

비동기식 DS/SS-CSK 통신의 개선된 초기동기

正會員 金 鍾 憲* 正會員 李 漢 燮* 正會員 洪 大 植* 正會員 康 昌 彦*

An Improved Acquisition of the Noncoherent DS/SS-CSK

Jong Heon Kim*, Han Sup Lee*, Dae Sik Hong*, Chang Eon Kang* *Regular Members*

要 約

이 논문에서는 DS/SS(Direct Sequence Spread/Spectrum) 시스템에서 초기동기(acquisition)를 위해, 정합 필터의 출력중 부정합된 최대 상관값을 임계값(threshold)으로 결정하는 TDMMC(Threshold Decision from the Mismatching Correlation value) 알고리즘을 제안한다.

PN 코드는 주기성과 정합했을 때의 상관값이 정합되지 않을 때의 상관값보다 크다는 성질을 가지고 있다. 기존의 방식은 위의 2가지 성질 중에서 후자에 기반을 두고 있는 반면, TDMMC는 위의 성질 둘 모두에 기반을 두고 있다.

TDMMC의 궁극적인 목적은 수신기에서 신호 검파확률을 1에 가깝게 하는데 있다($P_d \rightarrow 1$). TDMMC는 임계값 블록(threshold block)을 이용하여 S/N 이 변함에 따라 적절한 임계값을 설정할 수 있다.

시뮬레이션 결과, 비동기식 DS/SS-CSK 시스템에 적용된 TDMMC는 기존의 방식에 비해 성능이 향상됨을 보여준다.

ABSTRACT

An algorithm for the threshold decision from the maximum mismatching correlation value in a direct-sequence spread-spectrum system is presented. This algorithm is named the TDMMC (Threshold Decision from the Maximum Mismatching Correlation value).

The purpose of the algorithm is to set the decision threshold in the system which will provide large probability of signal detection. Using this algorithm, the proper setting of the threshold for various SNRs is possible. An additional block called the Threshold Block is used to improve the system performance.

The result from the computer simulation has shown that applying the TDMMC to the noncoherent DS/SS-CSK system can achieve performance improvement.

*延世大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Engineering, Yonsei University
論文番號 : 93 181

I. 서 론

디지털 셀룰러 이동 통신 시스템(digital cellular mobile communication system)은 한정된 주파수 대역에서 사용자 수용용량을 늘릴 수 있고, 비유성 서비스가 쉽기 때문에 이에 대한 관심이 고조되고 있다. 현재 개발되고 있는 디지털 셀룰러 이동 통신 방식에는 크게 FDMA(Frequency Divison Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access)가 있다. 이들 중에서 대역 확산(Spread Spectrum) 통신을 응용하는 CDMA는 수용용량이 가장 높은 방식으로 알려져 있다[6].

대역 확산 통신은 상관(correlation) 특성이 뛰어난 PN 코드등을 이용한다. 때문에 사용자들 사이에서 시간이나 주파수 대역을 나누지 않고서도 통신이 가능하며, 방해 신호(Jamming)나 다경로(Multipath)에 대한 특성이 좋다. 또한 비화성(encryption)이 뛰어나므로 군사통신에서 발전하기 시작하였다. 최근에는 집적회로 기술의 발달로 점차 그 사용 범위가 확대되고 있는 추세이다.

대역 확산 통신에 있어서 정확한 동기는 그 효율성을 결정짓는 아주 중요한 요인이다. 일반적인 동기 방식으로는 직렬 검색(serial search), 병렬 검색(parallel search), 순차 추정(sequential estimation), 정합 필터(matched filter)를 이용한 방식 등이 있다.

정합필터(matched filter)를 이용한 방식은 동기를 빨리 이룰 수 있고 간섭신호(Interference)에 강하다. 그러나 수신 SNR이 변함에 따라 정합필터의 출력에서 피크값(peak)의 값은 변동이 심하다. 따라서 이의 효율적인 동작을 위해서는 임계값(threshold)의 결정이 짧은 시간 안에 이루어져야 한다[4].

이 논문에서는 기초동기를 위한 임계값의 결정에 있어서 정합필터의 출력들 중 정합되지 않은 최대 상관값으로 결정하므로써 짧은 시간 안에 SNR에 독립적인 임계값을 결정할 수 있는 방식을 제안한다. 이를 TDMMC(Threshold Decision from Maximum Mismatching Correlation value)라 명명하고, 비동기식 DS/SS-CSK 시스템에 적용하여 성능을 고찰한다.

이 논문의 구성을 보면 제 2 장에서는 DMF(Digital Matched Filter)의 동작원리와 이를 이용한 CSK(Code Shift Keying) 시스템에 대해서 서술한다. 제 3 장에서는 이 논문에서 제안한, TDMMC 알

고리들에 대해 설명한다. 제 4 장에서는 시뮬레이션을 통해 이 논문에서 제안한 방식의 성능을 비교하고, 제 5 장에서 결론을 맺는다.

II. DMF를 이용한 비동기식 CSK 시스템

CSK(Code Shift Keying) 시스템은 디지털 데이터 "1"과 "0"에 대해 서로 다른 PN 코드를 할당하여 송·수신하는 방식이다. 수신기에서의 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 비동기(non-coherent) 수신 방식은 먼저 수신 신호를 국부 발진 캐리어(local oscillator carrier)의 동위상(inphase) 성분과 직각위상(quadrature phase) 성분에 곱해준뒤로써 I 채널과 Q 채널로 분리시킨다. 그리고 나서 각 채널에서 지역 통과 필터(low pass filter)를 이용해 기저대역 신호(baseband signal)로 변환시킨 다음 칩율(chip rate)로 샘플링(sampling)되어 A/D 변환을 거친 후 DMF로 입력된다.

패킷통신(packet communication)을 할 경우의 패킷형식(packet format)은 그림 1과 같다.

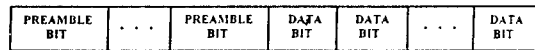


그림 1. 패킷 형식

패킷의 동기를 이루기 위한 프리앰블 비트(preamble bit)의 수는 채널에 따라서, 혹은 규정(protocol)에 따라서 달라질 수 있다. 수신기에는 프리앰블의 동기를 위한 DMF가 있어 데이터 검출을 위한 타이밍(timing)을 제공해준다. 패킷당 비트수로는 짧은 패킷의 경우 수백에서 수천 비트에 달한다.

CSK(Code Shift Keying) 방식의 송신기 구조가 그림 2에 나타내어져 있다.

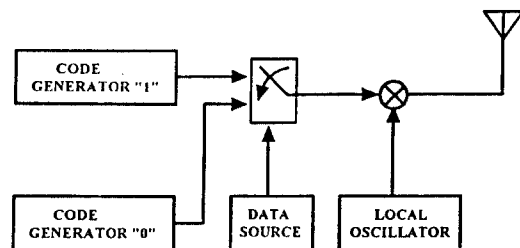


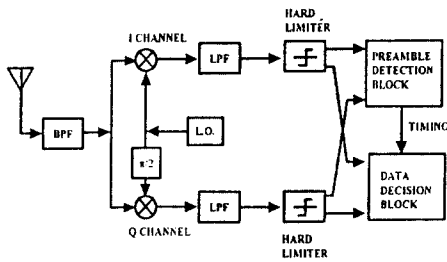
그림 2. CSK 시스템의 송신기 구조

송신기는 길이가 L 인 PN 코드를 이용해 데이터 비트 "1"과 "0"에 따라 칩율(chip rate) R_c 로 확산(spreading)시킨다. 그 후 이를 반송파(carrier)에 실어 변조시킨다. 여기서 칩율 R_c 는 데이터율 R_D 의 L 배이므로 처리 이득(processing gain) 역시 L 이다. CSK 시스템에서는 프리앰블용 확산 코드로서 비교적 상호상관(cross correlation)이 낮은 gold 코드들을 이용하는 것이 좋다. DS/SS-CSK 시스템의 수신기의 구조는 그림 3과 같다.

과 "0"에 대한 상관과정(correlation process)을 수행한다. 이때 두 채널은 자기상관(auto-correlation) 혹은 상호상관(cross-correlation)을 가진다.

데이터의 검출은 I 채널과 Q 채널에의 "1"에 대한 DMF의 출력을 각각 제공하여 더하고, "0"에 대해서도 같은 과정을 거친후, 이들을 비교하므로써 이루어진다. 물론 프리앰블에 대한 처리과정으로부터 상관값이 최대가 되는 타이밍을 얻어내야만 한다[5][8].

III. 부정합된 최대 상관값을 임계값으로 하는 초기동기



(a) 수신단의 전체 구조

DS/SS 통신에서 올바른 초기동기는 중요한 문제인 만큼, 초기 동기를 판정해주는 임계값의 결정 역시 중요한 문제이다.

이 논문에서는 정합 필터(matched filter)의 출력단에서 부정합된 최대 상관값(maximum mismatching correlation value)을 임계값으로 결정하는 알고리즘(algorithm)을 제안한다. 그리고 이를 TDMMC (Threshold Decision from the Maximum Mismatching Correlation value)라고 부른다.

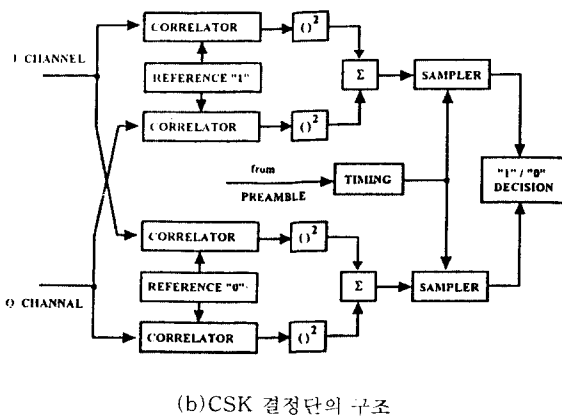
III-1절에서는 초기동기를 위한 패킷의 프리앰블이 2주기의 PN 코드로 구성되어 있을 때의 TDMMC 알고리즘을 설명한다. 그리고 III-2절에서는 프리앰블이 N주기의 PN 코드로 구성되어 있는 시스템에서의 일반적인 알고리즘을 설명한다.

1. TDMMC 알고리즘

DS/SS 패킷 통신(Direct-Sequence Spread-Spectrum Packet Communication)에서는 프리앰블의 초기동기가 이루어진 후, 데이터 복원 과정을 수행한다. 만일 프리앰블의 초기동기가 올바르게 이루어지지 못한 경우, 같은 패킷의 데이터 블록에 있는 전체 비트에 에러(error)를 발생시킨다. 따라서 초기동기는 통신이 가능한지 여부를 결정짓는 중요한 요소이다.

초기동기의 결정은 수신 신호가 수신기의 정합 필터를 통과한 후, 미리 설정되어 있는 임계값(threshold)과 비교되므로써 이루어진다. 그런데 정합 필터의 출력은 S/N 이 변함에 따라 일정하지 못하다. S/N 에 따른 DMF(Digital Matched Filter)의 출력이 그림 4에 나타나 있다.

S/N 이 높을수록 정합된 피크값은 커지고 부정합된 출력값은 작아진다. 반면, S/N 이 낮을수록 피크값은



(b) CSK 결정단의 구조

그림 3. CSK 시스템의 수신기 구조

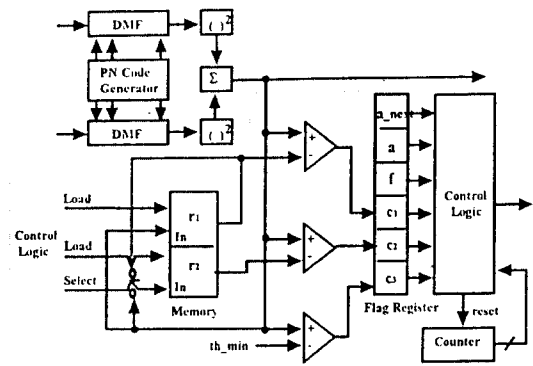
채널에서의 잡음과 간섭에 의해 왜곡된 신호는 먼저 대역 통과 필터(Band Pass Filter)를 거친 후, 비동기 구조(non-coherent structure)에 의해 I 채널(I-channel)과 Q 채널(Q-channel)로 나뉘어진다. I 채널과 Q 채널로 입력된 신호 성분은 다시 저역 통과 필터를 거친 후 하드 리미터(hard limiter)에 의해 디지털화된다. I 채널과 Q 채널 모두 CSK에 따른 "1"

작아지고 부정합된 출력값은 커진다. 임계값은 부정합된 출력중에서 최대값과 피크값 사이의 값으로 설정되어야 한다. 따라서 S/N 이 변함에 따라 임계값 역시 가변되어야 하며, 임계값이 될 수 있는 범위는 S/N 이 높을 수록 넓고 S/N 이 낮을수록 좁아진다.

이 논문에서 제안한 TDMMC는 이런 환경 속에서 임계값을 결정하기위한 알고리즘이다. TDMMC의 설명을 위해, 2 주기의 PN 코드를 초기동기용 프리앰블로 쓰는 경우부터 고려한다.

통신이 가능하려면 정합 필터의 출력중에 기준 신호(reference signal)와 정합된 수신 신호의 출력은 부정합된 출력보다 커야만 한다. TDMMC는 그림 5와 같은 구조를 통해 정합 필터의 출력중에서 부정합된 최대값을 임계치로 설정한다. TDMMC를 위한 구조는 1개의 카운터(counter), 6 비트의 플래그 레지스터(flag register)와 3 개의 비교기(comparator), 2 바이트(byte)의 메모리(memory)로 구성된다. 플래그 레지스터의 a 와 a_{next} 는 TDMMC를 위한 블럭이

여러 개가 있을 때 현재 블럭과 다음 블럭의 동작 여부를 결정해 준다. f 는 현재의 블럭이 동작을 시작하고 있는지를 알려준다. c_1, c_2, c_3 에는 정합 필터의 출력력을 메모리의 r_1, r_2 와 초기값에 비교한 결과가 저장된다. 여기서 초기값이란 동작의 효율을 위해 정해주는 값으로서, 예상 가능한 임계값 중에서 최소값보다 작게 설정해준다.



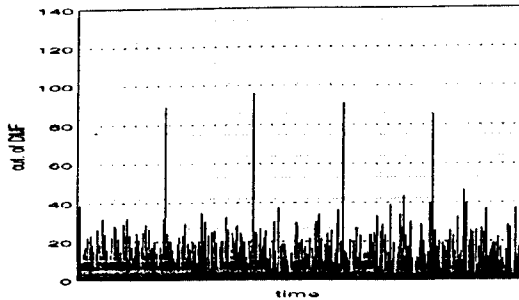
Threshold Block for TDMMC

그림 5. TDMMC의 구조

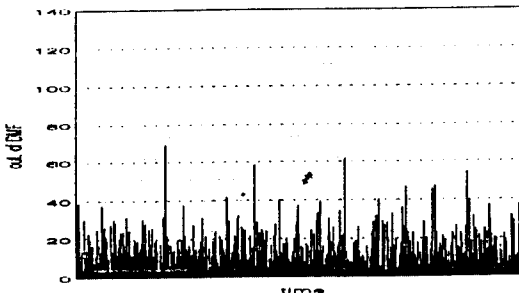
TDMMC의 과정은 다음과 같다.

1. 먼저 메모리 r_1 과 r_2 를 초기값으로 설정한다.
2. 매 칩(chip)마다 정합 필터의 출력 $o(t)$ 을 r_1, r_2 에 비교한다. $o(t)$ 가 r_1 보다 크다면 카운터를 0으로 리세트(reset) 시키고 $o(t)$ 를 r_1 에 기억시킨다. $o(t)$ 가 r_1 보다 작고 r_2 보다 클 때, 카운터를 계속 동작 시키고, $o(t)$ 를 r_2 에 기억시킨다. $o(t)$ 가 r_2 보다 작을 때, 카운터를 계속 동작 시키고, r_1 과 r_2 는 변화시키지 않는다. 여기서 카운터는 매 칩(chip)마다 1 씩 증가시킨다.
3. 카운터가 PN 코드의 주기를 L 를 가리킬 때까지 위의 과정을 반복한다.
4. 카운터가 L 일 때, $o(t)$ 를 메모리의 r_2 와 비교하여 크다면, 초기동기가 이루어진 것으로 판단하고, 작다면 1의 과정부터 다시 수행한다.

위의 과정을 통해 메모리 r_1 에는 정합 필터의 출력중에서 가장 큰값이, 메모리 r_2 에는 두번째로 큰 값이 기억된다. 카운터가 L 을 가리킨다는 의미는 2 주기의



(a) $E_b/N_0 = 18 [dB]$



(b) $E_b/N_0 = 14 [dB]$

그림 4. E_b/N_0 에 따른 DMF의 출력

PN 코드 중에서 첫번째 정합된 피크값이 수신된 후 L 칩 시간이 경과한 두번째의 정합된 피크값을 얻을 시점이라고 볼 수 있다. 따라서 이 때의 메모리 r_2 에는 처음 피크값이 수신된 이후 $L-1$ 칩 시간동안의 부정합된 출력들 중에서 최대값이 기억되어 있다. 때문에 정합 필터의 출력 $o(t)$ 를 메모리의 r_2 와 비교하여 초기동기를 결정할 수 있고, 이때의 r_2 는 임계값이 된다.

그림 6와 표 1을 통해 TDMMC의 실패를 보인다.

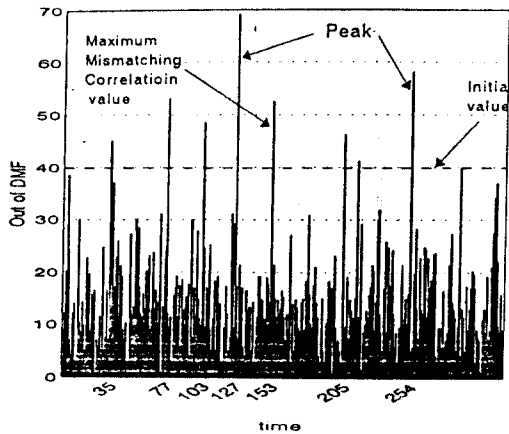


그림 6. TDMMC의 실패-DMF의 출력

표 1. TDMMC의 실패 임계값 블록의 상태

시 간	출력	현 재 상 태			다 음 상 태		
	$o(t)$	n	r_1	r_2	n	r_1	r_2
$t = 0$		0	40	40	0	40	40
$t = 35$	45	0	40	40	0	45	40
$t = 77$	53	42	45	40	0	53	40
$t = 103$	48	26	53	40	26	53	48
$t = 127$	69	50	53	48	0	69	40
$t = 153$	52	26	69	40	26	69	52
$t = 205$	46	78	69	52	78	69	52
$t = 254$	58	127	69	52	127	Aquisition!!	

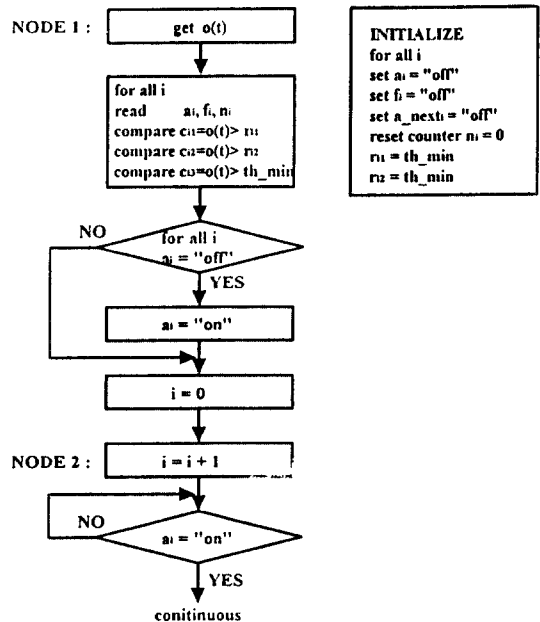
2. N개의 PN 코드에 적용된 TDMMC

이동 통신의 레이라이 페이딩 채널에서(Rayleigh fading channel)에서는 연접에러(burst error) 등으로 인해 3-1절과 같이 2개 PN 코드를 사용하는 방식은 좋은 성능을 기대하기 어렵다. 따라서 초기동기를 위해 N 개의 PN 코드를 이용할 경우의 일반적인

TDMMC 알고리즘을 제안한다.

처리 과정은 3-1절과 비슷하나 $N-1$ 개의 처리 블록이 필요하기 때문에 각 블록사이에 제어(control) 작업이 필요하다. 그리고 연접 에러(burst error)로 인해 정합 필터의 출력에서 매 PN 코드의 주기마다 피크값을 얻지 못하는 경우를 대비한 처리 과정이 요구되어진다.

일반적인 TDMMC 알고리즘을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 모든 블록의 플래그 레지스터는 "off"로, 메모리에는 초기치로 설정한다. 그리고 나서 어느 한 블록 i 의 플래그 레지스터의 비트 a_i 를 "on"으로 설정하여 3-1절의 처리 과정을 수행한다. 블록 i 의 카운터 n_i 가 PN 코드의 주기 L 를 가리킬 때, 출력 $o(t)$ 를 메모리의 r_{i2} 와 비교하여 초기동기를 결정한다. 만약 $o(t)$ 가 r_{i2} 보다 작다면, r_{i1} 과 r_{i2} 에는 다시 초기값으로 설정한다. 이때 i 블록의 카운터 n_i 는 리셋(reset)되지 않고 계속 동작한다. 대신 동작중이 아닌($a_j = \text{"off"}$) 어느 한 블록 j 의 플래그 레지스터 a_j 를 "on"으로 설정하면서, 블록 j 를 동작시킨다. 블록 i 와 j 는 병렬로 동시에 수행되며, 각 블록의 카운터가 L 의 정수배를 가리킬 때마다 초기동기를 결정한다. 초기동기가 이루어지지 않은 경우는 동작하고 있지 않은 다른 블록을 새로이 동작시키면서 위의 과정을 반복한다. 각 블록은 다른 블록에 의해서 동작



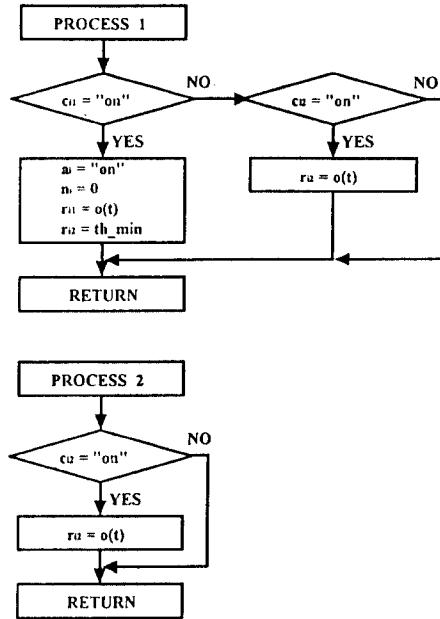
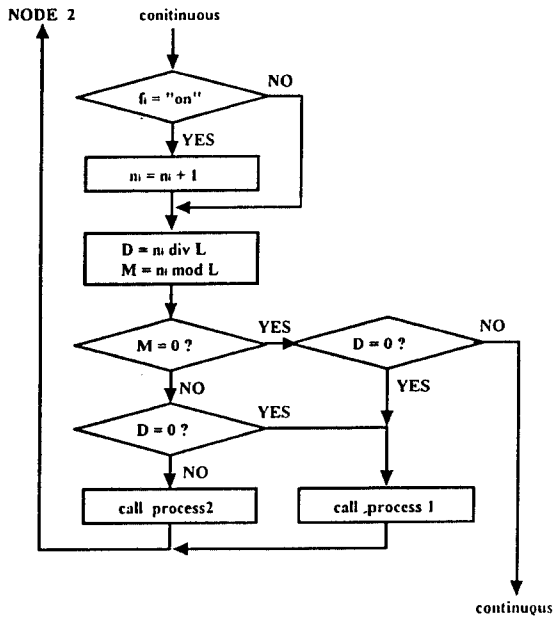
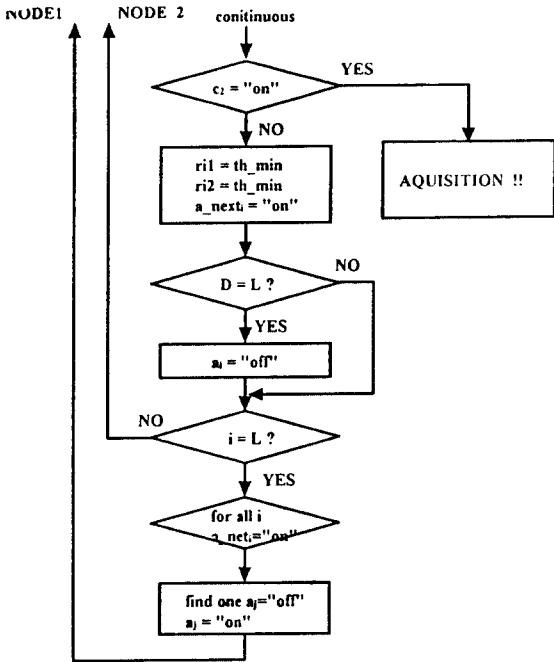


그림 7. 확장된 TDMMCC의 순서도



이 시작되지만, 일단 동작중인 블록들은 서로 독립적으로 TDMMCC 초기동기과정을 수행해 나간다. 그림 7은 N개의 PN 코드에 적용된 TDMMCC의 순서도이다.

IV. 실험 결과 및 고찰

4.1절에서는 시뮬레이션(simulation)을 통해 BER 곡선 상에서 동기식 DS/SS 시스템과 비동기식 DS/SS-CSK 시스템의 성능을 비교한다. 4.2절에서는 가능한 모든 임계값들 중에서 최적의 고정된 임계값을 찾아내어 시스템을 구성하고, 이를 TDMMCC를 적용한 시스템과 비교한다.

1. 비동기식 CSK 시스템의 성능 고찰

이절에서는 시뮬레이션을 통해 AWGN 채널에서 동기식(coherent) DS/SS 시스템과 비동기식(non-coherent) DS/SS-CSK 시스템의 성능을 비교한다.

동기식 DS/SS 시스템은 데이터 "1"과 "0"에 대해 $x^7 + x^3 + x^2 + x + 1$ 를 생성 다항식(generating polynomial)으로 하는 동일한 PN 코드로 확산(spreading) 및 역확산(despreading)시킨다.

비동기식 CSK 시스템은 데이터 "1"에 대해 $x^7+x^3+x^2+x+1$ 를, 데이터 "0"에 대해서는 $x^7+x^6+x^4+x+1$ 를 생성 다항식(generating polynomial)으로 하는 PN 코드를 할당하여 확산 및 역확산시킨다. 따라서 두 시스템 모두 PN 코드의 길이는 127이며 처리 이득(processing gain) 역시 127이다. 초기동기가 정확히 이루어진다고 가정할때, AWGN 채널 상에서의 두 시스템의 BER 곡선을 그림 8에 나타낸다. 이는 10^5 개의 데이터를 관찰한 결과이다.

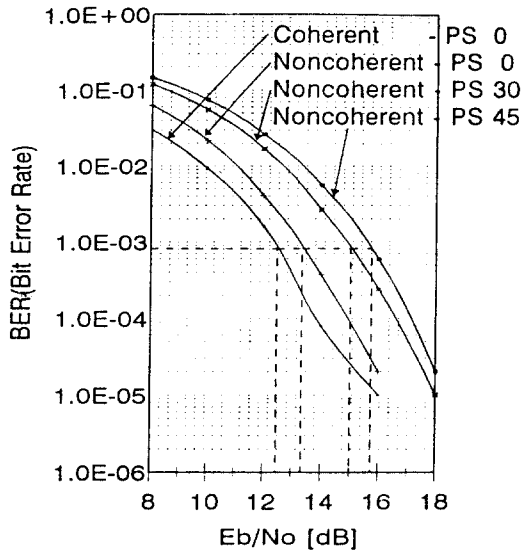


그림 8. 동기식 DS/SS 시스템과 비동기식 DS/SS-CSK 시스템의 성능 비교

10^{-3} 의 BER를 기준으로 하면, 동기식 DS/SS 시스템은 위상편차(phase offset)가 $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ 일 때의 비동기식 DS/SS-CSK 시스템에 비해 각각 $1.0[dB], 2.5[dB], 3.2[dB]$ 만큼 성능이 좋음을 알 수 있다.

잡음이 없는 환경에서 비동기식 DS/SS-CSK 시스템은 동기식 DS/SS 시스템과의 성능이 비슷하다. 하지만 잡음이 있을 경우 수신 신호의 전력은 일정하지만, 비동기 구조에 의해 I 채널과 Q 채널로 들어오는 잡음이 증가되므로 동기식 DS/SS 시스템에 비해 성능이 저하된다고 볼 수 있다.

2. TDMC 방식의 성능 비교

이 절에서는 패킷 검출 에러 확률 PER(Packet Error Rate)을 통해 TDMC의 성능에 대해 고찰한다. 패킷에 사용한 코드는 상호 상관(cross correlation)이 비교적 작은 gold 코드를 사용한다. 이 논문에서 쓰인 gold 코드는 생성 다항식(generating polynomial) $x^7+x^3+x^2+x+1$ 와 $x^7+x^6+x^4+x+1$ 를 짝(preferred pair)으로 하는 코드이다. 따라서 4-1절의 경우와 마찬가지로 PN 코드의 주기는 127이며, 처리 이득(processing gain) 역시 127이다. 여기서 기준(reference)으로 삼은 시스템은 고정된 임계값을 채택하는 시스템으로서, 일정한 범위의 임계값들에 대해 각각의 PER를 모두 구하고, 이들 중에서 최적의 성능을 선택한 결과이다. 표 2은 일정한 범위의 모든 임계값에 대해 PER를 구한 결과이다.

그림 9는 PN 코드 2 주기와 3 주기에 적용된 TDMC의 성능을 비교하는 그래프이다. 여기서 기준(reference)으로 삼은 것은 고정된 임계값을 채택하는 시스템으로서, 초기동기를 위한 PN 코드가 2

표 2. 고정된 임계값을 채택한 시스템에서 초기동기를 위한 PN 코드가 2개일 때, 일정한 범위의 임계값에 따른 PER

Threshold	E_b/N_0 [dB]					
	8	10	12	14	16	18
35	9. 1E-01	8. 4E-01				
40	8. 0E-01	6. 0E-01	3. 9E-01	3. 0E-01		
45	8. 0E-01	5. 5E-01	2. 2E-01	9. 7E-02	7. 0E-02	
50		6. 9E-01	3. 0E-01	3. 9E-02	1. 1E-02	
55		8. 2E-01		7. 1E-02	3. 2E-03	1. 4E-03
60				2. 2E-01	4. 8E-03	7. 0E-05
65					2. 5E-02	1. 0E-05
70						3. 2E-04

주기일 때, 일정한 범위의 모든 임계값에 대해 각각의 PER를 구하고, 이들 중에서 최적의 값만을 선택한 결과이다. 10^{-3} 의 PER에서 보면, 이 논문에서 제안한 TDMMC 방식이 0.6[dB]의 성능향상을 보인다. 또한, TDMMC를 적용하여 초기동기를 위해 PN 코드 3 주기를 이용한 시스템은 2 주기를 이용한 시스템에 비해 약 2[dB] 가량 좋아짐을 알 수 있다.

TDMMC 방식의 성능이 최적의 임계값을 가지는 시스템보다 나은 성능을 보이는 이유는, PN 코드의 자기상관 특성과 주기성을 동시에 고려한 방식이기 때문이라고 볼 수 있다.

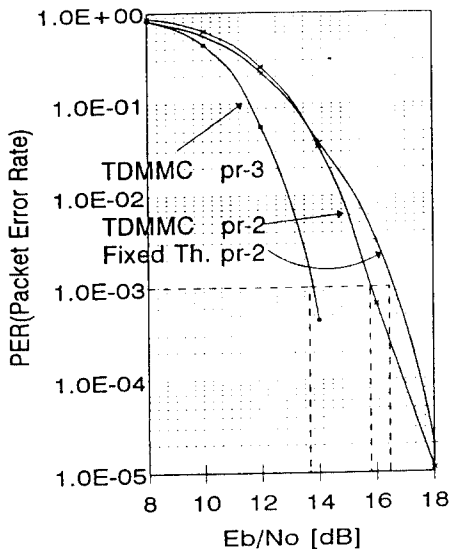


그림 9. 고정된 임계값을 가지는 시스템에서 최적의 값과 TDMMC를 적용한 시스템의 성능비교

V. 결 론

본 논문에서는 초기동기를 위한 TDMMC 알고리즘을 제안하고, DMF를 이용한 비동기식 DS/SS-CSK 시스템에 적용하여 기존의 시스템과 성능을 비교한다.

올바른 초기동기의 여부는 통신이 가능한 지를 결정하게 된다. 초기동기에 있어서 가장 중요한 요소는 임계값의 결정이다. S/N이 변함에 따른 정합필터의 출력단에서의 정합된 피크값과 부정합된 출력의 분포는 일정하지 못하다. 또한 S/N이 낮아 질수록 임계

값이 될 수 있는 범위는 좁아지게 된다. 따라서 기존의 통신 시스템에서는 일정한 시간 간격마다 임계값을 재결정하는 방법을 통해 이 문제를 해결하려고 있다. 본 논문에서는 PN 코드의 한 주기내에서 정합되지 않은 최대값을 임계값으로 설정하여, 짧은 시간에 임계값을 결정할 수 있는 TDMMC 알고리즘을 제시한다.

DS/SS-CSK 시스템에 적용한 실험을 통해, TDMMC 알고리즘의 성능은 기존의 초기동기 결정 방식중에서도 최적의 고정된 임계값을 가질 때의 성능에 비해 0.6[dB] 정도 좋음을 알 수 있다.

차후의 연구과제로는 이동 통신의 레일라이 페이딩 채널(Rayleigh fading channel)에서의 TDMMC에 대한 성능 고찰이 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 김남용, "디지털 이동 통신을 위한 개선된 적응 등화," 박사학위논문, 1991.
2. 이준동, 정의성, 김종인, 조형래, 홍대식, 강창언, "이동통신 AMPS에서 광대역 데이터 송수신을 위한 하드웨어 설계에 관한 연구," 한국통신학회 논문집, 제17권, 제3호, pp.413-423, 1992. 3.
3. H. R. Cho, Y. S. Oh and C. E. Kang, "Bit Error Rate in FH/BFSK System under Jamming Environments," in *Proc. IEEE Intern. Systems. on Personal, Indoor and Mobile Radio Commun.*, Boston, pp. 465-469, Oct. 1992.
4. Savo G, Glisic, "Automatic Decision Threshold Level Control(ADTLC) in Direct-Sequence Spread-Spectrum Systems Based on Matched Filtering," *IEEE Trans. Commu.*, vol. COM-36, pp. 519-527, Apr 1988.
5. M. K. Sust, "Performance of Digital Matched Filters in a Direct Sequence Spread Spectrum Receiver," *IEEE MELECON'87*, pp. 157-161, Mar 1988.
6. Klein S, Gilhousen and Irwin M. Jacobs, "On the Capacity of a Cellula CDMA System," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 40, May 1991.
7. Bernard Sklar, *Digital Communications-Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall International Editions, 1988.
8. George L. Turin, "An Introduction to Digital

Matched Filters," *Proc. IEEE*, vol. 64, pp. 1092-1113, Jul. 1976.

9. J. K. Holmes, *Coherent Spread Spectrum Systems*, A Wiley-Interscience Publication, 1982.



金鍾憲(Jong-Heon Kim) 준회원
1969년 2월 5일생
1991년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1993년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1993년 3월~현재: 연세대학교 전자공학과 박사과정

※주관심분야: 디지털 이동통신, 대역확산통신



李漢燮(Han-Sup Lee) 정회원
1966년 3월 6일생
1988년 2월: 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1991년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1991년 9월~현재: 연세대학교 전자공학과 박사과정

※주관심분야: 디지털 이동통신, 대역확산통신



洪大植(Dae Sik Hong) 정회원
1961년 1월 4日生
1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1985년 2월: 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1990년 8월: Purdue University 졸업(Ph.D)

1990년 9월~1991년 7월: Purdue University Post-Doctoral Resear Associate

1991년 8월~현재: 연세대학교 전자공학과 조교수

※주관심분야: 신경회로망 및 정보통신 등임



康恩彦(Chang Eon Kang) 정회원
1938년 8월 26日生
1960년: 연세대학교 전기공학(공학사)
1965년: 연세대학교 대학원 전기공학(공학석사)
1969년: 미국미시간주립대학교 대학원 전기공학(공학석사)

1973년: 미국미시간주립대학교 대학원 전기공학(공학박사)

1967년~1973년: 미국미시간주립대학교 工業研究所 先任 研究員

1973년~1981년: 미국노던일리노이대학교 전기공학 助 教授, 副教授

1982년~現在: 연세대학교 電子工學科 教授

1987년~1988년: 본 學會 副會長

1989년~1990년: 본 學會 會長