

# 상·하향 링크 신호를 고려한 준 최적의 적응적 하드 핸드오버 기법

정희원 조 영 보\*, 준회원 한 승 업\*, 정희원 방 극 준\*\*, 종신회원 홍 대 식\*

## Suboptimal Adaptive Handover Method Considering Uplink and Downlink Signals

Young-bo Cho\* *Regular Member*, Seung-youp Han\* *Associate Member*,  
Keuk-joon Bang\*\* *Regular Member*, Dae-sik Hong\* *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문에서는 무선 통신 시스템에서 수신 신호 측정을 기본으로 하는 적응적 핸드오버 기법의 설계에 대하여 살펴본다. 하향 링크 신호만을 참조하는 기존의 일반적인 핸드오버 기법들은 상향 링크와 하향 링크의 품질이 큰 차이가 있는 경우에 상향 링크 신호의 품질을 보장할 수 없다. 그러므로 우리는 최적의 셀을 선택하기 위해 상·하향 링크를 동시에 참조하는 새로운 준 최적의 적응적 핸드오버 기법을 제안한다. 실험 결과를 통해 핸드오버가 발생하는 횟수가 서로 같은 경우에 제안된 기법이 일반적인 핸드오버 기법들에 비해 성능이 더 우수함을 확인할 수 있다.

**Key Words** : Handover, Suboptimal, Adaptive, Uplink signal, Quantization

### ABSTRACT

In this paper, we address the design of adaptive handover schemes based on the signal strength measurement for cellular communications systems. Conventional handover algorithms, which are based only on the downlink measurement, cannot guarantee the required uplink quality because uplink channel can differ greatly from downlink channel quality. Therefore, we proposes a new suboptimal adaptive handover algorithm that considers both the uplink and downlink channel quality in order to achieve the best cell selection gains when there is a wide difference between the uplink and downlink signal quality. Simulation results show that the proposed scheme achieves better performance compared to conventional handover schemes.

### I. 서론

차세대 무선 통신 시스템에서는 멀티미디어 서비스를 원활하게 지원하기 위하여 핸드오버 기법이 상·하향 링크간의 비대칭적인 서비스 품질(QoS: Quality of Service)을 모두 만족 시킬 수 있도록 설계되어야만 한다. 또한, 상향 링크 물리 채널은

인접 셀에서의 이동국(MS: Mobile Station)의 분포 등의 여러 이유에 의하여 하향 링크와 많은 차이가 있을 수 있다<sup>[1]</sup>. 이런 경우 핸드오버 과정동안 상향 링크의 신호 품질이 크게 악화될 수 있다. 그러므로 안정적인 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 하향 링크뿐만 아니라 상향 링크 또한 핸드오버의

\* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구원(한국의학)의 대학 IT연구센터 육성 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

\* 연세대학교 전기전자공학과 정보통신 연구실 (apt222@itl.yonsei.ac.kr), \*\* 인덕대학 인터넷TV방송전공

논문번호 : KICS2006-11-478, 접수일자 : 2006년 11월 6일, 최종논문접수일자 : 2006년 12월 7일

결정 과정 중에 참조되는 것이 유용하다.

일반적으로 핸드오버 여부를 결정하는 기준으로 기지국(BS: Base Station)에서 전송된 파일럿 신호의 세기를 사용한다. 파일럿 신호의 세기를 사용하는 경우 간단한 과정만으로 충분히 만족할 만한 성능을 얻을 수 있다<sup>[2][3]</sup>. 본 논문에서도 파일럿 신호의 세기를 기본으로 하는 핸드오버 기법을 고려한다. [2]의 논문에서 Vijayan과 Holtzman은 히스테리시스(hysteresis) 레벨을 고려한 핸드오버를 제안하였다. 즉, 서비스 셀과 목표 셀의 수신 신호 차이가 히스테리시스 이상 발생할 경우 핸드오버를 발생하게 된다. 그 이후, [3]의 논문에서 Zhang과 Holtzman은 [2]의 기법에 절대 임계치(absolute threshold)를 추가로 고려하려 불필요하게 발생하는 핸드오버를 줄이는 기법을 제안하였다. 그러나 고정된 파라미터를 사용하는 이러한 핸드오버 기법들은 최적의 성능을 얻기 위해서 단말기의 이동 속도와 전파 특성에 따라 최적화된 변수들을 미리 알고 있어야 하며 이러한 환경에 따라 파라미터 값을 계속 조정해야 하는 단점이 있다.

전파 특성이 계속 변화하는 환경에서 파라미터 값의 조정 없이 최적의 성능을 얻기 위한 다양한 적응적 핸드오버 기법들이 연구되었다. 동적 프로그래밍(Dynamic Programming) 기법은 하나의 최적화된 해법을 제공 한다<sup>[4]</sup>. 그러나 이런 최적화 기법들은 실제적인 시스템에 적용하기가 어렵기 때문에, 준 최적의 적응적 기법들이 연구되고 있다. 준 최적의 적응적 기법들은 핸드오버의 성능을 향상시키며 다양한 전파 특성에 맞추어 최적의 동작 포인트를 제공 한다<sup>[5][6]</sup>. 하지만 기존의 최적, 준 최적의 핸드오버 기법들은 단지 하향 링크의 신호만을 고려하였다. 그러므로 핸드오버 과정동안 상향 링크의 안정적 채널 품질을 확보할 수 없다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 상향 링크의 신호도 함께 고려하는 적응적 핸드오버 기법을 제안한다. 상·하향 채널 품질을 효율적으로 참조하기 위해 제안된 기법은 locally optimal (LO) 기법을 상·하향 링크 신호의 측정값에 적용하였다. 제안된 기법을 사용하게 되면 하향 링크만을 참조하는 기존의 핸드오버 기법들보다 핸드오버 과정동안 상향 링크에서의 오수신율(outage probability)을 줄일 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템과 신호의 전파 특성에 대해 설명한다. 3장에서는 제안된 적응적 핸드오버 기법을 설명한다. 4장에서

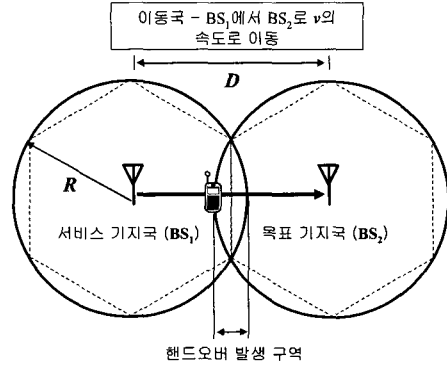


그림 1. 시스템 모델

는 컴퓨터 모의실험을 바탕으로 제안된 기법의 성능을 검증하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서는  $D$  meters 떨어져 있는 두 기지국  $BS_1$ 과  $BS_2$  사이를 이동하는 단말기를 모델링하여 핸드오버 기법을 고려한다. 그림 1과 같이 이동국은  $BS_1$ 에서 일정한  $v$  km/h의 속도로  $BS_2$ 를 향해 일직선으로 이동한다.  $k$  번째 샘플링 단계에서 단말기와 각 기지국  $BS_i$ , for  $i=1,2$  사이의 거리는  $d_i[k]$ , for  $i=1,2, k=1, \dots, N$ 로 표현한다.

$k$  번째 샘플링 단계에서 단말기와 기지국 사이의 신호 감쇄는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$x_{l,i}[k] = \kappa_l - \eta \log d_i[k] + u_{l,i}[k], \quad (1)$$

for  $l=d,u$ ,

여기서  $d$ 와  $u$ 는 각각 하향 링크와 상향 링크를 의미하며  $u_{l,i}[k]$ 는 log-normal 새도우 페이딩 (shadow fading)을 나타낸다. 상수  $\kappa_l$ 과  $\eta$ 는 시스템과 채널 환경에 의해 결정된다. 도시에서의 채널 환경에서에서는 일반적으로  $\eta=30$ 의 값이 사용 된다<sup>[3]</sup>. 새도우 페이딩보다 훨씬 짧은 상관 값을 가지는 레일리(Rayleigh) fading은 핸드오버 과정 중에 시간 평균되어 영향을 주지 않으므로 생략하였다.

새도우 페이딩의 자기 상관(auto-correlation) 함수는 다음과 같이 표현할 수 있다<sup>[5]</sup>.

$$E[z_{l,i}[k]z_{l,i}[k+m]] = \sigma_z^2 \exp\left(\frac{-\eta t_s |m|}{d_0}\right), \quad (2)$$

여기서  $\sigma_z$ 는 새도우 페이딩의 표준 편차,  $t_s$ 는 샘플링 주기, 그리고  $d_0$ 은 상관 감소율(decay factor)를

의미한다. 하향 링크 새도우 페이딩은 다음과 같은 1차 autoregressive (AR-1) 신호로 정리할 수 있다.

$$z_{d,i}[k+1] = \alpha z_{d,i}[k] + \sigma_z \sqrt{1-\alpha^2} w_{d,i}[k+1], \quad (3)$$

여기서  $\{w_{l,i}, \text{ for } l=d,u\}$ 는 독립적이고 동등하게 분포된 평균 0, 표준 편차 1을 가지는 가우시안 (Gaussian) 랜덤 변수이고  $\alpha$ 는 다음과 같은 값을 가지는 상관 계수이다.

$$\alpha = \exp\left(\frac{-vt_s}{d_0}\right) = \exp\left(\frac{d_s}{d_0}\right). \quad (4)$$

여기서  $d_s$ 는 샘플링 간격을 의미한다.

상향 링크와 하향 링크 사이의 상호 상관 (cross-correlation) 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E[z_{d,i}[k]z_{u,i}[k]] = \sigma_z^2 \rho, \quad (5)$$

여기서  $\rho$ 는 상호 상관 계수이며 1.9MHz 통신 환경에서 0.66에서 0.92 사이의 값을 가진다<sup>[8]</sup>. 새도우 페이딩의 자기 상관과 링크간의 상호 상관 함수를 고려하여, 상향 링크는 다음과 같이 AR-1 신호로 정리할 수 있다.

$$z_{u,i}[k+1] = \gamma_1 z_{u,i}[k] + \gamma_2 z_{d,i}[k+1] + \sigma_z \sqrt{1-\gamma_1^2-\gamma_2^2} w_{u,i}[k+1], \quad (6)$$

여기서  $\gamma_1$ 과  $\gamma_2$ 는 상관 계수들에 의해 결정되는 가중치이며 다음과 같은 값을 가진다.

$$\gamma_1 = \frac{\alpha(\rho^2-1)}{\alpha^2\rho^2-1}, \quad (7)$$

$$\gamma_2 = \frac{\rho(\alpha^2-1)}{\alpha^2\rho^2-1}. \quad (8)$$

이러한 가중치들은 새도우 페이딩 모델 식 (3)과 (6)을 통계 특성 (2)와 (5)에 대입하여 계산할 수 있다.

레일리 페이딩의 영향을 제거하고 새도우 페이딩의 급격한 변화를 완화시키기 위하여 수신 파일럿 신호에 지수 평균 필터(exponential averaging filter)를 적용 한다<sup>[7]</sup>. 지수 평균 윈도우의 임펄스 응답은 다음과 같이 주어진다.

$$f_{av}[k] = \frac{d_s}{d_{av}} \exp\left(-\frac{kd_s}{d_{av}}\right) = \frac{d_s}{d_{av}} \beta^{-k}. \quad (9)$$

평균 필터를 통과한 수신 신호는 다음과 같이 주어진다.

$$\bar{x}_{l,i}[k] = \beta x_{l,i}[k-1] + (1-\beta)x_{l,i}[k]. \quad (10)$$

### III. 상·하향 신호를 모두 고려하는 적응적 핸드오버 기법

#### 3.1 성능 측정

$k$  번째 샘플링 단계에서 서비스 기지국과 목표 기지국의 상태를 각각  $B(k)$ 와  $\bar{B}(k)$ 로 표기하자. 핸드오버의 결정은 각 샘플링 단계에서 수행하며, 결정 변수  $U[k]$ 는 다음과 같은 두 개의 경우를 가진다. 즉,  $k$  번째 샘플링 단계에서 핸드오버를 하는 경우에는  $U[k]=1$ , 핸드오버를 하지 않고 현재 기지국을 유지하는 경우에는  $U[k]=0$ 의 값을 가진다. 즉, 상태를 나타내는  $B(k)$ 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$B[k+1] = B[k]\Gamma_{\{U[k]=0\}} + \bar{B}[k]\Gamma_{\{U[k]=1\}}, \quad (11)$$

여기서  $\Gamma_{\{\cdot\}}$ 는 지시(indicator) 함수를 의미한다.

일반적으로 핸드오버 성능은 핸드오버가 수행되는 평균 횟수와 신호 감손(signal degradation)이 발생하는 평균횟수로 평가한다. 핸드오버가 수행되는 평균 횟수는 다음과 같이 정의한다.

$$N_H = \sum_{k=1}^N \Gamma_{\{U[k]=1\}}. \quad (12)$$

신호 감손은 서비스 기지국 또는 단말기에서의 평균 수신 신호의 세기가 정해진 기준 값보다 떨어진 경우로 정의한다. 상향 링크와 하향 링크에서의 수신 오류, 즉 신호 감손이 일어난 평균 횟수는 각각 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$N_{out-l} = \sum_{k=1}^N \Gamma_{\{\bar{x}_{l,BH} < \Delta_l\}}, \text{ for } l=d,u. \quad (13)$$

여기서  $\Delta_d$ 와  $\Delta_u$ 는 각각 하향 링크와 상향 링크에서 통신을 위해 요구되는 미리 정해진 최소한의 기준 값을 나타낸다.

### 3.2 제안된 핸드오버 기법

실제 시스템에 적용할 수 있는 적응적 핸드오버 기법으로 [5][6]의 논문에서 locally optimal(LO) 기법이 제안되었다. 그러나 이 기법은 핸드오버를 결정하는 과정에서 오직 하향 링크의 신호만을 참조하므로 핸드오버 과정 중에 만족할 만한 상향 링크의 채널 품질을 보장할 수 없다는 단점을 가진다. 그러므로 본 논문에서는 상·하향 링크의 신호를 동시에 참조하는 준 최적의 적응적 핸드오버 기법을 제안한다.

핸드오버는 통신의 품질과 핸드오버가 수행되는 횟수에 대한 tradeoff 곡선상의 최적 포인트를 결정할 수 있도록 설계한다. 이 문제를 수행하기 위해 다음과 같은 최적화 방식을 도출한다. 즉, 다음의 성능 측정치들의 선형 조합을 최소화하는 결정 변수 집합  $U = \{U[1]U[2] \dots U[M]\}$ 을 찾는다.

$$J = cN_H + (N_{out-d} + \lambda N_{out-u}), \quad (14)$$

여기서  $c$ 는 음수가 아닌 tradeoff 파라미터이며  $\lambda$ 는 상향 링크와 하향 링크에서 요구하는 서비스 품질의 비율을 나타낸다.  $k+1$  번째 샘플링 단계에 dynamic programming<sup>[4]</sup>를 적용하면 다음과 같은 결정 변수 집합을 얻을 수 있다.

$$U[k] = \begin{cases} 1, & \theta_{d,\bar{B}}[k+1] + \gamma\theta_{u,\bar{B}}[k+1] + c \\ & < \theta_{d,B}[k+1] + \gamma\theta_{u,B}[k+1], \\ 0, & otherwise \end{cases}, \quad (15)$$

여기서  $\theta_{ii}[k+1]$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\theta_{i,i}[k+1] = P[\tilde{x}_{i,i}[k+1] < \Delta_i I_k]. \quad (16)$$

$I_k$ 는  $k$  번째 샘플링 단계에서 핸드오버를 결정하기 위해 필요한 정보(information)를 의미한다. 수신 신호  $\tilde{x}_{i,i}[k+1]$ 는  $\tilde{x}_{i,i}[k]$ 와  $x_{i,i}[k]$ 의 영향을 받지만 그 이전 신호와는 독립적이며 가우시안 분포를 가진다. 그러므로 수식 (15) 번에서의 확률 문제  $\theta_{i,i}[k+1]$ 는 다음의 조건부 평균과 분산에 의해 결정된다<sup>[6]</sup>.

$$E[\tilde{x}_{i,i}[k+1]] = \beta\tilde{x}_{i,i}[k] + (1-\alpha-\beta)(\kappa_i - \eta \log d_i[k]) + \alpha x_{i,i}[k] \quad (17)$$

$$Var[\tilde{x}_{i,i}[k+1]] = \tilde{\sigma}^2 = \sigma^2(1-\alpha)(1-\beta). \quad (18)$$

그러므로 최종적으로 제안된 적응적 핸드오버 기

법의 결정 변수 집합은 다음의 식과 같다.

$$U[k] = \begin{cases} 1, & \Phi_{d,\bar{B}}[k+1] + \gamma\Phi_{u,\bar{B}}[k+1] + c \\ & < \Phi_{d,B}[k+1] + \gamma\Phi_{u,B}[k+1], \\ 0, & otherwise \end{cases}, \quad (19)$$

여기서 수신 신호의 기준 확률  $\Phi_{i,i}[k+1]$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\Phi_{i,i}[k+1] = Q\left(\frac{\tilde{x}_{i,i}[k+1] - \Delta_i}{\tilde{\sigma}}\right), \quad (20)$$

$$Q(x) \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} \int_x^\infty \exp(-t^2/2) dt. \quad (21)$$

### 3.3 궤환 신호의 양자화를 이용한 실제 시스템의 적용

상향 링크와 하향 링크 신호의 세기는 각각 기지국과 단말기에서 측정한다. 단말기에서 상향 링크 신호의 세기를 참조하기 위해서 기지국은 단말기에게 궤환(feedback) 신호를 전송하게 된다. 이런 경우에 측정값을 선형적으로 전송할 경우 전송 자원의 낭비가 매우 커진다. 그러므로 양자화(quantization)를 이용하여 실제 시스템에 효율적으로 적용하는 방법을 알아본다.

서비스 기지국과 인접 기지국들은 파일럿 신호를 이용하여 상향 링크 신호의 세기를 측정한다. 서비스 기지국은 이 측정값들을 전송 받아서 다음과 같이 양자화 한다.

$$\Delta\Phi_u[k] = Q_q(\Phi_{u,\bar{B}}[k] - \Phi_{u,B}[k]), \quad (22)$$

여기서  $Q_q(\cdot)$ 는  $q$ 의 스텝 크기를 가지는 선형 양자화 함수를 의미한다. 본 논문에서 최소값  $-A_p$ 와 최대값  $A_p$ 에서  $L=2A_p/q$  개의 단계를 가지는 선형 양자화기를 사용한다. 서비스 기지국은 단말기에서 양자화되어  $\lceil \log_2 L \rceil$  비트를 가지는 궤환 신호에  $\Delta\Phi_u[k]$  정보를 포함하여 전송한다.  $\Delta\Phi_u[k]$ 를 전송받은 단말기에서 최종적으로 핸드오버는 다음의 함수를 통해서 결정된다.

$$U[k] = \begin{cases} 1, & \Phi_{d,\bar{B}}[k+1] + \gamma\Delta\Phi_u[k+1] \\ & + c < \Phi_{d,B}[k+1] \\ 0, & otherwise \end{cases}. \quad (23)$$

## IV. 모의실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안된 기법의 성능은 컴퓨터 모의

실험을 통해서 검증할 것이다. 고려한 실험 환경은 표 1과 같다. 수신된 샘플 값들은  $d_{av} = 10m$  동안 지수 평균 필터를 통해 평균화된다. 또한 상향 링크와 하향 링크는 0.7의 상호 상관 관계를 가지며 발생하며, 양 링크 모두 같은 페이딩 특성을 가진다고 가정한다<sup>[8]</sup>. 즉, 신호의 표준 편차 및 자기 상관 계수는 서로 같다.

각각의 핸드오버 기법들에 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

- hysteresis를 이용하는 핸드오버 기법<sup>[2]</sup>  
 $h = [1\ 3\ 5\ 7\ 9\ 11\ 13\ 15\ 17\ 19\ 21\ 23\ 25\ 27\ 29]$ .
- LO를 이용한 기법<sup>[6]</sup>과 제안된 핸드오버 기법  
 $c = [0.8\ 0.7\ 0.6\ 0.5\ 0.4\ 0.3\ 0.25\ 0.2\ 0.15\ 0.1\ 0.08\ 0.06\ 0.04\ 0.02\ 0.01]$ .

그림 2는 상·하향 링크 새도우 페이딩의 표준 편차  $\sigma$ 는 8dB, 단말기의 이동 속도  $v$ 는 72km/h로 고정하였을 때 양자화 파라미터에 따른 핸드오버 성능을 핸드오버의 평균 수행 횟수와 신호 감손이 발생하는 평균 횟수를 통해서 성능을 비교한다. 상향 링크와 하향 링크에서 요구되는 서비스 품질은 같다고 가정한다. 즉,  $\gamma=1$ 로 설정하였다. 그림에서 보듯이 8단계( $q=0.25$ )의 양자화를 하였을 경우 양자화에 의한 원 신호와의 오차 때문에 핸드오버 성

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

파라미터	값
기지국간 거리 ( $D$ )	2000 m
$K_d, K_u$	105 dBm, 85 dBm
상관 거리 ( $d_0$ )	30m
링크 간 상호 상관 계수( $\rho$ )	0.7
샘플링 주기 ( $t_s$ )	0.5 sec
$\Delta_d, \Delta_u$	0 dBm, -20 dBm

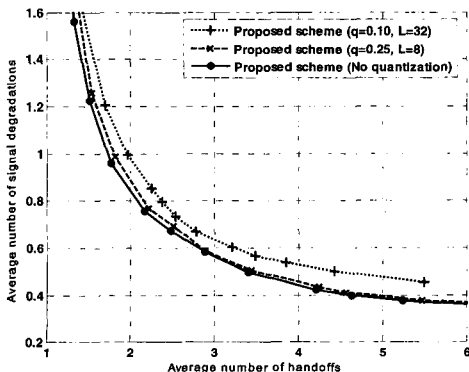


그림 2. 제안된 핸드오버 기법에서 양자화 기법에 대한 평균 핸드오버 수행 횟수와 평균 신호 감손 발생 횟수의 tradeoff 곡선

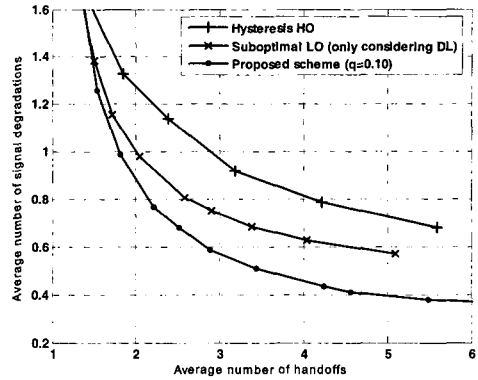


그림 3. 여러 핸드오버 기법들에 대한 평균 핸드오버 수행 횟수와 평균 신호 감손 발생 횟수의 tradeoff 곡선

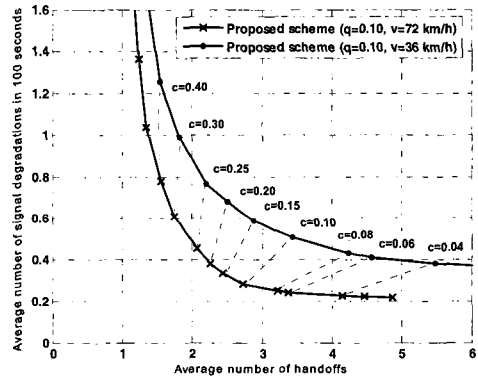


그림 4. 제안된 핸드오버 기법에서 이동속도의 이동 속도  $v$ 에 대한 평균 핸드오버 수행 횟수와 평균 신호 감손 발생 횟수의 tradeoff 곡선

능이 악화됨을 알 수 있다. 그러나 32 단계( $q=0.10$ ) 이상의 양자화를 하였을 경우에는 양자화를 하지 않은 경우에 거의 근접한 성능을 보임을 확인할 수 있다. 이 경우에 기지국에서 단말기로 5 비트의 채널 신호가 추가로 전송되어야 한다.

그림 3은 제안된 핸드오버 기법을 기존의 다른 핸드오버 기법(히스테리시스 기법<sup>[2]</sup>, LO 기법<sup>[6]</sup>)들과 비교한다. 제안된 기법이나 LO 기법 같은 적응적 핸드오버 기법은 결정된 파라미터를 사용하는 히스테리시스 기법보다 우수한 성능을 보인다. 이것은 적응적 기법들이 급격한 수신 신호의 변화에 의한 불필요한 핸드오버의 발생을 줄일 수 있기 때문이다. 즉, 히스테리시스 기법은 신호가 결정된 히스테리시스 수준이상으로 급격히 변하는 경우 불필요한 핸드오버가 발생할 수 있지만, 적응적 기법은 파라미터를 조정하여 이런 경우를 줄일 수 있다. 또

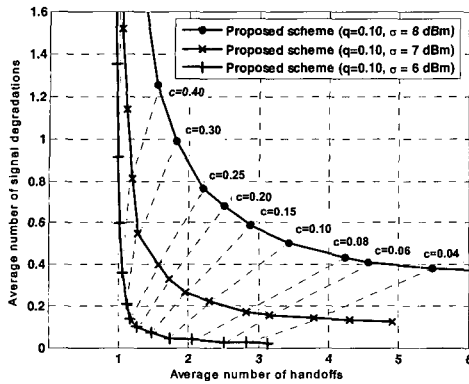


그림 5. 제안된 핸드오버 기법에서 이동국의 새도우 페이딩의 표준 편차  $\sigma$ 에 대한 평균 핸드오버 수행 횟수와 평균 신호 감손 발생 횟수의 tradeoff 곡선

한, 제안된 기법이 하향 링크 신호만을 참조하는 기법보다 같은 핸드오버 수행 횟수에 대해서 신호 감손이 적게 발생함을 볼 수 있다. 이것은 제안된 기법이 핸드오버 과정동안 상향 링크의 신호가 급격히 저하될 경우 신호 감손을 방지하기 때문이다.

그림 4는 새도우 페이딩의 표준 편차는  $8dB$ 로 고정하고 단말기의 이동 속도에 따른 제안된 기법의 성능을 보여준다. 이동 속도가 증가하면 tradeoff 곡선이 위로 이동함을 볼 수 있다. 이것은 단말기가 동일 시간 동안 더 많은 영역을 이동하여

핸드오버 횟수가 증가하기 때문이다. 또한, 최적의 성능을 보이는 tradeoff 파라미터  $c$ 는 이동 속도의 변화에 상관없이 고정된 값을 유지하는 것을 알 수 있다.

그림 5는 단말기의 이동 속도는  $72km/h$ 로 고정하고 페이딩의 표준 편차의 변화에 따른 제안된 기법의 성능을 보여준다. 페이딩의 표준 편차가 증가할수록 신호 감손이 발생할 확률이 증가하므로 핸드오버의 성능이 감소함을 볼 수 있다. 또한, 그림 4에서와 마찬가지로 페이딩의 표준 편차가 변화더라도 최적의 성능을 보이는 tradeoff 파라미터  $c$ 는 고정된 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 그림 4와 5를 통해 볼 수 있듯이 tradeoff 파라미터를  $c=0.20$ 로 설정한 경우 제안된 기법은 최적의 성능을 보인다.

### V. 결론

본 논문에서는 상·하향 링크의 신호를 동시에 고려하는 적응적 핸드오버 기법을 제안하였다. 하향 링크 신호만을 참조하는 기존의 핸드오버 기법들은

핸드오버 과정 동안 상향 링크 신호가 급격하게 변화하여도 상향 링크의 수신 오류를 방지할 수 없는 단점을 가진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 기법은 LO 기법을 하향 링크와 상향 링크에 결합하여 적용하였다. 제안된 기법은 이동 통신 환경이 변화하더라도 최적의 성능을 가질 수 있도록 적응적으로 동작하며 핸드오버 과정 동안에도 상향 링크와 하향 링크의 서비스 품질을 모두 만족할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] IEEE C802.20-05/68, "QFDD and QTDD: Technology Overview. 2006," 2006.
- [2] R. Vijayan and J. M. Holtzman, "On channel estimation in OFDM systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 42, pp. 351-356, Aug. 1993.
- [3] N. Zhang and J. M. Holtzman, "Analysis of handoff handoff algorithms using both absolute and relative measurement," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 45, pp. 174-179, Feb. 1996.
- [4] D. P. Bertsekas, *Dynamic Programming and Optimal Control*, Belmont, MA: Athena, 1995.
- [5] V. V. Veeravalli and O. E. Kelly, "A locally optimal handoff algorithm for cellular communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 46, pp. 603-610, Aug. 1997.
- [6] M. Akar and U. Mitra, "Variation on optimal and suboptimal handoff control for wireless communication systems," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 19, no. 6, pp. 1173-1185, June 2001.
- [7] M. Gudmundson, "Correlation model for shadow fading in mobile radio systems," *Electron Letter*, vol. 27, no. 23, pp. 2145-2146, Nov. 1991.
- [8] H. Kim and Y. Han, "Enhanced correlated shadowing generation in channel simulation," *IEEE Comm. Letter.*, vol. 6, no. 7, pp. 279-281, July 2002.

조 영 보 (Young-bo Cho)

정회원



2000년 2월 연세대학교 기계전  
자공학부 졸업  
2002년 2월 연세대학교 전기전  
자공학과 석사  
2002년~현재 연세대학교 전기  
전자공학과 박사과정  
<관심분야> 채널 추정, 간섭 제거  
기술, 핸드오버

방 극 준 (Keuk-joon Bang)

정회원



1985년 2월 연세대학교 전자공  
학과 학사 졸업  
1995년 8월 연세대학교 산업대  
학원 전자공학과 석사  
1999년 2월 연세대학교 전자공학  
과 박사  
2000년 3월~현재 인덕대학 인터  
넷TV방송전공 조교수  
<관심분야> 디지털 모뎀, 통신 신호처리

한 승 업 (Seung-youp Han)

준회원



2002년 2월 연세대학교 전파공  
학과 학사 졸업  
2004년 2월 연세대학교 전기전  
자공학과 석사  
2004년~현재 연세대학교 전기전  
자공학과 박사과정  
<관심분야> UWB, 자원 할당

홍 대 식 (Dae-sik Hong)

종신회원

한국통신학회 논문지 제 21권, 제 8호 참조