DS/SS CDMA 시스템 하에서 유사임의 코드 획득을 위한 reference code 설계

원 승 환, 장 승 용*, 김 운 경

고려대학교 전기 · 전자 · 전파공학부 통신신호처리 연구실
(주) 삼성전자*
전화 : 02-3290-3901/ 핸드폰 : 018-412-4990

A reference code design for PN code acquisition in DS/SS CDMA systems

Seung-Hwan Won, Seung-Yong Chang*, Woon-Kyung Kim

Communication Signal Processing Laboratory
School of Electrical Engineering, Korea University
Samsung Electronics*
shwon@davinci.korea.ac.kr

Abstract

In CDMA, the currently used PN code acquisition methods detect the phase of the incoming PN signal on the basis of ML estimation. In serial search strategy, it takes relatively long time for PN code acquisition. A study related to reduce processing time of PN code acquisition is important. Therefore we propose a reference code design for a new algorithm that a reference code and the received PN code are fully correlated to detect the transmitted PN code, in detail, the relative phase offset j of $\tilde{c}^{(j)}$. After choosing two weight factors, we show the mathematical analysis and derivation for the reference code design.

I. 서론

현재 곧 상용화 될 예정인 IMT-2000 시스템은 Spread-Spectrum system이기 때문에 데이터를 전송시에 PN(PseudoNoise) code를 사용하여 대역확산 시킨 상태로 송신한다. 그렇기 때문에 수신자가 아닌 사용자에게는 White Noise와 같이 인식됨으로 specific code대한 정보가 없을 시에는 임의로 데이터 검출이 매우 어렵다. 그러므로 이 CDMA방식에서는 PN code 획득이 매우 중요한데 실제로 사용되는 코드의 길이는 상당히 길기 때문에 이 코드를 획득하는데는 상대적으로 긴 시간이 걸리게 되고 이 획득시간을 줄이는 알고리즘을 개발하는 것은 수신기성능에 밀접한 영향을 미치게 된다.

본 논문은 받아들인 PN sequence의 일부분과 2^n-1 candidate PN sequence를 차례대로 partial correlation을 해준 후에 이 중 가능성 있는 candidate PN sequence와 받아들인 PN sequence를 충분히 correlation을 해줌으로써 받아들인 PN sequence를 알아내는 현재 적용 중인 더블 드웰(double-dwell) 알고

리즘 대신에 DS/SS CDMA systems하에서 하나의 reference code를 이용한 PN code 획득 알고리즘에 필요한 연구를 수행한다. 그러므로 reference code $\vec{R}=\sum_{i=0}^{2^n-2} a_i \vec{c}^{(i)}$ 와 수신된 PN code $\vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}$를 full(주기 P=$2^n$-1) correlation 해줌으로서 송신된 PN code, $\vec{c}^{(j)}$의 상대적 phase offset j 를 파악하는 알고리즘에 필수적인 reference code에 대한 조건들을 연구하여 그에 수반되는 필수적인 증명과 조건들을 보이고 특히 weight factor 역할을 하는 a_i'들의 설정이 상당히 중요한데 이를 2가지 방법으로 분석하여 이들의 적합함을 보이고자한다.

II. 유사잡음 코드 획득을 위한 reference code 설계

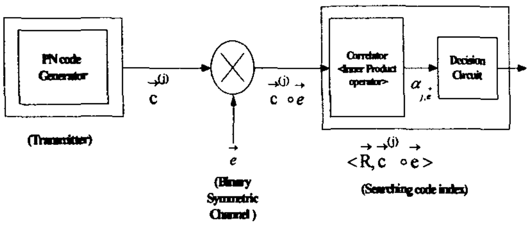

그림1. Reference code를 사용한 PN code 획득 알고리즘의 개요

PN code들의 집합 $\vec{c}^{(j)}$ $(j=0,\cdots,2^n-2)$들은 선형 독립 집합을 구성하고 이 집합들의 선형조합으로 나타내준 $\vec{R}=\sum_{i=0}^{2^n-2} a_i \vec{c}^{(i)}$ 이 우리가 디자인하려는 최적화된 reference code임을 보이고자 한다[5]. 그런데 여기서 이 PN code들의 집합들에 곱해지는 weight factor를 어떻게 고안하는가의 문제가 중요한데 이 factor를 2가지 방식으로 설정하고 이것이 그림1의 전체적인 시스템에 적합한지를 보이고자 한다.

1. BSC 모델하에서의 reference code 설정

BSC(Binary Symmetric Channel)을 통과하여 수신된 코드를 reference code에 내적한 값과, 모든 송신된 코드와 발생 가능한 모든 종류의 에러패턴의 종류가 일대일 대응 관계에 있다면 그 내적을 사용해서 PN code의 인덱스를 찾을 수 있다. 그러므로 위의 조건을 만족하는 reference code를 찾는 다면 궁극적으로 P_E를 0으로 만들기 때문에 그러한 코드가 최적의 $\vec{R}$임을 알 수 있다. 그러나 수신된 코드를 reference code에 내적한 값이 에러패턴과 송신된 코드에 따라 모두 다르지 않음, 즉 일대일 대응이 될 수가 없음을 반례를 통하여 살펴보면 다음과 같다.

수신된 코드와 reference code와의 내적을 행렬로 나타내면 식(1)과 같다.

$$\langle \vec{R}, \vec{c}^{(j)} \circ \vec{e} \rangle = \begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ c_{2^n-2} & \cdots & \cdots & c_{2^n-3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_j \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{j-1} \end{bmatrix}$$

$$,(e=-1\,;error) \quad (1)$$

서로 다른 코드가 전송되면서, 동시에 서로 다른 위치에서 서로 다른 개수의 에러가 발생했을 경우, 두 수신된 코드와 reference code와의 내적 차이는 다음과 같다.

$$<\vec{R}, \vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}_k> - <\vec{R}, \vec{c}^{(i)} \circ \vec{e}_l> = \begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ c_{2^n-2} & \cdots & \cdots & c_{2^n-3} \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{bmatrix} e & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_j \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{j+1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_i \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{i+1} \end{bmatrix} \right)$$

여기서 $\begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ c_{2^n-2} & \cdots & \cdots & c_{2^n-3} \end{bmatrix}$는 a_i가 정해진 상태에서는 고정된 벡터이고,

$\left(\begin{bmatrix} e & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_j \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{j-1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e & \cdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_i \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{i-1} \end{bmatrix} \right)$의 $\vec{c}^{(j)}$와 $\vec{c}^{(i)}$을 고정 시킨 후 $\vec{e}_k$와 $\vec{e}_l$를 조절한다고 생각해보자. 예를 들어 $\vec{c}^{(i)}$에는 에러가 발생하지 않았다고 가정하고 $\vec{c}^{(j)}$에는 $\vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}_k = \vec{c}^{(i)}$가 되도록 $\vec{e}_k$가 발생했다면, $i=j, k=l$이 아닌 경우에도, $\langle \vec{R}, \vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}_k \rangle - \langle \vec{R}, \vec{c}^{(i)} \circ \vec{e}_l \rangle = 0$인 경우가 생기므로 수신된 코드를 reference code에 내적한 값이 에러형태들과 송신된 코드에 따라 모두 다르진 않다. 즉, 다음과 같은 경우이다.

e.g.) $\vec{c}^{(j)}$: -1-1-1 1 1-1-1 $\vec{c}^{(i)}$: 1-1 1 1-1-1-1

↑ ↑ ↑ ↑↑

이러한 경우가 발생하는 조건은 두가지로 볼 수가 있는데 첫째, $\vec{c}^{(j)}$와 $\vec{c}^{(i)}$가 같은 위치에서 서로 다른 값을 가질 경우, 둘 중 한 코드에 에러가 발생하고 다른 한 코드에는 그 위치에 에러가 발생하지 않는다. 둘째, $\vec{c}^{(j)}$와 $\vec{c}^{(i)}$가 같은 위치에서 서로 다른 값을 가질 경우, 둘 중 한 코드에 에러가 발생하면 다른 한 코드에

도 그 위치에 에러가 발생한다. 이 두가지를 동시에 만족시키는 경우에는 서로 다른 코드가 전송되면서, 동시에 서로 다른 위치에 서로 다른 개수의 에러가 발생했을 경우, 두 수신된 코드와 reference code와의 내적의 차이는 없다고 볼 수 있다. 그러므로 수신된 코드를 reference code에 내적한 값이 에러형태와 송신된 코드에 따라 모두 다르진 않다(일대일 대응이 될 수 없다). 고로 $\vec{c}^{(j)}$는 ML(Maximal Likelihood) rule로 결정 한다. 즉, $\Pr(error|\vec{c}^{(j)}\, sent) > \Pr(error|\vec{c}^{(i)}\, sent)$ 이면 $\vec{c}^{(j)}$로 결정하게 되고, 그 반대이면 $\vec{c}^{(i)}$로 결정한다. BSC model에서 에러가 발생할 확률은 식(2)와 같다. 즉, 에러의 숫자가 적을 확률이 에러의 숫자가 많을 확률보다 더 크므로, ML decision에 에러가 작게 발생하는 경우로 결정하게 된다.

$\Pr\left(error \middle| \vec{c}^{(j)}\, sent\right) = {}_N C_k\, p^k (1-p)^{n-k}$ (N는 코드의 길이, k는 에러의 수). (2)

하지만 수신된 코드를 특정 reference code에 내적한 결과와 $\vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}$은 일대일 관계가 성립될 수 있고 두가지 weight factor하에서 이를 증명할 수 있다. 첫 번째 ($a_i = 2^{(n-1)i}, (0 \le i \le 2^n-2)$) 설정에 대해서는 다음과 같다. $j \ne k$ 일시 $P^{(j)} \ne P^{(k)}$ 임을 보이는 것이다.

$$P^{(j)} = \begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ c_{2^n-2} & \cdots & \cdots & c_{2^n-3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0^{(j)} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{2^n-2}^{(j)} \end{bmatrix}, \quad b_i : \pm 1 \text{ values} \quad (3)$$

먼저 $P^{(j)} = P^{(k)}$ 라고 가정하자. 그러면

$$P^{(j)} - P^{(k)} = 0 = \begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ c_{2^n-2} & \cdots & c_{2^n-2} \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} b_0^{(j)} & - & b_0^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{2^n-2}^{(j)} & - & b_{2^n-2}^{(k)} \end{bmatrix} \right)$$

$$= 2\begin{bmatrix} a_0 & \cdots & a_{2^n-2} \end{bmatrix} \left(\beta_0 \begin{bmatrix} c_0 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-2} \end{bmatrix} + \beta_1 \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_0 \end{bmatrix} \cdots\cdots + \beta_{2^n-2} \begin{bmatrix} c_{2^n-2} \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-3} \end{bmatrix} \right)$$

β_i : 0, ±2 values $(i = 0,1,2,\cdots\cdots,2^n-2)$

여기서 $[c_0 \cdots c_{2^n-2}]^T, [c_1 \cdots c_0]^T, \ldots, [c_{2^n-2} \cdots c_{2^n-3}]^T$ 들은 벡터 공간의 기저들로 볼 수 있으므로 각 벡터들은 서로 선형독립됨을 알 수 있다[4]. 그러므로 각 벡터의 선형조합들이 영벡터가 되려면, 각 곱해지면 스칼라가 0이어야만한다. 즉, $\beta_0 = \beta_1 = \cdots\cdots = \beta_{2^n-2} = 0$ 이어야한다. 그러나 $\beta_i (i=0,1,2,\cdots\cdots,2^n-2)$가 모두 0 인경우는 $j=k$인 경우뿐이므로, 그 외의 경우는 β_i가 모두 0은 아니다.

결과적으로

$$\left(\beta_0 \begin{bmatrix} c_0 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-2} \end{bmatrix} + \beta_1 \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_0 \end{bmatrix} \cdots\cdots + \beta_{2^n-2} \begin{bmatrix} c_{2^n-2} \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-3} \end{bmatrix} \right) \ne \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$ 임을 알 수 있다.

영벡터인 $\left(\beta_0 \begin{bmatrix} c_0 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-2} \end{bmatrix} + \beta_1 \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_0 \end{bmatrix} \cdots\cdots + \beta_{2^n-2} \begin{bmatrix} c_{2^n-2} \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{2^n-3} \end{bmatrix} \right)$의 각 요소들은 PN code의 특성상 (2^n-1)부터 $-(2^n-1)$의 값을 가질 수 있다(dynamic range가 $2^{n+1}-2$이다). 여기서 reference code의 weight factor인 a_i를 $2^{n+1}-1$간격으로 놓는다면 위의 식은 0이 되지 않는다. 즉, a_i를 $2^{n+1}-2$보다 큰 간격으로 배치하는 것이 $\vec{c}^{(j)} \circ \vec{e}$와 reference code의 내적은 일대일 관계에 있다라는 결과의 충분 조건이 됨을 알 수 있다. 이 조건 하에서 codeword의 각 요소들을 조금 변경해 보면 다음과 같다.

$\vec{c}^{(i)}$: (1,-1) value code vector(i-left shift of $\vec{c}^{(0)}$).

$\vec{c}_m^{(i)}$: (2,0) value code vector(i-left shift of $\vec{c}_m^{(0)}$).

$\vec{c}_c^{(i)}$: (1,0) value code vector(i-left shift of $\frac{\vec{c}_m^{(i)}}{2}$).

$$\vec{R}_m = \vec{R} + \sum_{i=0}^{2^n-2} a_i(11\cdots1) = \sum_{i=0}^{2^n-2} a_i[\vec{c}^{(i)} + (11\cdots1)] = \sum_{i=0}^{2^n-2} a_i \vec{c}_m^{(i)} \quad (4)$$

$$\vec{R}_c = \frac{\vec{R}_m}{2} = \sum_{i=0}^{2^n-2} a_i \frac{\vec{c}_m^{(i)}}{2} = \sum_{i=0}^{2^n-2} a_i \vec{c}_c^{(i)} \quad (5)$$

받아들인 코드벡터($\vec{r}_c^{(j)}$)가 에러가 없을시에 $\vec{R}_c$와 $\vec{r}_c^{(j)}$의 내적을 $a_i\ (i = 0,\cdots 2^n-2)$ 위주로 표현 한다면,

$\langle \vec{R}_c, \vec{r}_c^{(j)} \rangle = (2^{n-2}-1)a_0 + (2^{n-2}-1)a_1 + \cdots + (2^{n-1}-1)a_j + \cdots + (2^{n-2}-1)a_{2^n-2}$ 이다. 여기서 a_j의 계수가 $(2^{n-1}-1)$이므로 2^{n-1}간격으로 $a_i (i=0,\cdots 2^n-2)$를 설정하면 내적값들이 겹쳐지지 않고 decoding이 가능하게 된다.

두 번째($a_i = \sum_{l=0}^{2^n-2} \left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(i)}, (0 \le i \le 2^n-2)$)설정에 대해서는 아래의 전개되는 내용과 같고 첫 번째와 유사하게 $j \ne k$일시 $P^{(j)} \ne P^{(k)}$임을 보이는 것이다.

$$\begin{array}{ccccccc} a_0 & = & c_0. & c_1 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_i & = & c_i. & c_{i+1} & \cdots & \cdots & c_{i-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{2^n-2} & = & c_{2^n-2}. & c_0 & \cdots & \cdots & c_{2^n-3} \end{array} \quad (6)$$

식(6)은 weight factor들의 집합이고 reference code의 수식적 분석은 식(7), (8)과 같다.

$$\vec{R} = \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(0)} \begin{bmatrix} c_0 & c_1 & \cdots & c_{2^n-2} \end{bmatrix} + \cdots + \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(2^n-2)} \begin{bmatrix} c_{2^n-2} & c_0 & \cdots & c_{2^n-3} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} c_0 & c_1 & \cdots & \cdots & c_{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(0)} & \cdots\cdots & \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(1)} \\ \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(1)} & \cdots\cdots & \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(2)} \\ \vdots & \cdots\cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots\cdots & \vdots \\ \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(2^n-2)} & \cdots\cdots & \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(0)} \end{bmatrix}$$

$$= (R_0 \quad R_1 \quad \cdots \quad \cdots \quad R_{2^n-2}) \tag{7}$$

$$R_j = \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(0)} c_i + \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(1)} c_{i+1} + \cdots + \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l c_l^{(2^n-2)} c_{i-1}$$

$$= \begin{bmatrix} -1 & \cdots & \underbrace{2^n-1}_{i^{th}} & \cdots & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{2} \\ \vdots \\ \left(\frac{1}{2}\right)^{2^n-2} \end{bmatrix} = 2^n\left(\frac{1}{2}\right)^i - \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l \tag{8}$$

$$P^{(j)} - P^{(k)} = \langle \vec{R}, \vec{\beta} \rangle$$

$$= \begin{bmatrix} 2^n - \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l & 2^n\left(\frac{1}{2}\right)^1 - \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l & \cdots & 2^n\left(\frac{1}{2}\right)^{2^n-2} - \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{2^n-2} \end{bmatrix}$$

$$= 2^n \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \cdots & (\frac{1}{2})^{2^n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{2^n-2} \end{bmatrix} - \sum_{l=0}^{2^n-2}\left(\frac{1}{2}\right)^l (\beta_0 + \beta_1 + \cdots + \beta_{2^n-2}) = 0$$

여기서 $\vec{\beta} = [\beta_0\ \beta_1 \cdots \beta_{2^n-2}]$. $\beta_i = 0, \pm 2$ (모두다 0은 아님). 양변에 2^{2^n-2}을 곱한 결과는 다음과 같다.

$$2^n \begin{bmatrix} 2^{2^n-2} & 2^{2^n-3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{2^n-2} \end{bmatrix} - \sum_{l=0}^{2^n-2} 2^l (\beta_0 + \beta_1 + \cdots + \beta_{2^n-2}) = 0$$

$$2^n \cdot (2^{2^n-2}\beta_0 + 2^{2^n-3}\beta_1 + \cdots + 2^0\beta_{2^n-2}) \quad - \sum_{l=0}^{2^n-2} 2^l (\beta_0 + \beta_1 + \cdots + \beta_{2^n-2}) = 0$$

"-"항을 우변으로 넘긴 후에 2^n을 우변으로 넘겨서 나누면 우변의 계수는 $[2^{(2^n-n-1)} - 2^{-n}]$이다. 그러므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$2(\cdots(2(2\beta_0 + \beta_1) + \beta_2)\cdots\beta_{2^n-3}) + \beta_{2^n-2} = [2^{(2^n-n-1)} - 2^{-n}]\ (\beta_0 + \cdots + \beta_{2^n-2})$$

좌변의 경우, $\beta_i = 0, \pm 1$의 임의의 조합으로 0을 만들 수 없다. 우변의 경우 $[2^{(2^n-n-1)} - 2^{-n}]$의 값이 임의의 실수이고 $(\beta_0 + \beta_1 + \cdots + \beta_{2^n-2})$의 값은 $\beta_i = 0, \pm 1$의 임의의 조합으로 0을 만들 수 있다. 이와 같은 경우에서

[1] 우변이 0인 경우 좌변은 0이 될 수가 없으므로

$$2(\cdots(2(2\beta_0 + \beta_1) + \beta_2)\cdots\beta_{2^n-3}) + \beta_{2^n-2} - [2^{(2^n-n-1)} - 2^{-n}]\ (\beta_0 + \cdots + \beta_{2^n-2})$$

$$= 2(\cdots(2(2\beta_0 + \beta_1) + \beta_2)\ \cdots\beta_{2^n-3}) + \beta_{2^n-2} \neq 0.$$

[2] 우변이 0이 아닌 경우에도 우변은 임의의 실수값이 나오므로 좌변에서 우변을 뺀 값은 0이 될 수 없다 (임의의 정수-임의의 실수≠0).

$$2(\cdots(2(2\beta_0 + \beta_1) + \beta_2)\cdots\beta_{2^n-3}) + \beta_{2^n-2} - [2^{(2^n-n-1)} - 2^{-n}]\ (\beta_0 + \cdots + \beta_{2^n-2}) \neq 0$$

$$\therefore \quad P^{(j)} \neq P^{(k)}$$

그러므로 수신된 코드 벡터를 reference code에 내적한 결과와 수신된 코드는 일대일 관계이고, 그 내적의 결과는 하나임을 알 수 있다.

III. 결론 및 추후 연구

본 논문은 기존의 알고리즘보다 걸리는 시간을 줄이기 위한 향상된 PN code 획득 알고리즘 연구에 대한 핵심적인 요소로서 reference code $\vec{R}$를 고안하기 위한 조건 설정, weight factor 선택 및 수학적인 근거를 제시하였다. 그러므로 이를 근간으로 보다 효율적인 PN code 획득을 위한 decoding circuit에 대한 연구가 지속되어야 한다.

Acknowledgement

본 논문은 정보통신부 지원으로 수행된 "코드분할접속(CDMA) 의사잡음(PN)코드 및 월쉬(Walsh)코드를 포함한 직교코드 획득에 관한 연구"의 결과 중 일부입니다.

참고문헌

[1] Andrew J. Viterbi, "CDMA-Principles of Spread Spectrum Communication", Addison-Wesley Publishing Company, 1995.

[2] Shu Lin/Daniel J. Costello, Jr., "Error Control Coding : Fundamentals and Applications" Prentice-Hall, Inc., 1983

[3] Chi-Tsong Chen ,"Linear System Theory and Design", Saunders College Publishing, 1984

[4] 장우진, 김현정, 송문호, 김운경 "최적화된 PN Code Acquisition에 대한 연구", 대한전자공학회 하계학술대회, pp23-25, 1998.

[5] 장승용, 장우진, 김운경 "CDMA 환경하에서 최적화된 유사잡음 코드 획득에 대한 연구 : 선형 공간적인 접근방법", 대한전자공학회 추계학술대회, pp13-16, 1999.