

---

# 차세대 복합 시분할 부호분할 이동통신 시스템에서 타 셀 간섭에 효율적인 결합검출 기법

장진원\*

## Joint Detection Technique Effective to Other Cell Interference in the Next Generation Hybrid TD-CDMA Mobile Communication Systems

Jin-Weon Chang\*

### 요 약

본 논문에서는 차세대 복합 시분할 부호분할 다중접속 이동통신 시스템에서 타 셀 사용자 간섭 제거를 위한 결합검출 방안을 제안한다. 결합검출 기술은 차세대 복합 시분할 부호분할 다중접속 이동통신 시스템 TD-CDMA 시스템에서의 가장 큰 특징이라 할 수 있는 기술로서 셀 내의 서로 다른 사용자의 신호 간섭을 제거하여 동시에 사용자 데이터를 복원할 수 있다. 종래의 연구에서는 2단계 결합 검출 방식을 이용하여 목적 셀의 사용자 간섭 뿐 아니라 타 셀 간섭을 제거해 줄 수 있는 방안이 제안되었으나 이 방안에서는 타 셀 간섭 제거를 위한 구체적인 사용자 인식에 대한 방안이 없다. 따라서 주변 타 셀 내의 사용자의 간섭의 크기에 상관없이 모든 사용자에 대하여 결합검출을 수행해야 하며 2단계 결합검출의 복잡도가 매우 높다.

본 논문에서는 타 셀 사용자의 간섭의 크기에 따라서 선택적으로 2단계 결합 검출을 수행하는 방안을 제안한다. 제안된 방식은 모의실험을 통하여 성능을 조사하였으며 종래의 결합검출 방식에 비하여 성능의 열화가 없는 동시에 2 단계 결합검출의 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper a joint detection method for other cell interference cancellation is proposed in the next generation hybrid TD-CDMA mobile communication systems. A joint detection technique, a most characteristic feature of hybrid TD-CDMA mobile communication systems, retrieves users' data in the same time slot simultaneously with the elimination of multiple user interference. Previously a two stage joint detection method was proposed to cancel other cell interference as well as multiple user interference in the target cell. However the previous scheme does not have concrete ways to recognize other cell users who give major interference to the target cell. Thus all users in neighbor other cells has to be jointly detected and it causes huge complexity of the two stage joint detection. In this paper a method is proposed to perform two stage joint detection according to users' interference with the target cell. Performances of the proposed scheme are investigated through simulations and compared to the previous method the proposed method has no performance degradation and also lower the complexity of two stage joint detection significantly.

### 키워드

복합 시분할 부호분할 다중접속 방식, 주변 셀 간섭 제거, 결합 검출 방식, 차세대 이동통신 기술

## I. 서 론

전 세계 이동통신 시장은 최근 20여 년간 폭발적인 성장기를 거쳐서 안정화 단계로 성숙하였고 향상된 전송속도, 다양한 서비스 지원을 가능케 하는 제 3세대로 진입하고 있다. 특히 중국 이동통신 시장은 1998년에 2500만 명 수준에서 매년 60% 이상의 성장을 지속하여 2003년 2억 6800만 명 수준의 세계 최대 시장으로 발돋움하였으며 2010까지 매년 12% 정도의 성장을 지속하여 2010년에 보급률 40%의 6억 명 수준의 거대 시장이 될 것으로 전망되고 있다[1].

복합 시분할 부호분할 다중접속 TD-CDMA 시스템은 중국 시장에서 유력한 제 3.5세대 이동통신 표준이자 차세대 이동통신 시스템으로 고려되고 있는 시스템으로 결합검출, 스마트 안테나, 상향 동기 등의 기술을 자체적으로 포함하여 향상된 용량을 지닌 것으로 보인다. 특히 결합검출 기술은 셀 내의 다른 사용자의 신호 간섭을 제거할 수 있는 기술로 TD-CDMA 시스템의 가장 큰 특징이라 할 수 있다[2].

TD-CDMA 시스템에서의 간섭신호의 제거 방식인 결합검출 방식은 이론적으로 성능이 뛰어난 방식이었으나 그 복잡도가 높아 현실적으로 상용 시스템에 채용되지 못하였다. 다수의 동시 사용자의 신호를 결합 검출하기 위한 역행렬의 계산이 문제점이었으나 Karimi의 연구[3]에서 Cholesky 방식을 이용한 결합 검출 방식의 복잡도를 크게 줄일 수 있는 방안이 제안되었고 Vollmer의 연구[4]는 Cholesky 방식 외에 검출 성능이 저하되지 않으면서 Fast Fourier Transform (FFT)을 이용하여 보다 복잡도를 줄일 수 있는 결합 검출 방식을 제안하였다.

하지만 이상에서 언급한 종래의 연구들은 목적 셀 내의 동시 사용자 신호 간섭만을 제거하며 주변 셀 내에 위치한 사용자의 간섭을 제거하지 못한다. 목적 셀 이외의 타 셀 사용자 간섭을 제거하기 위한 방법으로 Wu[5]의 연구에서 2차 결합 검출 방식을 제안하였다. 목적 셀의 검출을 2차에 걸쳐서 수행함으로써 타 셀 간섭을 제거해 줄 수 있는 방안이다. 하지만 이 방안에서는 타 셀 간섭 제거를 위한 구체적인 사용자 인식에 대한 방안이 없다. 타 셀 내의 사용자는 위치에 따라서 목적 셀에 큰 간섭을 줄 수도 있고 그 간섭이 매우 작을 수도 있다. 효과적인 타 셀 사용자 신호 간섭 제거를 위해서는 목적 셀에 큰 간섭을 미치는 사용자를 인식할 수 있는 방법이 필요하며 또한 결합

검출을 위한 정보를 목적 셀에 전달해야 할 것이다.

본 논문에서는 타 셀 사용자 간섭 제거를 위한 구체적인 결합 검출 방안을 제안한다. 본 논문의 제안 방식은 종래의 2차 결합 검출 방식에 비하여 성능의 열화가 없고 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

## II. 시스템 모델

TD-CDMA 시스템은 일반적으로 기본 전송 단위인 프레임에 다수 개의 슬롯으로 시분할하고 각각의 슬롯에서 서로 다른 직교 확산 부호를 사용하여 서로 다른 사용자 신호를 전송한다. 그림 1은 이와 같은 TD-CDMA 시스템의 일반적인 프레임 구조를 보이고 있다.

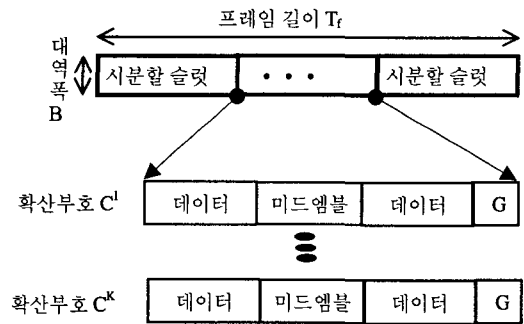


그림 1. TD-CDMA 이동통신 시스템의 일반적인 프레임 구조

Fig. 1 General frame structure in TD-CDMA cellular systems

TD-CDMA 시스템에서의 결합 검출은 각 슬롯에 대하여 동작하며 각 슬롯에서는 최대  $K$  명의 사용자의 신호를 동시에 검출한다. 한 슬롯에서 하나의 확산 부호를 이용하여 전송되는  $k$ 번째 사용자의 데이터는  $N_d$  심볼로 구성되며 벡터  $\underline{x}^{(k)}$  로 표현한다.  $k$ 번째 사용자의 확산 부호는 확산 계수  $Q$ 를 가지며  $\underline{c}^{(k)}$  로 정의한다. 이 정의를 근간으로 블록 대각 확산 행렬을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\underline{C}^{(k)} = I_N \otimes \underline{c}^{(k)} = \begin{pmatrix} \underline{c}^{(k)} & & \\ & \ddots & \\ & & \underline{c}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서  $\otimes$ 는 크로넥커 연산을 의미하며  $I_N$ 은  $N$  차 정방 단위행렬이다. 각 사용자의 무선 채널은 최대  $WT_c$  크기의 지연을 가정하면  $W$  크기의 벡터  $\underline{h}^{(k)}$ 로 정의할 수 있다. 이 정의를 근간으로 채널 응답행렬  $\underline{H}^{(k)}$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$\underline{H}^{(k)} = \begin{pmatrix} \underline{h}_1^{(k)} & & & & \\ \vdots & \underline{h}_1^{(k)} & & & \\ \underline{h}_W^{(k)} & \vdots & \dots & & \\ & \underline{h}_W^{(k)} & & \underline{h}_1^{(k)} & \\ & & & \vdots & \\ & & & \underline{h}_W^{(k)} & \end{pmatrix} \quad (2)$$

수신 신호  $r$ 는 이상의 정의를 근간으로 다음과 같이 나타낸다.

$$\underline{r} = \sum_{k=1}^K \underline{H}^{(k)} \underline{C}^{(k)} \underline{x}^{(k)} + n \quad (3)$$

여기서  $n$ 은 가산 열 잡음과 타 셀 간섭을 의미하며 편의상  $\underline{H}^{(k)} \underline{C}^{(k)}$  행렬은  $(NQ + W - 1) \times N$  단위의 행렬  $\underline{B}^{(k)}$ 로 정의한다.

결합검출 방식은 수식 (3)에서 수신 신호를 통하여 송신 사용자 심볼  $\underline{x}^{(k)}$ 를 검출해 내는 것으로 LS (Least Square) 해를 구하는 것과 동일하다. 결국은  $\underline{B}^{(k)}$  행렬의 역행렬을 구하는 것이나 보통 연산량이 많아  $\underline{B}^{(k)}$  행렬의 Toeplitz 특성을 이용하여 복잡도를 낮춘 Cholesky 방식이나 Fourier 방식이 사용된다[3, 4].

### III. 제안된 결합 검출 방식

부호분할 다중접속 시스템에서 간섭제거 기술의 사용은 목표 셀과 주변 셀의 간섭을 모두 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다[6]. 이와 같은 간섭제거 기술은 시분할과 부호분할을 동시에 사용하고 있는 TD-SCDMA 시스템에서도 적용될 수 있다. TD-SCDMA 시스템에서는 부 프레임 당 7개의 시분할 타임 슬롯이 있고 각각의 타임 슬롯에 대하여 결합 검출 방식이 목적 셀 동시 사용자 간의 간섭을

제거하고 있다. 더 나아가서 2 단계의 결합 검출 방식을 이용하여 주변 셀 간섭을 완화하여 목적 셀 정보를 결합 검출 할 수 있다[7].

그림 2는 주변 셀과 목적 셀의 간섭을 동시에 처리하여 목적 셀의 정보를 보다 정확히 검출하는 방식의 동작을 블록도로 표현하고 있다.

한 타임 슬롯에 다수의 동시 사용자 신호가 가산되어 무선 채널을 통해 수신기에 전달된다. 이 신호를 수신한 수신기는 1차 결합검출을 통하여 목적 셀 사용자 데이터를 검출한다. 검출된 사용자 데이터는 결합 검출 과정에서 추정된 채널 다중경로와 그 감쇄치를 이용하여 원래의 목적 셀 송신 신호를 재생한다.

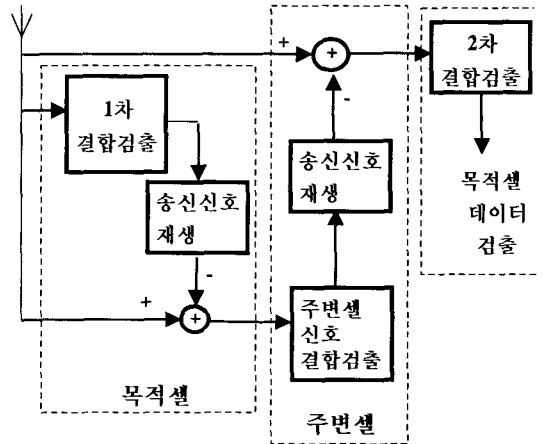


그림 2. 주변 셀 간섭 제거를 통한 목적 셀 결합 검출 방법

Fig. 2 Joint detection method for the reference cell date estimation without adjacent cell interference

2차 결합 검출을 위해서는 주변 셀 신호의 결합 검출이 필요하다. 수신기의 수신 값에서 1차 결합 검출 과정에서 재생한 목적 셀 신호를 제거한 후 주변 셀 신호에 대한 결합 검출을 수행한다. 검출된 주변 셀 사용자 데이터의 정보와 추정된 채널 정보를 이용하여 주변 셀 신호를 재생한다. 다시 전체 수신신호의 수신 값에서 재생된 주변 셀 신호를 감하여 주변 셀 신호의 간섭을 제거한 후 2차 결합 검출을 수행한다. 2차 결합 검출에서는 추정된 주변 셀 신호를 제거하여 목적 셀 사용자 데이터의 검출을 수행한다.

종래의 주변 셀 및 자기 셀 간섭 제거에 사용되는 2차

결합 검출 방식에서는 실제 동작을 위해서 중요한 두 가지 문제가 발생한다. 하나는 주변 셀 간섭 신호를 효과적으로 결합 검출하기 위해 주변 셀 사용자의 정보를 기본적으로 알 수 없다는 것이고 둘은 다수의 주변 셀 사용자 데이터를 검출하기 위한 결합 검출의 복잡도가 매우 크다는 것이다. 주변 셀 간섭의 주요한 요인은 목적 셀과 주변 셀의 경계에 위치한 핸드오프 영역 주변의 사용자로부터의 간섭 신호인데 이 사용자가 이용하는 채널 부호를 알 수 없으므로 모든 주변 셀의 가능한 모든 채널 부호에 대하여 결합 검출을 수행해야 한다. 이 경우 결합 검출의 복잡도가 매우 커져 실제적으로 이용되기 어렵다.

본 논문에서는 실제적으로 사용이 가능하도록 복잡도를 낮춘 결합 검출 방식을 제안한다. 핸드오프 프로토콜 상 주변 셀의 파일럿 세기 측정을 이용하여 주변 셀의 주요한 간섭 대상에 대한 정보를 목적 셀에 알려주는 방안이다.

핸드오프를 수행하는 과정에서 측정되는 주변 셀 파일럿 세기를 이용하여 목적 셀의 파일럿 세기가 일정 이상 되는 사용자의 채널 등의 정보를 목적 셀에 알려주어 목적 셀에서 주변 간섭 제거를 위한 주변 셀 결합 검출에 그 정보를 이용하여 통보된 사용자의 신호에 대하여서만 결합 검출을 수행하므로 그 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

그림 3은 제안된 결합 검출 방법의 동작 흐름도이다. 제안된 방식은 해당 단말에서의 동작 부분(굵은 점선 상자로 표시)과 목적 셀에서의 동작 부분으로 구분하여 표시하였다. 먼저 단말 동작 부분에서 전송 중인 단말은 주변의 셀 파일럿 신호의 세기를 주기적으로 측정한다. 이때 파일럿의 세기가 기준치  $T_{p1}$  보다 일정 시간 이상 지속적으로 크면 사용 중인 채널 부호 등의 사용자 정보를 해당 기지국 장치에 전달한다. 이후 사용자 단말은 해당 기지국 파일럿이 기준치  $T_{p2}$  보다 일정 시간 이상 작은가를 감시하여 작은 경우에만 다시 기준치  $T_{p1}$  이상의 파일럿 세기 감시를 시작하여 핑퐁효과에 의한 반복적인 메시지 전송을 방지한다. 목적 셀 동작 부분에서 단말로부터 사용자 정보를 받은 해당 목적 셀은 다른 셀에 위치한 사용자의 정보를 추가하여 2단계 결합 검출을 수행하고 그 사용자의 데이터 정보가 제대로 수신되는가를 확인한다. 사용자 데이터 정보의 채널 부호화를 통한 비트 오류가 일정 이상이 되면 그 사용자의 간섭 전력이 미미한 것으로 간주하여 2단계 결합 검출에서 제거한다.

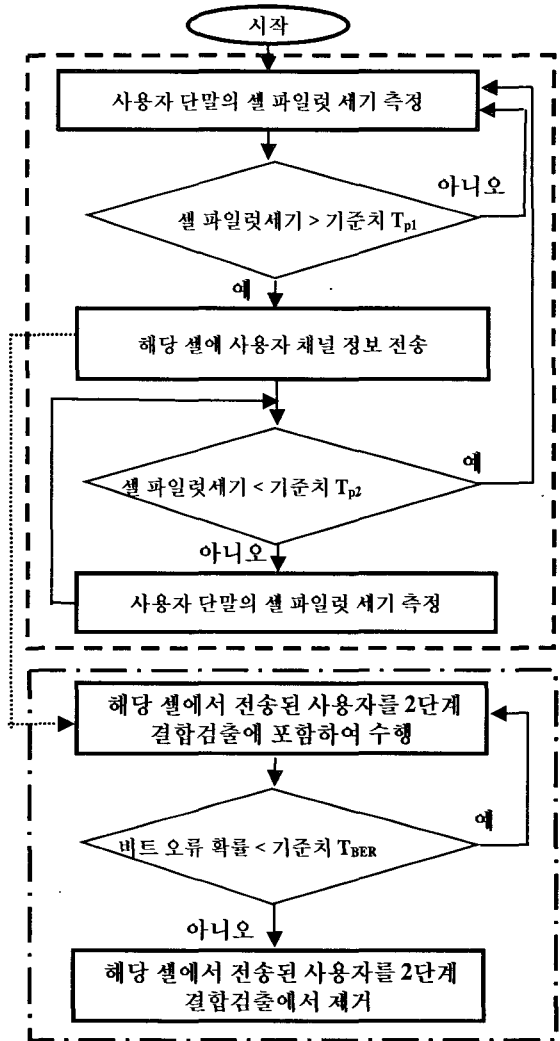


그림 3. 제안된 결합 검출 방법의 동작 흐름도  
Fig. 3 Flow chart for the proposed joint detection method

#### IV. 모의실험 및 결과

상기 제안된 파일럿 정보를 이용한 2차 결합 검출의 성능을 고찰하기 위해 모의실험을 수행하였다. 모의실험은 기본적으로 TD-SCDMA 국제 표준[8]을 따랐으며 모의실험의 용이함을 위해 채널 부호화 과정은 생략하였다. 그 외에 무선 채널 모델은 Jakes 모델을 사용하여 3GPP에서

규정한 'Case1' 채널에서의 다중경로 수와 감쇄를 이용하였다. 결합검출은 모의실험에서 Fourier 방식[4]을 사용하여 2단계 결합 검출을 수행하였다.

본 연구의 모의실험에서는 목적 셀의 한 타임 슬롯에 4명의 동시 사용자 정보 데이터가 전송되고 주변 셀에 2명의 사용자 정보 데이터가 전송되고 있는 상황을 가정하였으며 각각의 전송 전력은 완벽하게 제어되고 있음을 가정한다.

주변 셀 사용자의 전송 전력이 목적 셀에 미치는 영향은 주변 셀 내에 사용자의 위치와 전파 감쇄 계수에 따라서 다르게 나타나는데 본 모의 실험에서는 전파 감쇄 계수는 4를 가정하였고 사용자의 위치는 아래 그림 4와 같은 3개의 위치를 가정하였다. 이 3개의 위치를 주변 셀 중심 위치로부터 가장 가까운 순서로 P1, P2, P3로 부르기로 하자.

표 1은 본 논문의 모의실험에서 사용한 파라메타의 값을 정리하여 나열하고 있다.

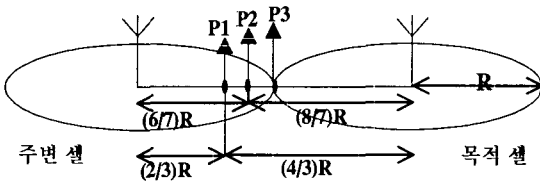


그림 4. 모의실험 상 주변 셀 내의 사용자 위치  
Fig. 4 User positions in a neighbor cell for the simulation

표 1. 모의실험에서 사용한 파라메타 수치  
Table. 1 Parameter values used in the simulation

파라메타	수치
사용자 당 채널 수	2 개
확산 계수	16 (Q)
채널 당 심볼 수	44 ( $N_a$ )
주파수 대역	2 GHz
대역폭	1.6 MHz
칩 전송률	1.28 Mcps
프레임 당 슬롯 수/ 길이	7/10ms
변복조 방식	QPSK

그림 5는 주변 셀 내의 사용자 위치 P1에서 주변 셀 간섭을 제거하지 않은 경우와 제거한 경우의 비트 오류 확률을 도시하고 있다. 주변 셀 내의 사용자는 그림 4에서

P1에 위치하고 있어 주변 셀 사용자의 정보 데이터의 전송이 목적 셀에 미치는 영향이 미미하여 주변 셀 간섭의 제거에 따른 성능의 영향이 거의 없음을 관찰할 수 있다.

그림 6은 주변 셀 내의 사용자 위치 P2에서 주변 셀 간섭을 제거하지 않은 경우와 제거한 경우의 비트 오류 확률을 도시하고 있다. 주변 셀 사용자의 위치가 P2로 그림 5의 경우 보다 목적 셀에 가까워졌지만 역시 간섭 제거에 따른 성능의 변화는 거의 없음을 알 수 있다.

그림 7은 주변 셀 내의 사용자 위치 P3에서 주변 셀 간섭을 제거하지 않은 경우와 제거한 경우의 비트 오류 확률을 도시하고 있다. 주변 셀에 속한 사용자의 위치가 그림 4 상의 P3에 위치한 경우에는 주변 셀 사용자의 전송 전력에 의한 목적 셀의 간섭이 상당하여 주변 셀 간섭을 제거한 경우가 주변 셀 간섭을 제거하지 않은 경우에 비해서 상당한 성능 이득을 보이고 있다. 일반적인 이동통

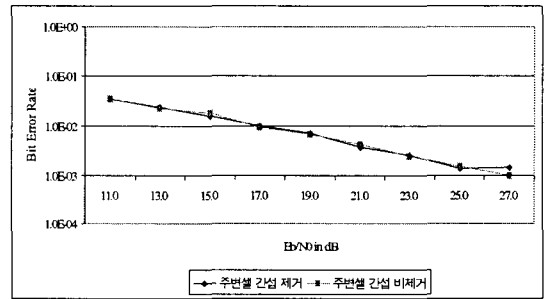


그림 5. 주변 셀 내 사용자의 위치가 P1인 경우 목적 셀 사용자의 비트 오류 확률  
Fig. 5 Bit error probability in the target cell with a neighbor cell user in a position P1

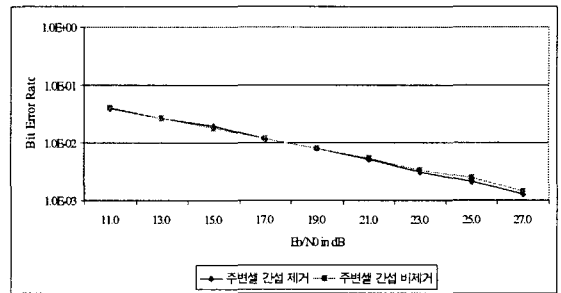


그림 6. 주변 셀 내 사용자의 위치가 P2인 경우 목적 셀 사용자의 비트 오류 확률  
Fig. 6 Bit error probability in the target cell with a neighbor cell user in a position P2

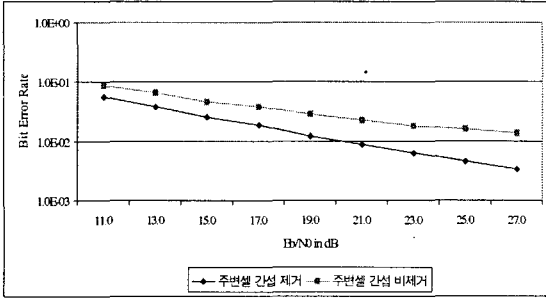


그림 7. 주변 셀 내 사용자의 위치가 P3인 경우 목적 셀 사용자의 비트 오류 확률

Fig. 7 Bit error probability in the target cell with a neighbor cell user in a position P3

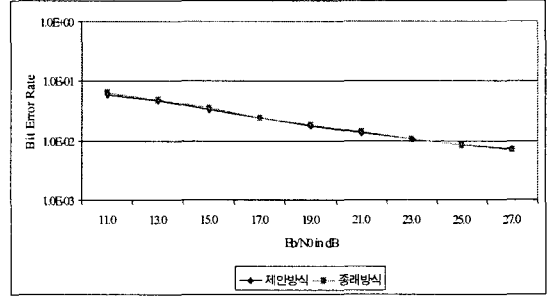


그림 8. 주변 셀 내 사용자가 P1, P2, P3에 위치한 경우 제안방식과 종래방식의 비트 오류 확률

Fig. 8 Bit error probability for the proposed and the previous schemes when neighbor cell users are in position P1, P2, and P3

신 시스템의 성능 기준인 비트 오류 확률  $10^{-2}$ 에서 대략 7dB 이상의 성능 이득이 관찰된다.

그림 5에서 그림 7까지의 결과에서 관찰할 수 있듯이 주변 셀 내의 사용자의 간섭이 목적 셀에 미치는 영향은 주변 셀 내의 사용자의 위치가 셀의 경계 영역에 있는 경우에만 성능에 영향을 미치고 있다. 주변 셀 내의 사용자가 주변 셀 내에 있는 경우에는 주변 셀 간섭 제거를 위한 2차 결합 검출은 성능에 영향을 미치지 않는다. 본 연구에서 제안된 2단계 결합 검출 방법은 주변 셀 검색을 통하여 선택적으로 2차 결합 검출을 수행함으로써 종래의 결합 검출 방식에 대하여 결합 검출 상의 성능을 최대한 유지하면서 그 복잡도를 최소화한다.

그림 8은 주변 셀 내에 P1, P2, P3 위치에 각각 2명의 사용자가 있는 경우에 제안 방식과 종래 방식의 2단계 결합 검출 성능을 보이고 있다. 제안 방식에서는 P3 위치의 사용자 간섭 신호만을 제거하였으나 주변 셀의 모든 사용자 간섭 신호를 제거하는 종래의 방식과 비교하여 성능의 열화를 보이지 않고 있다.

결합 검출의 수행 상의 복잡도는 사용자 수의 세제곱에 비례하여 증가한다[3,4]. 표 2는 제안 방식과 종래 방식의 결합 검출 상의 복잡도를 보이고 있다. 복잡도는 복소 승산 및 가산 단위 (C-MACS : Complex multiply and accumulates)를 참고 문헌 [3]에서와 같은 방식을 사용하여 2 단계 결합 검출에 대하여 계산하였으며 모의 실험에서와 같이  $Q=16$ , 목적 셀  $K=4$ , 주변 셀  $K=4$  (목적 셀 주변의 6 개 주변 셀 가정), 한 슬롯의 심볼 수  $N=44$ , 채널 다중경로 최대 지연  $W=16$ 을 가정하여 한 슬롯 당 복잡도를 계산하였다. 전체 계산량에서 주변 셀 간섭 제거를 위한 계산

표 2. 제안 방식과 종래 2단계 결합 검출 상의 복잡도

Table. 1 Computational complexity of the proposed and the existing joint detection methods

	제안 방식	종래 방식
전체 복잡도	0.14 MIPS	0.39 MIPS
주변 셀 신호 결합 검출에 따른 복잡도	0.09 MIPS	0.35 MIPS

량이 상대적으로 큰 부분을 차지하고 있으며 제안 방식이 종래의 방식에 비하여 매우 적은 계산량을 요구한다.

## V. 결론

본 논문에서는 차세대 복합 시분할 부호분할 이동통신 시스템에서 주변 셀 간섭을 제거하는 2 단계 결합 검출 방식을 제안하였다. 모의 실험 결과 결합 검출 방식은 주변 셀 사용자의 위치에 따라서 간섭의 영향을 크게 받을 수 있으며 제안 방식은 종래의 방식에 비하여 간섭량이 큰 주변 셀 사용자의 신호를 선택적으로 제거하여 성능 상의 열화 없이 결합 검출의 복잡도를 종래 방식 대비 대략 380% 낮출 수 있다. 제안된 결합 검출 방식은 결합 검출을 사용하는 차세대 이동통신 시스템에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 장진원, "중국의 제 3세대 이동통신 표준 TD-SCDMA," TTA Journal, No.97, pp. 139-143, 2005년 2월.

[2] M. Haardt, etc, "The TD-CDMA Based UTRA TDD Mode," IEEE JSAC, Vol.18, No.8, August 2000.

[3] H. R. Karimi, N. W. Anderson, "A Novel and Efficient Solution to Block-Based Joint-Detection Using Approximate Cholesky Factorization," IEEE PIMRC Vol.3, pp. 1340-1345, 8-11 Sept. 1998.

[4] M. Vollmer, M. Haardt, J. Gotze, "Comparative Study of Joint-Detection Techniques for TD-SCDMA Based Mobile Radio Systems," IEEE JSAC, Vol.19, No.8, August 2001.

[5] C. Wu, etc, "Intercell Interference cancellation for TD-CDMA mobile systems," IEE Electronics Letters, Vol.36, No.23, November 2000.

[6] S. Moshavi, "Multiuser detection for DS-CDMA communications", IEEE Communication Magazine, 1996, Vol.34, No.10, pp. 124-136.

[7] C.-C. Wu, J. Oster, P.W. Baier, P.M. Grant and G. Ritter, "Intercell interference cancellation for TD-CDMA mobile systems," IEE Electronics Letters, 9th November 2000, Vol.36, No.23, pp. 1960-1961.

[8] The third generation partnership project (3GPP) Technical specification group (TSG) RAN working group 1 (WG2), "Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD)," 2004.

저자소개

장진원(Jin-Weon Chang)



1995 KAIST 전자공학과 석사  
2000 KAIST 전자공학과 박사  
2000.9-2004.8 삼성전자  
2004.9 - 현재 국립한경대학교 정보  
제어공학과 전임강사

※ 관심분야 : 이동통신, 무선PAN 시스템