

# 무선 측위 시스템의 hearability 개선을 위한 IC-IPDL 기법

준회원 김 상 현\*, 정 양 석\*, 정회원 윤 대 희\*, 이 충 용\*

## IC-IPDL Method for Improving Hearability of Wireless Positioning System

Sangheon Kim\*, Yangseok Jeong\* Associate Members,

Dae-Hee Youn\* and Chungyong Lee\* Regular Members

### 요 약

본 논문에서는 무선 통신망을 이용하는 단말기 기반의 무선 측위 시스템에서 가장 큰 문제점인 hearability 문제를 해결하기 위하여 modified-IPDL 기법과 간섭 신호 제거 기법을 동시에 사용하는 IC-IPDL 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 간섭 신호 제거 기법을 사용하여 CPICH(Common Pilot Channel)에 의한 간섭을 제거하고 modified-IPDL 기법을 사용하여 다른 하향 링크 채널들의 간섭을 제거함으로써 인근 기지국 신호에 대한 home 셀 기지국의 모든 하향 링크 채널의 간섭을 줄이고 hearability 문제를 해결한다. 모의 실험을 통하여 제안된 기법이 idle period 구간에서 CPICH의 전송을 유지하면서 기존의 IPDL 기법과 유사한 hearability 성능을 보임을 확인하였다.

### ABSTRACT

We propose IC-IPDL method, in order to improve hearability which is the fundamental problem of cellular-based location systems. The proposed method improves hearability by using interference cancellation technique for CPICH and modified-IPDL method for other downlink channels. The simulation results showed that IC-IPDL method has a similar performance of the case using standard IPDL method though CPICH exists during idle period.

### 1. 서론

무선 통신망을 이용한 무선 측위 시스템은 시간 정보, TOA(Time Of Arrival)/TDOA (Time Difference Of Arrival)를 이용하는 방법과 신호의 입사 각도, AOA(Angle Of Arrival)를 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 입사 각도를 이용하는 방법은 측위 오차가 크게 발생하며 다중 안테나의 사용으로 비용이 많이 들고 기존 시스템에 많은 변형이 필요하다는 문제점이 있어서 시간 정보를 이용하는

측위 시스템에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 시간 정보를 이용하는 측위 방법에서는 적어도 3개 이상의 기지국 신호로부터 시간 정보를 추정해야 하지만 기존 셀룰러 시스템의 경우 near-far 현상과 전력 제어에 의해 주변 기지국의 신호를 수신하지 못하는 hearability 문제가 발생하게 된다<sup>[1][2]</sup>. Hearability는 무선 통신망을 이용하는 단말기 기반의 무선 측위 시스템에서 해결해야 할 가장 큰 문제점으로, 이 문제를 해결하기 위하여 Ericsson에서는 3GPP의 표준화 과정에서 IPDL(Idle Period

\* 연세대학교 전기전자공학과 미디어·통신 신호처리 연구실(heon@mcsp.yonsei.ac.kr)

논문번호 : 010092-0510, 접수일자 : 2001년 5월 10일

※ 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행되었습니다.

DownLink)기법을 제안하였다<sup>[3]</sup>. IPDL 기법은 home 셀 기지국의 모든 하향 링크 신호를 짧은 시간 동안 중지하여 주변 기지국 신호에 대한 간섭을 제거함으로써 hearability 문제를 개선하는 방법이다. 하지만 IPDL 기법의 경우 모든 하향 링크 신호의 전송이 중지되기 때문에 기지국과 단말기간의 동기화와 hand-off 영역에 있는 단말기에서 문제점이 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 IPDL 기법의 문제점을 극복하기 위하여 idle period 동안에도 CPICH(Common Pilot Channel) 전송을 유지하는 modified- IPDL 기법을 개발하고, 남아 있는 CPICH에 의한 hearability 문제 해결을 위해 간섭 제거 신호 제거 기법을 이용하는 IC-IPDL (Interference Cancellation-IPDL) 기법을 제안하였다. 또한 제안한 기법의 성능 평가를 위하여 기존의 hearability 개선 기법과 제안한 IC-IPDL 기법의 칩(chip) 에너지 대 간섭 및 잡음비  $E_c/N_{0,T}$ 를 이론적으로 분석하고 모의 실험을 수행하였다.

## II. 기존의 hearability 개선 기법

### 1. Hearability 분석

Hearability 문제란 home 셀 기지국의 신호가 인근 기지국 신호들에 대해 강한 간섭 신호로 작용하여 단말기에서 측위에 필요한 인근 기지국의 신호를 수신할 수 없는 상황을 뜻한다. Hearability 문제를 분석하기 위한 CPICH의 칩 에너지 대 간섭 및 잡음 비는 식(1)과 같고 이때 잡음의 대역폭이 칩 전송률과 같다면 이 값은 신호의 SNR과 같다<sup>[4]</sup>.

$$\left(\frac{E_c}{N_{0,T}}\right)_{CPICH} = \frac{S_{CPICH}}{N_m + I_T} = \frac{P_{CPICH} / L_T(R)}{N_m + I_T} \quad (1)$$

여기서,  $S_{CPICH}$ 는 CPICH에 대한 단말기에서의 수신 전력,  $N_m$ 은 단말기에서의 잡음 전력,  $I_T$ 는 전체 간섭 전력,  $P_{CPICH}$ 는 CPICH에 대한 기지국의 전송 전력이고  $L_T(R)$ 는 거리  $R$ 에 대한 전송 손실이다. 식(1)에서 전체 간섭 전력  $I_T$ 는 자기 셀 간섭(same-cell interference,  $I_{sc}$ )과 다른 셀 간섭(other-cell interference,  $I_{oc}$ )으로 구성된다. 자기 셀 간섭  $I_{sc}$ 는 다중 경로 성분들의 지연으로 채널들간의 직교성이 유지되지 못해서 발생하게 되며, 간섭이 없을 때 단말기에서 수신된 전체 하향 링크의 전력  $S$ 의 비로써 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{sc} = K_{same} S \quad (2)$$

$$K_{same} = \left(\sum_{j=1}^K \frac{\beta_j}{1-\beta_j}\right)^{-1}, \quad \sum_{j=1}^K \beta_j = 1$$

여기서,  $\beta_j$ 는 다중 경로 성분 각각의 상대적인 전력을 의미한다. 다른 셀 간섭  $I_{oc}$ 는 인근 다른 셀의 기지국에서 전송된 신호에 의해 발생하는 간섭으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I_{oc} = K_{other} S = \left(\sum_i \frac{r_0^{\alpha}}{r_i^{\alpha}}\right) S \quad i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

여기서,  $r_0$ 는 home 셀 기지국과 단말기 사이의 거리이고,  $r_i$ 는 주변 셀 기지국들과 단말기 사이의 거리이다. 식(2)과 식(3)에 의해 전체 간섭 전력  $I_T$ 는 다음과 같다.

$$I_T = I_{sc} + I_{oc} = (K_{same} + K_{other}) S \quad (4)$$

### 2. IPDL 기법

Hearability 문제를 해결하기 위한 대표적인 방법으로 Ericsson에서 제안한 IPDL기법을 들 수 있다<sup>[3]</sup>. IPDL 기법이란, home 셀의 기지국이 idle period라고 하는 짧은 시간 동안 하향 링크 채널의 전송을 중지하고 그 시간 동안 단말기가 다른 기지국의 신호를 수신할 수 있도록 하여 hearability 문제를 개선하는 기법이다. 이때, 인접한 기지국이 동시에 idle period를 발생하지 않도록 하기 위하여 각 기지국은 단말기가 미리 알고 있는 랜덤한 시간에 idle period를 발생시킨다. 그림 1(a)에서 node B0가 idle period를 발생시킬 때, nodeB0에 있는 단말기는 다른 nodeB(nodeB1~nodeBn)들로부터 전송되는 CPICH를 수신할 수 있게 된다.

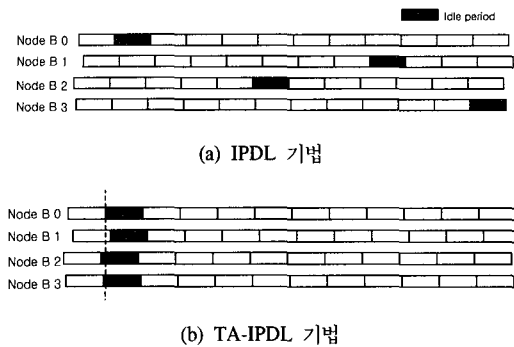


그림 1. IPDL 기법과 TA-IPDL 기법에서의 idle period

IPDL 기법과 더불어 표준화 과정에서 논의된 것으로 TA-IPDL(Time Aligned-IPDL) 기법을 들 수 있다<sup>[5][6]</sup>. TA-IPDL 기법은 그림 1(b)와 같이 IPDL 기법의 특별한 형태로, 다른 기지국들의 idle period 들을 가까운 시간( $\sim 30\mu s$ ) 범위 내에 정렬시키는 방법이다. 따라서 더욱 많은 간섭 신호를 제거하여 보다 나은 측위 환경을 조성함으로써 idle period의 길이와 idle period 간의 간격을 줄일 수 있고 이에 따라 단말기에서의 처리량을 감소시키는 장점이 있다. 이 외에 hearability 개선을 위한 IPDL 기반 기법으로는 idle period 동안에 다른 기지국에서 측위에 필요한 새로운 형태의 burst 파일럿 채널을 전송하는 IPDL with burst pilot과 TA-IPDL with burst pilot 방식 등을 들 수 있다<sup>[7]</sup>.

IPDL 기법은 hearability 문제를 개선시킬 수 있지만, idle period 동안에는 모든 하향 링크 채널의 전송이 중지되기 때문에 기지국과 단말기 간의 동기화 및 hand-off 과정에 있는 다른 단말기에 미치는 영향을 고려해야 하는 어려움이 있다.

### 3. 파일럿 채널 제거 기법

Hearability 문제를 해결하기 위한 다른 방법으로, 소속 기지국의 파일럿 채널을 간섭 신호 제거 기법을 사용하여 제거함으로써 다른 기지국 신호에 대한 간섭을 줄이는 방법이 연구되고 있다<sup>[8]</sup>. 파일럿 채널은 셀 내에 있는 모든 단말기에 공통적으로 전송되는 신호로, 강한 전송 전력을 갖고 있어 이에 따른 인근 기지국 신호에 작용하는 간섭 또한 매우 크다. 따라서 수신된 강한 파일럿 신호를 재구성하여 전체 수신 신호로부터 제거하면 간섭 성분을 줄이게 되고 결국은 hearability 문제를 개선하는 결과를 보인다. 그러나 파일럿 신호를 재구성하기 위해서는 채널 추정이 선행되어야 하며 이를 위해 파일럿 신호를 학습 신호열로 이용하는 다음과 같은 채널 추정 기법이 이용된다<sup>[9]</sup>.

그림 2에서  $s$ 는 길이  $N$ 인 알고 있는 전송 신호이고,  $h$ 는 길이  $M$ 인 채널 임펄스 응답 벡터이다. 그리고  $n$ 은 잡음 신호를 나타내는 벡터이다.

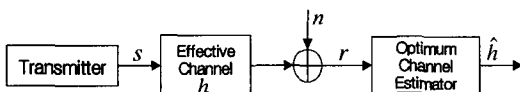


그림 2. 채널 추정 기법의 모델링

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_N)^T \quad (5)$$

$$h = (h_1, h_2, \dots, h_M)^T \quad (6)$$

$$n = (n_1, n_2, \dots, n_{M+N-1})^T \quad (7)$$

행렬  $A$ 를 식(8)과 같이 정의하면, 수신된 신호  $r$ 을 식(9)와 같이 표현할 수 있다.

$$A = [A_{ij}] \quad (8-a)$$

$$1 \leq i \leq M+N-1, 1 \leq j \leq M$$

$$A_{ij} = \begin{cases} s_{i-j+1} & \text{if } 1 \leq i-j+1 \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (8-b)$$

$$r = (r_1, r_2, \dots, r_{M+N-1})^T = Ah + n \quad (9)$$

따라서 잡음에 대한 통계적인 정보가 없을 경우, 식(10)의  $E$ 를 최소화하는  $\hat{h}$ 를 채널 임펄스 응답 추정치의 최적 해로 결정할 수 있으며 그 결과는 식(11)과 같다.

$$E = [r - A\hat{h}]^H [r - A\hat{h}] \quad (10)$$

$$\hat{h} = (A^H A)^{-1} A^H r \quad (11)$$

이때  $H$ 는 hermitian을 나타낸다.

## III. 제안한 IC-IPDL 기법

### 1. Modified-IPDL 기법

Hearability 문제를 해결하기 위해 기존에 제안된 IPDL 기법과 TA-IPDL 기법은 단말기와 기지국간의 동기화와 hand-off 등에 사용되는 채널인 CPICH를 포함한 모든 하향 링크 채널의 전송을 중단한다. 따라서 측위 서비스를 받지 않는 다른 단말

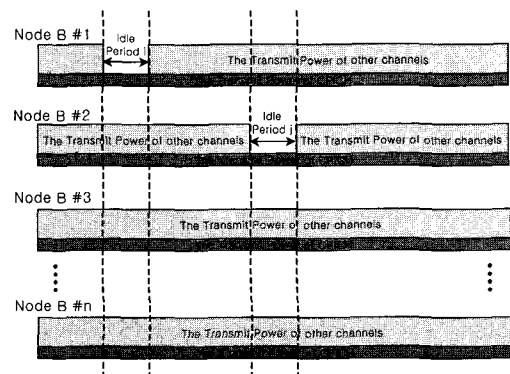


그림 3. 제안된 modified-IPDL 기법

기에서는 idle period 동안 동기를 놓치게 되는 문제 뿐만 아니라 hand-off 영역에서 수신되는 두 기지국 신호의 정확한 에너지 레벨 측정이 불가능한 문제 점도 생길 수 있다.

따라서 제안된 modified-IPDL 기법에서는 그림 3 과 같이 idle period 동안에도 CPICH의 전송을 유지함으로써 이러한 문제점을 극복할 수 있다.

### 2. 간섭 신호 제거 기법

Modified-IPDL 기법에서는 기지국 전송 전력의 10~20% 정도를 차지하는 CPICH가 idle period 구간에서도 계속 존재하기 때문에 인근 기지국 신호에 간섭 신호로 작용을 하게 되어 hearability 문제가 발생하게 된다. 하지만 CPICH는 모든 단말기와 사전에 약속된 신호이므로 그림 4와 같이 수신된 CPICH를 재구성하여 전체 수신 신호로부터 제거하여  $I_{oc}$  성분을 줄임으로써 hearability 문제를 개선할 수 있다<sup>[8]</sup>.

## IV. Hearability 분석

### 1. IPDL 기법 사용시의 hearability

IPDL 기법을 사용하였을 경우, 인접한  $k$ 번째 기지국의 CPICH의 칩 에너지 대 잡음 및 간섭비  $E_c/N_{0,T}$ 를 유도하면, 식(1)의 간섭 전력  $I_T$  및 다른 셀 간섭 전력  $I_{oc}$ 에 변화가 생긴다. 따라서 idle period 구간에서 소속 기지국이 순간적으로 전체 하향 링크 채널의 전송을 중지하므로 수신하고자 하는 인근 기지국의 CPICH에 대한 다른 셀 간섭 성분 중에서 home 셀 기지국의 신호 전체가 제외되고 식(3)은 다음 식(12)와 같이 바뀌고 전체 간섭 전력  $I_T$ 는 식(13)과 같다.

$$I_{oc}' = \left( \sum_{i \neq 0, k} \frac{r_k'}{r_i'} \right) S = K'_{other, k} S \quad (12)$$

$$I_T' = I_{sc} + I_{oc}' = (K_{same} + K'_{other, k}) S \quad (13)$$

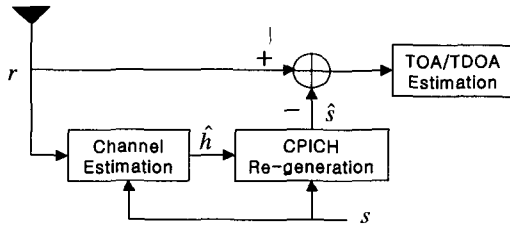


그림 4. 간섭 신호(CPICH) 제거 기법

여기서,  $r_k$ 는 구하고자 하는  $k$ 번째 기지국과 단말기 사이의 거리를 의미한다. 따라서 IPDL 기법을 사용했을 때,  $k$ 번째 기지국 CPICH 신호에 대한  $E_c/N_{0,T}$ 는 식(14)와 같다.

$$\begin{aligned} \left( \frac{E_c}{N_{0,T}} \right)_{CPICH} &= \frac{P_{CPICH}/L_T(R)}{N_m + I_T} \\ &= \frac{P_{CPICH}/L_T(R)}{N_m + (K_{same} + K_{other, k})S} \\ &= \frac{P_{CPICH}}{N_m L_T(R) + (K_{same} + K_{other, k})P_{total}} \end{aligned} \quad (14)$$

2. 간섭 신호 제거 기법 사용시의 hearability  
완벽한 채널 추정을 가정하고 파일럿 채널 제거 기법을 사용하였을 경우에 인접한  $k$ 번째 기지국의 CPICH 신호의  $E_c/N_{0,T}$ 를 구할 때, 간섭 전력  $I_T$ 와 다른 셀 간섭  $I_{oc}$ 의 변화를 고려하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} I_{oc}' &= \left( \sum_{i \neq 0, k} \frac{r_k'}{r_i'} \right) S + \frac{r_k'}{r_0'} S_{subtotal} \\ &= K'_{other, k} S + K_{other, 0} S_{subtotal} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} I_T' &= I_{sc} + I_{oc}' \\ &= (K_{same} + K'_{other, k}) S \\ &\quad + K_{other, 0} S_{subtotal} \end{aligned} \quad (16)$$

여기서  $S_{subtotal}$ 은 간섭이 없을 경우 CPICH를 제외한 다른 모든 채널들의 단말기에서의 수신 전력을 의미한다. 따라서  $k$ 번째 기지국 CPICH 신호에 대한  $E_c/N_{0,T}$ 는 식(17)과 같다.

$$\begin{aligned} \left( \frac{E_c}{N_{0,T}} \right)_{CPICH} &= \frac{P_{CPICH}/L_T(R)}{N_m + I_T} \\ &= P_{CPICH} / \{ N_m L_T(R) + (K_{same} \\ &\quad + K'_{other, k}) P_{total} + K_{other, 0} P_{subtotal} \} \end{aligned} \quad (17)$$

이때,  $P_{subtotal}$ 은 CPICH를 제외한 다른 하향 링크 채널들의 전송 전력이다.

### 3. IC-IPDL 기법 사용시의 hearability

Modified-IPDL 기법만을 사용하는 경우, 인접한  $k$ 번째 기지국의 CPICH의  $E_c/N_{0,T}$ 는 식(15)~(17)에서  $S_{subtotal}$ 과  $P_{subtotal}$ 를 각각  $S_{CPICH}$ 와  $P_{CPICH}$ 으로 바꾸으로써 얻을 수 있으며 그 결과는 식(18), 식(19)와 같다.

$$I_{oc} = \left( \sum_{i \neq 0, k} \frac{r_k^{\gamma}}{r_i^{\gamma}} \right) S + \frac{r_k^{\gamma}}{r_0^{\gamma}} S_{CPICH} \quad (18)$$

$$= K_{other, k} S + K_{other, 0} S_{CPICH}$$

$$\left( \frac{E_c}{N_{0, T}} \right)_{CPICH} = \frac{P_{CPICH} / L_T(R)}{N_m + I_T} \quad (19)$$

$$= P_{CPICH} / \{ N_m L_T(R) + (K_{same} + K_{other, k}) P_{total} + K_{other, 0} P_{CPICH} \}$$

또한, 간섭 신호 제거 기법을 사용하여 CPICH를 제거하면 식(18)의  $I_{oc}$ 에서  $K_{other, 0} P_{CPICH}$  성분을 줄이게 되고 결국은  $E_c/N_{0, T}$ 를 증가시켜 hearability를 더욱 개선시킬 수 있다. 이때, 완벽한 채널 추정 기법과 간섭 신호 제거 기법을 가정한 경우 IPDL과 동일한 결과를 얻는다.

### V. 모의 실험

Hearability 분석을 위해서 짧은 반경이 1km인 19개의 육각 모양 셀로 2개의 층을 구성하였고 무선 측위에 사용되도록 제안된 modified-CODIT 모델<sup>[10]</sup>을 채널 모델로 사용하였으며 실험 환경은 Urban A로 선정하였다. 이때 임의의 단말기 위치에서 home 셀 기지국의 CPICH와 가장 강하게 수신되는 3개의 인근 기지국의 CPICH를 합한 총 4개 기지국 CPICH로부터  $E_c/N_{0, T}$ 를 측정하는 모의 실험을 수행하였다. 모의 실험에 사용된 파라미터들은 표 1과 같다.

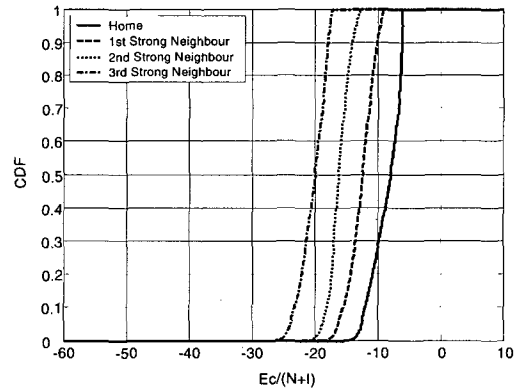
표 1. 모의 실험 계수(parameters)

Chip Rate	3.84 Mchips/s
Sampling Rate	8 × Chip Rate
Channel Model	Modified CODIT : UrbanA
BTS Separation	2 km
Pathloss Model	beta + alpha × 10 × log(range)
Urban	alpha=3.52; beta=29.03
Tx Power of BS	43 dBm (20W)
Tx Power of CPICH	33 dBm (2W)
Noise Floor	-118 dBm
Slow Fading Sigma	8 dB

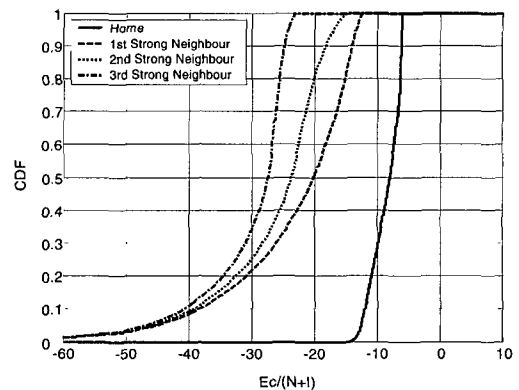
그림 5와 그림 6은 hearability 개선을 위한 기존 기법들과 본 논문에서 제안한 기법을 적용하였을

경우, 단말기에서 수신된 CPICH의  $E_c/N_{0, T}$ 를 CDF (누적 도수 분포, Cumulative Distribution Function)로 나타낸 그림이다.

그림 5(a)는 IPDL 기법을 사용한 경우로, 이로부터 home 셀 기지국의 CPICH를 포함한 세 개의 강한 CPICH 신호가 -20 dB 이내에서 100% 수신되고 있음을 알 수 있다. IPDL 기법이 적용되면 idle period 구간 내에서 CPICH이 존재하지 않으므로 그림 5에 나타난 home 셀의 CPICH에 해당하는 실선은 idle period 구간이 아닌 일반적인 time slot에서의  $E_c/N_{0, T}$ 가 된다. 그림 5(b)는 기존의 파일럿 채널 제거 기법을 사용하여 home 셀 기지국의 파일럿 채널을 제거한 경우로 -20 dB에서 세 개의 강한 CPICH 신호가 수신될 확률은 20%에 불과하다. 이는 CPICH의 전송 전력이 전체 전송 전력의 10% 정도인 CPICH를 제거하더라도 다른 하향 링크에 의한 간섭이 여전히 존재하기 때문이다.



(a) IPDL 기법



(b) 파일럿 채널 제거 기법

그림 5. 기존의 hearability 개선 기법을 적용한 경우  $E_c/N_{0, T}$ 의 누적 도수 분포

그림 6(a)는 본 논문에서 제안한 기법 중 CPICH 외의 다른 하향 링크 채널들의 전송을 중지하는 modified-IPDL 기법만을 적용한 경우로, -20 dB에서 세 개의 CPICH 신호가 수신될 확률은 63% 정도임을 볼 수 있다. 이는 idle period 구간에서 존재하는 home 셀 기지국의 CPICH가 인접한 기지국의 신호에 대해 간섭 신호로 작용하였기 때문이다.

그림 6(b)는 modified-IPDL 기법과 간섭 신호 제거 기법을 모두 적용하였을 때의 결과로서, -20 dB에서 세 개의 CPICH 신호를 수신할 확률이 94% 정도로 매우 향상된 hearability 성능을 보이고 있다.

그림 5(a)와 그림 6을 비교해 보면, modified-IPDL 기법이 IPDL 기법에 비해서 home 셀 기지국 CPICH의  $E_c/N_{0,T}$ 가 더 높게 나타남을 볼 수 있다. 이것은, IPDL 기법의 경우에는 idle period 구간이 아닌 일반적인 time slot에서 CPICH를 수신해야 하므로 같은 셀 간섭이 크게 작용하는 반면에

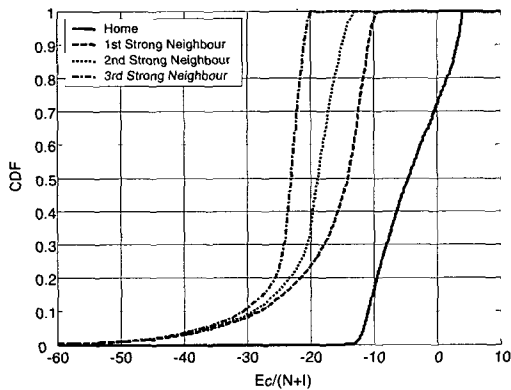
modified-IPDL 기법의 경우에는 idle period 구간에서 CPICH 외의 다른 하향 링크 채널이 없으므로 같은 셀 간섭이 작게 작용하는 환경에서 CPICH를 수신할 수 있기 때문이다.

### VI. 결론

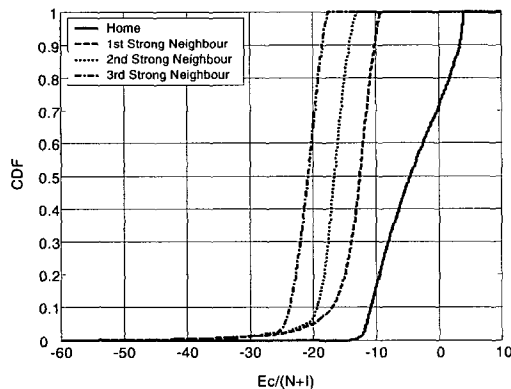
이상과 같이 본 논문에서는 무선 측위 시스템의 hearability 개선을 위하여 modified-IPDL 기법을 개발하고, 간섭 신호 제거 기법을 이용하여 변형으로 인해서 발생하는 문제점을 해결한 IC-IPDL 기법을 제안하였다. 기존의 IPDL 기법에서는 idle period 구간에서 home 셀 기지국이 모든 하향 링크 채널의 전송을 중단하므로 측위 서비스를 받지 않는 다른 단말기의 경우 CPICH이 순간적으로 사라지게 되어 단말기가 기지국과의 동기를 놓치게 되고, hand-off 영역에서 각 기지국 신호의 에너지 레벨을 측정할 때 에너지가 순간적으로 감소하게 되는 등의 문제점이 발생할 가능성이 있다. 따라서 idle period 구간에서 CPICH를 남겨두어 측위 서비스를 받지 않는 다른 단말기에 아무런 영향을 끼치지 않도록 하는 modified-IPDL 기법을 제안하였다. 그리고 idle period 구간에서 존재하는 CPICH 신호로 인하여 발생하게 되는 hearability 문제에 대해서 분석하고, 간섭 신호 제거 기법을 사용하여 이를 효과적으로 해결하였다. 모의 실험을 통해 제안된 IC-IPDL 기법이 idle period 구간에서 CPICH를 남겨 두고도 IPDL 기법과 비슷한 향상된 hearability 성능을 가짐을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] James J. Caffery, Jr. and Gordon L. Stüber, "Overview of Radiolocation in CDMA Cellular Systems," *IEEE Communications Magazine*, April 1998.
- [2] T. S. Rappaport, J. H. and B. D. Woerner, "Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future," *IEEE Communication Magazine*, Oct. 1996.
- [3] Ericsson, "Method for Downlink Positioning (IP-DL)," Tdoc SMG2 UMTS-L1 327/98, Sept. 1998.
- [4] Jhong Sam Lee and Leonard E. Miller, *CDMA Systems Engineering Handbook*, Artech House



(a) Modified-IPDL 기법



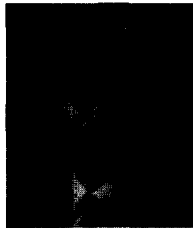
(b) IC-IPDL 기법

그림 6. 제안한 IC-IPDL 기법을 적용한 경우  $E_c/N_{0,T}$ 의 누적 도수 분포

- Publishers, 1998.
- [5] Motorola, "General Description of Time-Aligned IPDL," TSGR2#R2-99h92, Nov. 1999.
  - [6] Brendan Ludden and Luis Lopes, "Celluar Based Location Technologies for UMTS: A comparison between IPDL and TA-IPDL," *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2, pp.1348 -1353, May 2000.
  - [7] Samsung, "The Performance enhancement of IPDL using Burst Pilot for LCS," TSGR2#11(00)142, Jan. 2000.
  - [8] 정양석, 연명훈, 박준현, 유홍렬, 홍대식, 윤대희, 이충용, "CDMA 망에서 향상된 hearability을 갖는 무선 측위 시스템," *통신학회논문지*, vol. 26, no. 1B, pp. 52-58, 2001년 1월.
  - [9] T. Felhauer, "Digital Signal Processing for Optimum Wideband Channel Estiamtion in the Presence of Noise," *IEE Proceedings-F*, vol. 140, no. 3, June 1993.
  - [10] Henrik Asplund, Patrik Lundqvist and Jan-Erik Berg, "A channel model for Positioning," COST 259 TD(98)20, Feb. 1998.

김 상 현(Sangheon Kim)

준회원



2000년 2월 : 연세대학교  
기계자공학부졸업  
2000년 3월~현재 : 연세대학교  
전기전자공학과  
석사과정  
<주관심 분야> 무선 측위,  
이동 통신

정 양 석(Yangseok Jeong)

준회원

한국통신학회 논문지, 제26권, 제1B호 참조

윤 대 희(Dae-Hee Youn)

정회원

한국통신학회 논문지, 제24권, 제7A호 참조

이 충 용(Chungyong Lee)

정회원

한국통신학회 논문지, 제24권, 제7A호 참조