 서비스될 수 있는 반면, 새로운 호는 주어진 사용가능한 용량에서 핸드오프 호를 위한 잉여용량만큼 감소된 용량만을 사용하기 때문이다. 통화중인 호가 단절되는 경우가 새로운 호가 단절되는 것에 비하여 사용자가 느끼는 불편감이 훨씬 심각하다는 측면에서 강제종료 확률 감소는 사용자측면에서 서비스 성능의 향상을 가져온다.

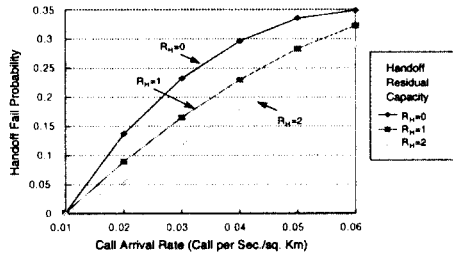


그림 5. 핸드오프 전용 잉여용량 설정에 따른 핸드오프 실패확률

그림 5에서는 핸드오프를 요청한 호가 핸드오프를 하지 못하고 차단될 확률인 핸드오프 실패확률을 나타낸다. 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 가 클수록 핸드오프 요청시 차단될 확률이 감소하며, 호 발생률이 증가함에 따라 핸드오프 실패 확률은 증가함을 볼 수 있다.

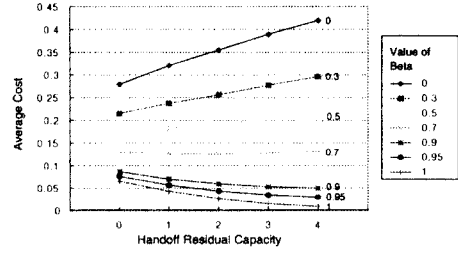


그림 6. 핸드오프 전용 잉여용량에 따른 평균비용

그림 6은 호 발생율을 0.02로 고정시킨 상태에서 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 를 변화시키며 평균비용을 구하였다. 그래프를 통해  $\beta$  값이 커질 경우,  $R_H$ 의 값을 증가시킴으로서 평균비용을 감소시킬 수 있다. 따라서 강제종료 확률에 가중치를 많이 줄수록 핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 를 증가시키는 것이 중요함을 알 수 있다.

### 3. 핸드오프 결정함수 임계값의 변화에 따른 성능 평가

핸드오프 전용 잉여용량  $R_H$ 를 1로 고정시킨 상태에서 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 변화시키며 그 성능을 비교하였다.

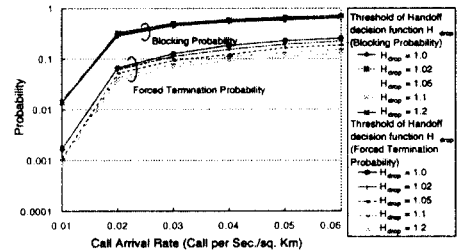


그림 7. 핸드오프 결정함수 임계값에 따른 호차단확률과 강제종료확률

그림 7에서는 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 변화시키면서 시스템의 호차단 확률과 강제종료 확률을 구하였다. 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 이 증가할수록 호차단 확률은 거의 변화가 없으나 강

제종료 확률은 감소함을 알 수 있다. 이는 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 이 증가할수록 핸드오프 영역의 크기가 커지기 때문이다. 그러나 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 증가시키기 위해서는 전력제어를 위해 이동국의 단말기의 최대 신호출력이 높아져야 하며, 이동국의 통화품질이 떨어질 수 있는 단점이 있으므로 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 은 단말기의 성능 및 통화품질을 고려하여 설정하여야 한다.

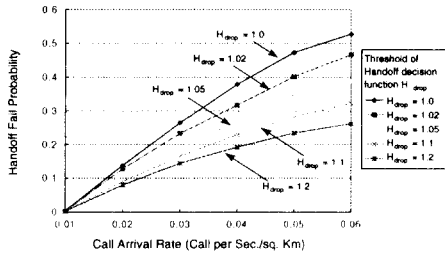


그림 8. 핸드오프 결정함수 임계값 설정에 따른 핸드오프 실패 확률

그림 8에서는 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 변화시키면서 핸드오프 실패 확률을 구하였다. 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 이 증가할수록 핸드오프 실패 확률이 현저하게 감소하였다. 이는 핸드오프 요구시 잉여용량이 남아있지 않을 경우, 핸드오프 결정함수  $H(i, s, t)$ 의 값이 임계값  $H_{drop}$ 으로 될 때까지 핸드오프를 시도하기 때문이다.

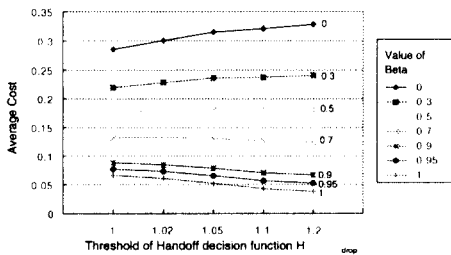


그림 9. 핸드오프 결정함수 임계값 설정에 따른 평균비용

그림 9에서는 호발생율을 0.02로 고정시킨 상태에서 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 변화시키며 평균비용을 산출하였다. 그래프를 통해  $\beta$  값이 커질 경우, 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 증가시킴으로써 평균비용을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 따라서 강제종료 확률에 가중치를 많이 줄수록 단말기의 출력 및 통화품질에 관계하여 핸드오프 결정함수의 임계값  $H_{drop}$ 을 증가시키는 것이 중요하다.

### V. 결론

본 논문에서는 DS-CDMA 시스템에서 SIR 기반 핸드오프 우선순위 동적코드할당방식을 제안하고 이를 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하였다. 제안한 방식은 SIR을 사용하여 잉여용량을 구하여 잉여용량에 따라 도착한 이동국의 호를 처리하였고, 시스템의 성능을 향상시키기 위해 음성검출을 사용하였으며, 핸드오프 호에 우선권을 부여하기 위해 핸드오프 전용 잉여용량을 사용하였다.

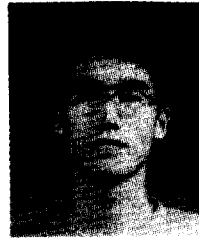
시뮬레이션을 통하여 분석한 결과에 의하면 핸드오프 전용 잉여용량을 증가시킬수록 새로운 호에 대한 호차단 확률은 다소 증가하였지만, 사용자의 핸드오프시 통화단절은 현저하게 줄일 수 있었다. 또한 핸드오프 결정함수의 임계값을 더욱 크게 함으로써 호차단 확률의 거의 변동없이 효율적으로 강제종료 확률과 핸드오프 실패 확률을 줄일 수 있었다.

결론적으로 최근 급증하는 이동국을 수용하기 위해 셀의 반경이 줄어드는 추세에 따라 빈번히 발생하는 핸드오프 호에 대한 효율적인 처리를 위해 핸드오프 전용 잉여용량과 핸드오프 결정함수의 임계값을 증가시켜야 하며, 제한된 주파수를 효율적으로 사용하기 위해 음성검출을 사용해야 함을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 방식은 마이크로셀 혹은 피코셀 환경의 셀룰러 시스템과 같이 핸드오프가 빈번한 시스템을 설계할 때 많은 도움이 될 것으로 예상되며, 이동국의 통화시간에 따른 성능변화, 이동국의 이동패턴에 따른 성능변화 및 본 방식의 수학적 분석에 대한 구체적인 연구가 필요하리라 본다.

### 참고문헌



1. Y. B. Lin, S. Mohan and A. Noerpel, PCS Channel Assignment Strategies for Handoff and Initial Access, IEEE Personal Communications, pp. 47-56, Third Quarter, 1994.
2. R. Ghai and S. Singh, An Architecture and Communication Protocol for Picocellular Networks, IEEE Personal Communications Magazine, pp.36-46, Third Quarter, 1994.
3. J. D. Gibson, Mobile Communication Handbook, CRC Press, 1996.
4. W. Wei, B. H. Soong, P. T. Tan, E. Gunawan and C. B. Soh, Distributed Algorithms for Dynamic Channel Allocation in Cellular Mobile System, 1994 3rd ICUPC, pp. 548-551, 1994.
5. D. E. Everitt and N. W. MacFadyen, Analysis of Multicellular Mobile Radio Telephone System with Loss, British Telecomm Tech. Journal, vol. 1, no. 2, Feb. 1993.
6. D. K. Pack and K. Okada, Performances of Distributed Dynamic Channel Assignment in Cellular System, MDMC94, pp. 61-64, 1994.
7. K. Madani and A. H. Aghvami, Dynamic Channel Allocation Schemes in Microcellular Radio Communications Under Uniform and Non-Uniform Traffic Conditions, International Conference on Telecomm., pp. 232-235, 1995.
8. Z. Liu and M. E. Zarki, SIR-Based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular Systems, IEEE J. Select. Areas. Commun., vol. 12, no.4, May, 1994.
9. C. Y. Huang and R. D. Yates, Call Admission in Power Controlled CDMA Systems, IEEE VTC 96, vol. 3, pp. 1665-1669, 1996.
10. A. Jirattichareon, M. Hatori, K. Aizawa, Blocking Condition for Uplink SIR-Based Power Control, MDMC 96, pp. 25-29, 1996.
11. 유명수, 양영님, 고종하, 이정규, DS-CDMA 셀룰러 시스템에서의 음성검출을 사용한 동적코드할당방식에 관한 성능분석, 96 전자공학회 하계종합학술대회논문지, pp. 35-38, 1996.
12. H. G. Jeon and S. K. Kwon, A Prioritized Call Assignment Algorithm for Reducing Interference in DS-CDMA Cellular Systems, MDMC 96, pp. 192-195, 1996.
13. D. Hong, S. S. Rappaport, Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures, IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT-35, No. 3, Aug. 1986.
14. P. T. Brady, A Statistical Analysis of On-Off Patterns in 16 Conversations, Bell System Journal, pp. 78-91, Jan. 1968.
15. E. Gaiani, F. Muratore and V. Palestini, Capacity Evaluation in the Up-Link of a DS-CDMA System, ICUPC 93, pp. 304-308, 1993.



이 용 기(Yong Ki Lee) 정회원  
 1975년 1월 27일생  
 1997년 2월: 한양대학교 전산학과  
 학사  
 현재: 한양대학교 전산학과 석사 과정  
 \*주관심분야: 이동통신에서 코드  
 할당방식, 핸드오프,  
 타원곡선 공개키  
 알고리즘



유 명 수(Myoung Soo You) 정회원  
 1972년 10월 9일생  
 1995년 2월: 한양대학교 수학과 학사  
 1997년 2월: 한양대학교 전산학과  
 석사  
 현재: 대우통신 연구원  
 \*주관심분야: 이동통신에서 코드  
 할당방식, 핸드오프,  
 위성통신



이 정 규(Jong Kyu Lee) 정회원

1955년 9월 24일생

1979년 2월 : 한양대학교 전자공학과 학사

1986년 : UCLA 전자공학과 석사

1989년 : UCLA 전자공학과 박사  
학위취득(컴퓨터 네트워크 전공)

1979년 3월 ~ 1984년 5월 : 국방연구소 연구원

1989년 3월 ~ 1990년 2월 : 삼성전자 종합기술원 정보통신부  
신부문 수석연구원

1990년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자계산학과 부교수

※ 주관심분야 : 무선데이터통신, 이동통신, 위성통신,  
queueing theory 등.