

바이너리 CDMA 기술 분석 및 표준화에 관한 연구

이성민* · 김병찬* · 임재홍**

*한국해양대학교 대학원 전자통신공학과, **한국해양대학교 전자통신공학과 교수

A Study on Binary CDMA Technology Analysis and Standardization

S. M. Lee* · B. C. Kim* · J. H. Yim**

*Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Dept. of Electronics and Communication Eng., Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 무선통신의 사용이 보편화되고 이용자들의 증가와 더불어 제한된 지역에서 사용자들의 급격히 증가하는 현상이 나타나자 지금까지 무선통신에서 일반적으로 요구되었던 전송 품질과 전송 속도의 향상 외에 새로운 기술적 요구가 발생하기 시작했다. CDMA 시스템은 성능의 우수성에도 불구하고 신호처리의 복잡성과 여러 채널의 신호를 동시에 전송할 경우 채널수가 증가 할수록 신호의 첨두 전력 대 최대 전력비(Peak to Average Power Ratio)이 증가하는 문제점을 갖고 있다. CDMA 방식은 사용자 간의 간섭을 효과적으로 제거하는 특성이 있으나 시스템의 구조가 복잡하여 보편적인 응용분야에서는 가격경쟁력이 없어 사용할 수 없는 단점이 있다.

Binary CDMA 기술은 종래의 CDMA 성능을 보유하면서 외형은 TDMA와 동일하여 성능경쟁력과 가격경쟁력을 동시에 보유하고 있으므로, 미래사회에서 이동통신의 수요가 급격히 증가하여 보편적인 무선 서비스가 확대되는 상황에서 국제적인 경쟁력을 갖출 수 있는 기술이다. 따라서, 본 논문에서는 binary CDMA 기술 분석 및 표준화에 대하여 논한다.

핵심용어 : CDMA, TDMA, Binary CDMA

ABSTRACT : *The ubiquitous use of wireless communications and wireless users in a limited area of the increasing phenomenon of users concentrated in the big ordinance until now typically requires the wireless communications that were sent in addition to improving the quality and speed of transmission occurs, and began a new technical requirements. CDMA system performance in spite of the superiority of the complexity of signal processing, multiple-channel transmission of the signals at the same time, the number of channels increases, the signal PAPR (Peak to Average Power Ratio) has a growing problem. CDMA approach effectively removes the interference between users that attribute, but the complexity of the system's structure, the universal application without the disadvantages of price competition that is not available.*

Binary CDMA technology while retaining the traditional performance of the CDMA and TDMA same appearance and performance competitive and price competition held at the same time, so in the future society, the rapidly growing demand for mobile communications and the expansion of wireless services that are common in the international situation that are equipped with competitive skills.

KEY WORDS : CDMA, TDMA, Binary CDMA

1. 서 론

무선통신의 사용이 보편화되고 이용자들의 증가와 더불어 제한된 지역에 사용자들의 밀집현상이 나타나자 지금까지 무

선통신에서 일반적으로 요구되었던 전송 품질과 전송 속도의 향상 외에 새로운 기술적 요구가 발생하기 시작했다. 종래 무선 사용자들이 많지 않은 경우에는 매우 우수한 특성을 나타내는 기술들이 사용자가 급증하는 현 상황에서는 아래와 같은 이유

* nasdaq22@naver.com, zardgoodday@naver.com

** jhyim@naver.com 051)410-4378

로 성능이 급격히 저하되는 현상을 보이기 시작하는 것이다[1].

첫째, 사용자가 증가하면서 사용자 간에 발생하는 상호간섭을 제거할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 사용자 간의 상호간섭을 제거하지 못하면 모든 사용자들의 전송품질이 저하되어 요구되는 특성을 나타낼 수 없게 된다. 둘째, 무선 멀티미디어 시장이 성장하며 지금까지 데이터 위주의 고속 전송에만 초점을 맞추었던 기술적 요구가 전송속도의 증가보다도 끊어짐 없이 일정속도를 유지하여 음성과 영상 신호를 자연스럽게 재현하는 것이 더욱 중요하게 되었다. 셋째, 다양한 무선 액세스 포인트(access point)가 증가하면서 액세스 포인트 간의 주파수 배정 문제가 이동통신 기지국의 셀 플래닝(cell planning) 문제 이상으로 중요한 변수로 등장했으나 임의의 사용자들에 의해 설치되는 액세스 포인트를 이동통신의 기지국과 같이 사전에 계획된 중앙 통제를 할 수 없어 심각한 사용상의 문제가 예상된다.

CDMA 시스템은 성능의 우수성에도 불구하고 신호처리의 복잡성과, 여러 채널의 신호를 동시에 전송할 경우 채널수가 증가할수록 신호의 PAPR이 증가하는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 멀티코드 CDMA의 특성과 구조를 유지하면서도 전송신호의 레벨이 항상 일정하여 기존의 TDMA 시스템 구조로도 멀티코드 CDMA 신호를 전송할 수 있는 바이너리 CDMA 기술에 대한 특성과 프로토콜 및 표준화에 대하여 분석한다. 바이너리 CDMA 기술은 적용 기술별로는 펄스폭 CDMA (PW/CDMA), 다위상 CDMA (MP/CDMA), 코드선택 CDMA(CS/CDMA)로 구분되며[2, 3], 사용자간의 상호간섭이 심한 환경에서 무선으로 실시간 멀티미디어를 보내는 소형 휴대형 장비에 적합한 무선 솔루션을 제공한다.

2. 바이너리 CDMA

2.1 개요

기존의 CDMA 시스템은 여러 개의 입력신호를 동시에 전송하기 위해 각각의 입력 신호에 서로 다른 직교 코드를 곱하여 채널간의 직교성을 보장한 후, 각 채널 신호를 모두 합하여 동시에 전송한다[4]. 전송된 신호는 수신단에서 송신시 사용한 직교 코드와 동일한 코드를 곱하여 상호보완하며 그 결과를 이용하여 각각의 채널의 정보를 재생할 수 있다.

2.2 바이너리 CDMA의 구조

표 1은 binary CDMA의 구조 및 응용 분야를 나타낸 것이다. Binary CDMA 방식은 TDMA RF 모듈을 그대로 이용하여 CDMA 신호를 전송할 수 있으므로 이를 'CDMA over TDMA' 라고 표현하고 있다. 블루투스(Bluetooth) RF 모듈에 Binary CDMA 신호를 보내는 것을 Retaw-1 단계로 분류하며 이미 이 단계의 기술개발은 완료되어 상품화가 진행 중이다.

Table 1 The structure of the binary CDMA

구분	멀티미디어분야	음성분야	데이터분야
사용 주파수	f1,f4,f7,...f79 (28개)	f2,f5,f7,...f77 (27개)	f3,f6,f9,...f78 (27개)
대표 상품	디지털 무선마이크	G-Phone	Serial Port
전송 속도	순방향: 384Kbps 역방향: 16Kbps	32Kbps 양방향	800Kbps 이하비대칭방향전환
그룹 동기	Master pilot	Master pilot	Async(CSMA)
Encoding	FEC, Checksum	FEC, Checksum	Interleaving, FEC, CRC, ARQ
Diversity	Time, Frequency, Space	Time, Frequency	Time (option)
2차 분야	음성분야	멀티미디어분야	-
지역 내 동시사용 채널	16 (32) 양방향	32(64) 양방향	64: 단방향
전송 지연	10msec 이내	30msec 이내	-
중계 기능	-	1 단계; 양방향	8 단계: 단방향
적용 분야	감시카메라 무선스피커 무선MP3	무선 PABX 무선 VoIP 안내방송시스템 동시통역시스템 Dual Mode휴대폰	무선장단감 다목적리모컨무선 카드결제기 무선센서(Telemetry) 무선인터넷

Retaw-1 단계는 최고 전송속도가 CDMA 방식으로는 160Kbps까지 가능하고 TDMA 방식으로는 800Kbps까지 가능하므로 고품질 오디오 전송용으로 사용하기에 적합하다. Retaw-2 단계는 무선 LAN용 RF 모듈에 Binary CDMA 신호를 실어 보내는 것으로 최고 전송속도가 CDMA 방식으로는 4Mbps까지 가능하고 TDMA 방식으로는 16Mbps까지 가능하므로 고품질 비디오 전송용으로 사용하기에 적합하다. 대역폭이 통신위성의 transponder와 동일하므로 CDMA 위성방송 수신용으로도 사용할 수 있다. Retaw-3 단계는 NRD(Non Radiative Dielectric Waveguide; 비방사유전체 선로)를 이용한 밀리미터파 대역에서 사용되므로 최고 전송속도가 CDMA 방식으로는 150Mbps, TDMA 방식으로는 600Mbps까지 가능하므로 무선 초고속 정보통신용으로 사용이 가능하다. 멀티 레벨 신호와 Truncation Binary CDMA 방식의 기본 개념은 멀티 채널 CDMA 신호의 멀티레벨을 고정포락선으로 바꾸는 것이다. Binary CDMA의 또 다른 특징은 전송신호가 TDMA 파형과 일치하므로 정보 전송시 프레임의 구조와 수신단에서 신호를 복원하는 과정이 기존의 CDMA 방식을 사용하지 않고 TDMA 방식을 사용한다는 점이다.

2.3 바이너리 CDMA와 홈네트워크

홈 네트워크가 보편화되면서 종래의 2차원적인 사용자간 간섭이 3차원 간섭으로 변화되어 가는 모습을 보여주고 있다. 고층 빌딩이나 아파트 단지에 설치된 액세스 포인트는 3차원적

인 주파수 간섭을 일으키므로 평면적으로 배치된 이동통신 기지국 간의 2차원적인 주파수 간섭에 비해 훨씬 심각한 문제를 일으키게 된다. 즉, 원천적으로 주파수 배정이 필요없는 CDMA 방식을 사용하지 않고는 각 가정에 설치된 액세스 포인트의 주파수 배정을 원활하게 수행할 수 없다. 따라서 디지털 정보가전이나 홈네트워크의 무선 액세스 방식으로 CDMA 기술사용이 절실히 요구되고 있다. Binary CDMA 기술은 가격경쟁력과 성능경쟁력을 모두 갖추고 있으므로 디지털 가전과 이동통신 시장에 동시에 사용할 수 있으며 궁극적으로 디지털 가전과 이동통신 시스템은 상호 네트워크로 연결되어야 하는 점을 고려하면 Binary CDMA 기술로 디지털 가전 시스템과 이동통신 시스템을 동일한 기술로 구현하는 것이 상호 연동을 용이하게 하여 시너지 효과를 낼 수 있을 것으로 보인다.

3. 바이너리 CDMA 적용기술

3.1 바이너리 CDMA의 종류

Binary CDMA 방식에서는 기존의 멀티코드 CDMA 신호의 멀티레벨 신호를 절단하여 전체적인 신호의 레벨을 획기적으로 줄이거나 신호레벨을 '1'과 '-1'만 갖는 binary 형태로 만들 수 있다. 그러나 절단 레벨을 '1'로 제한하는 경우 전송할 수 있는 채널수가 제한되므로 전송채널수를 증가시키기 위해 절단 레벨을 '1'보다 큰 수로 선택해야 한다. 이때 신호의 고정포락선이 무너지므로 이를 해결하고 제한된 크기의 멀티레벨 신호를 고정 포락선으로 바꾸기 위하여, 멀티레벨 신호를 펄스폭으로 바꾸는 펄스폭 CDMA(PW/CDMA; Pulse Width CDMA), 위상으로 바꾸는 다위상 CDMA(MP/CDMA; Multi Phase CDMA), 코드를 선택하여 절단없이도 멀티코드 전송특성을 갖는 코드선택 CDMA(CS/CDMA; Code Select CDMA)로 구분된다[5-11].

3.2 펄스폭 CDMA

펄스폭 CDMA(PW/CDMA)는 절단된 제한된 멀티레벨 신호를 펄스폭으로 바꾸어 그림 1과 같이 신호크기를 일정한 값으로 변환하는 방법이다. 그림1(a)은 절단을 '5'에서 취하여 신호 레벨의 최대값을 5로 제한한 값이며 그림1(b)는 그림1(a)의 값을 펄스폭으로 변환한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 신호 레벨 크기를 펄스폭으로 바꾸면 매우 좁은 펄스 형태가 나타나게 된다. 그림1(c)는 절단을 '1'에서 취했을 때 결과 파형이 binary 형태가 되어 그림1(a)의 신호의 부호만을 택한 것과 같은 모양이 됨을 보여 주고 있다.

PW/CDMA 방식의 최대 문제점은 절단 값을 높일수록 그림 2와 같이 신호의 power spectrum이 넓어져 전송대역을 넓게 차지하는 점이다. 그림에서 보는 바와 같이 절단 값이 '1'일 때는 일반적인 PSK신호의 대역폭과 동일하지만 절단 값이 '2'

가 되면 대역폭이 2배로 증가하며 clock 성분에서 최대치가 있음을 볼 수 있다.

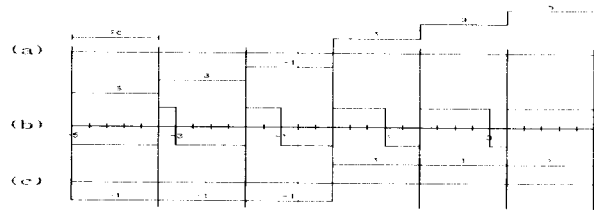


Fig. 1 CDMA pulse-width of the waveform

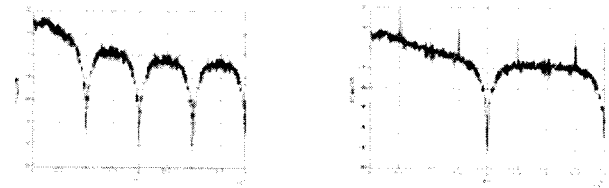


Fig. 2 Power spectrum of pulse width CDMA signals

시스템 구현시 신호의 대역폭을 제한하기 위하여 그림3과 같이 펄스 파형을 짝수 때마다 좌우 대칭으로 바꾸어 주고, 펄스폭이 가변하는 범위를 미리 정하여 가변범위 내에서만 펄스폭의 변화가 있게 하여 최소펄스폭의 크기를 일정값 이상으로 보장하는 방법으로 대역폭의 증가를 억제할 수 있다.

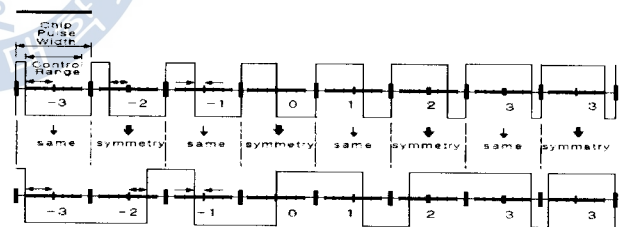


Fig. 3 Alternation of the polarity of pulse-width CDMA

3.3 다위상 CDMA

MP(Multi Phase)/CDMA 방식은 앞서의 PW/CDMA 방식이 절단 값을 크게 할수록 전송신호의 대역폭이 증가하는 문제를 해결하고, TDMA 시스템의 M-ary PSK RF 모듈을 사용하기 위해 제안된 방식이다[10-13]. 그림4는 절단을 '6'으로 제한한 크기의 멀티레벨 신호를 8-ary PSK의 위상값으로 치환하는 과정을 나타내었다.

MP/CDMA 방식은 절단 레벨수를 높여도 power spectrum은 그림2(a)와 같이 항상 일정하므로 전송대역이 증가하는 것을 염려할 필요없이 구현하는 시스템의 복잡도를 고려하여 시스템을 선정할 수 있다. 그림 4는 카서코드의 길이는 128chip이며 절단 값을 2, 4, 6으로 하며 8-ary PSK RF 모듈을 사용

했을 때의 성능특성을 보여주고 있다.

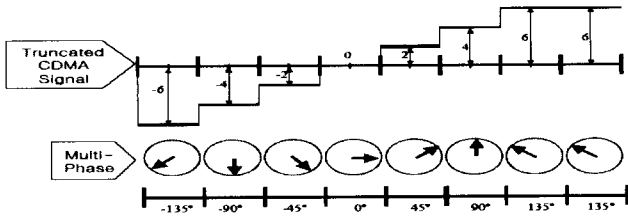


Fig. 4 Multi Phase CDMA signal generation method

그림에서 보여 지는 바와 같이 절단 값을 크게 할수록 채널 수가 많은 경우에서 시스템의 성능이 비교적 많이 향상되는 것을 알 수 있다. 절단이 "2"일 경우에는 8-ary 방식 대신 QPSK방식을 이용하는 것이 가능하므로 사용해야 하는 채널수가 적을 경우에는 8-ary PSK 보다 QPSK 방식을 사용하는 것이 시스템구조도 단순해지며 성능도 우수하게 나타난다.

3.4 코드선택 CDMA

PW/CDMA 방식과 MP/CDMA 방식은 절단에 의해 신호의 직교특성이 약해져, 단말기로부터 액세스포인트로 신호가 전해지는 역방향 통신에서 단말기 간의 상호 간섭에 의한 성능저하 현상이 나타난다.

CS(Code Select)/CDMA 방식은 이러한 문제 해결을 위해 제안된 기술로, 각각의 입력채널에 직교코드를 할당하는 종래의 CDMA 방식과는 달리 입력채널을 block 단위로 묶어 채널코드를 그룹으로 할당하고 입력되는 데이터를 이용하여 할당된 직교코드 중 하나를 선정하여, 최종적으로 block 단위에서 전송되는 직교코드의 수는 하나가 되도록 하여, block 단위로는 입력채널이 여러 개가 있을 경우라도 전송되는 직교코드는 한개만 선택되어 block 단위의 절단을 원천적으로 없게 하므로 절단에 의한 성능 저하를 막을 수 있다[14].

그림 5는 CS/CDMA 변조를 위한 기본 블록을 보여주고 있다. CS/CDMA 신호를 복조할 때는 그림 6과 같이 사용된 모든 직교코드를 이용하여 correlation 결과를 구하고, 그 중 절대 값이 가장 큰 코드를 얻어 그 값으로부터 직교코드를 선정할 때 사용한 전송데이터를 구할 수 있고, 최대 절대 값을 갖는 correlation 결과의 부호 값으로 부터 마지막으로 직교코드에 변조된 데이터를 복원할 수 있다.

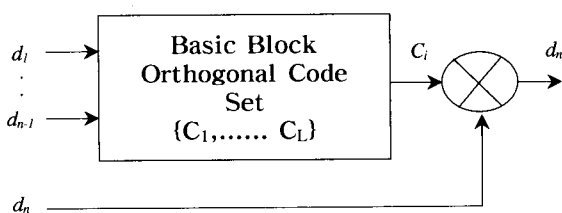


Fig. 5 Code select CDMA basic block

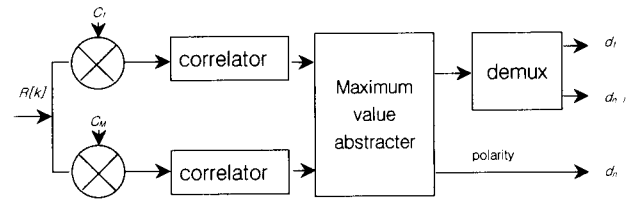


Fig. 6 Structure of Code select CDMA demodulator

CS/CDMA 방식은 단말기에서 block 단위로 멀티코드를 사용할 경우 액세스포인트로의 역방향에서 항상 직교성이 보장되므로 단말기 사용자간의 상호간섭 문제가 없으며 다중선로에 의한 간섭에서도 우수한 성능을 나타낸다.

두드러진 특징은 기존의 DS/CDMA 방식이 선형 RF 증폭기를 필요로 하는 반면에 제안된 binary CDMA 방식은 비선형 RF 증폭기를 사용하는 것이 가능하고, PW/CDMA는 절단 레벨에 비례하여 전송신호대역폭이 증가하지만 그 외의 다른 방식은 대역폭이 증가하지 않으며, PW/CDMA 와 MP/CDMA는 상호간섭 문제가 있어 이동통신에 사용하기는 어려우나 CS/CDMA는 이동통신에서도 사용이 가능하다는 점이다.

Table 2 Comparison of CDMA features

	DS/CDMA	PW/CDMA	MP/CDMA	CS/CDMA
전송코드수	1/채널	1/채널	1/채널	1/블록*
출력레벨	채널수+1	$M \ll \text{채널수}$	$M \ll \text{채널수}$	블록수+1
점유대역폭	1배	M배	1배	1배
상호간섭	강함	약함	약함	강함
RF PA	선형	비선형	비선형	비선형
응용분야	이동통신	저가 무선	PAN	PAN, 이동통신

4. 바이너리 CDMA 표준화

4.1 바이너리 CDMA MAC/PHY 규격

4.1.1. 표준화의 개요

본 표준은 2.4GHz 주파수 도약 방식을 사용하여 반경 수 10m 이내의 Pico-net 규모의 무선 시스템과 단말들의 방송, 통신, 제어의 융합 기능을 위하여 제안되었다. 기존의 무선 방송, 통신, 제어 시스템은 개별적인 통신 규격으로 설계되어 있어 하나의 시스템으로 통합하기에 부적합하다. 또한 각각의 무선 시스템을 통합하기 위해서는 개별 무선시스템의 통신규격으로 설계한 후 이를 다시 통합하는 과정을 거쳐야 한다. 이에 따라 많은 부가적인 오버헤드가 발생하게 된다. 따라서 기존 무선 시스템들의 특성을 수용하고 공통으로 사용할 수 있는

새로운 무선 통신규격을 표준화 할 필요가 있다.

표준화의 목적으로 개인방송 전송 표준은 수10m 반경의 Pico-net 내에서 사람이 갖고 있는 휴대단말기와 주변의 다양한 IT 장비와의 연동을 그 핵심으로 한다. 서로 다른 시스템에서 제공되는 다양한 ubiquitous 서비스를 수요자인 사람 중심으로 규격화하면 서비스를 이용하는 사용자의 편의성은 물론이고 시스템을 개발하는 개발자들도 개발 업무가 명확해져 매우 편리하게 시스템을 개발할 수 있게 된다. 표준화의 주요 내용은, 사용자를 중심으로 Pico-net 내에서의 DMB 수준의 방송, SOHO 환경에서의 무선 통신, u-Home에 필요한 제어 기능이 융합된 프로토콜을 만드는 것이다. 이를 위해, 개인 서비스 융합 단말을 위한 프레임, 슈퍼 프레임, 네트워크 사이클에 대한 정의와 2.4GHz 주파수 도약 방식의 주파수 운용에 관한 정의를 하여 Pico-net 내의 서로 다른 응용기기들의 상호 연동이 가능한 구조를 정의한다. 또한 많은 Pico-net 들의 구분과 상호간의 간섭을 배제하기 위해, Pico-net 내에서 사용하는 스캔 코드, 보안 코드, 그룹 코드를 정의하여 높은 보안 유지와 그룹화를 보장한다. 표준 적용 산업 분야 및 산업에 미치는 영향으로 미래의 ubiquitous 서비스를 지원하는 개인 서비스 융합 단말기 시장을 창출하는데 핵심 요소가 될 것으로 예상된다.

4.1.2 기본 운용 구조

Pico-net을 형성하여 실시간 멀티미디어 정보를 주고 받는 통신에서 Pico-net 내 사용자 간의 동기 유지는 필수적인 사항이다. 따라서 하나의 그룹에는 한 대의 Master가 존재하여 동기 신호를 주기적으로 보내고 다수의 Slave는 Master의 동기 신호에 동기를 맞추어 동작 한다.

그림7 과 같은 일대일 방식 통신구조에서는 하나의 단말이 Master로 동작하고 다른 하나의 단말은 Slave로 동작을 하게 된다. Master가 주기적인 동기 신호를 전송하게 되면 Slave는 Master의 동기 신호에 동기화 되어 Master와 통신하게 된다.

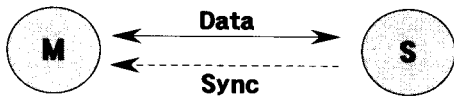


Fig. 7 Point to point communication

그림 8은 일대다수 방식 통신구조로 한대의 Master가 동기 신호를 보내고 나머지 Slave들은 Master의 동기 신호에 동기를 맞추어 동작한다. 다수의 Slave들의 Master는 Slave들과의 초기 동기 과정을 수행하기 위해 별도의 monitor 단말을 둘 수 있다. Master는 망 전체의 동기 유지를 위해 동기 신호를 송출하기는 하지만 Slave간의 통신 시 Master가 통신을 중계하지 않고 Slave간에 직접 통신을 수행한다.

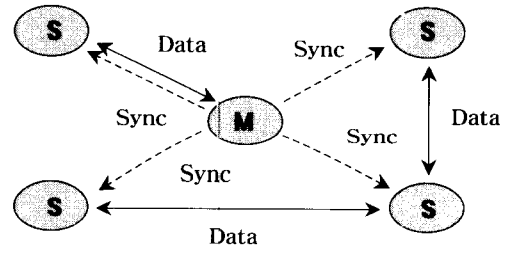


Fig. 8 One to many communication

그림 9는 개인 서비스 융합 프로토콜 구조로 256ms 길이의 네트워크 사이클을 기본으로 전체 구조를 형성한다. 256ms 길이의 네트워크 사이클은 다시 16개의 슈퍼 프레임으로 구성되며 16ms 길이의 슈퍼 프레임은 한 개의 제어용 프레임과 한 개 이상의 사용자용 프레임으로 구성된다. 개인 서비스 융합 프로토콜의 모든 제어는 프레임 단위로 상태를 다르게 설정할 수 있으므로 프레임 구조가 가장 기본 단위 구조가 된다.

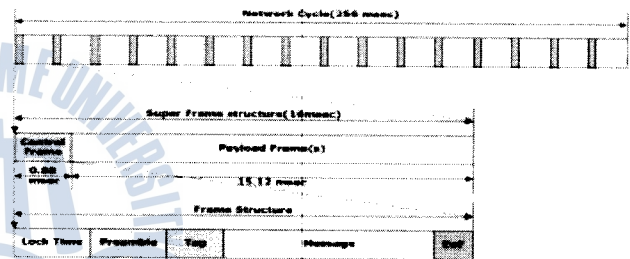


Fig. 9 Convergence protocol structure of personal service

4.1.4. PHY 표준 명세

PHY Layer는 2.4GHz ISM(Industrial Scientific Medical) band에서 적응형 주파수 도약(Adaptive Frequency Hopping) 기술을 지원하도록 설계되었다. 주파수 테이블을 사용하여 사용할 수 있는 주파수들 중에서 가장 품질이 우수한 16개의 주파수를 선정 후 선정된 주파수에서 주파수 도약 방식을 사용하여 운용된다.

Table 3 Available frequency bands

Frequency Range	RF channels
2.400-2.4835 GHz	79 , ,0 ,2402 K=+= kHz kf

RF Channel Space는 1MHz이다. 그리고 순서대로 Channel 번호 k가 정해진다. Guard band는 다음과 같다.

Table 4 Guard band

Lower Guard Band	Upper Guard Band
2MHz	2.5 MHz

4.1.5 프레임 구조

프레임은 그림 10과 같이 Lock Time, Preamble, Tag, Message, EoF로 구성된다. 주파수를 합성하고 안정화하는 데 필요한 Lock Time이 Frame의 처음에 위치하고, 프레임의 동기화를 위해서 Preamble이 위치한다. 다음으로 실제 데이터가 실리는 Tag, Message가 위치하고, 프레임의 끝을 처리하고 다음 프레임을 준비하기 위한 EoF (End of Frame)로 프레임이 끝나게 된다.

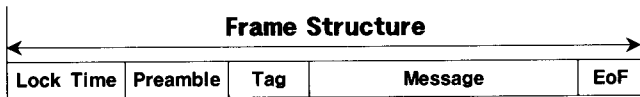


Fig. 10 Frame structure

Table 5 Field of Frame descriptions

Field of Frame	Description
Lock Time	RF Frequency Synthesis 시간
Preamble	동기획득을 위한 동기신호송수신구간
Tag	프레임제어용 특수용도 비상 통신등 특수패킷 Type 지정, 특수제어신호
Message	데이터송수신구간
EoF	RF 상태전환과 프레임전환을 위한 시간

프레임 단위로 주파수를 비롯한 송수신 모드 변환이 가능하므로 매 프레임마다 RF 주파수 합성이 안정화될 수 있는 Lock Time이 필요하다. Lock Time 동안에는 데이터 송수신이 불가능하다. 모뎀이 송신 상태인 경우 Lock Time 동안 0과 1의 반복적인 신호가 RF 모듈 쪽으로 나가게 된다. 수신 상태인 경우 Lock Time 동안의 데이터는 무시한다.

Preamble은 무선으로 데이터를 송수신 할 때 동기 획득을 위한 동기신호를 전송하는 구간이다. Preamble 길이는 128 μ s 단위로 설정한다. 7bit Scan Code를 이용하여 Gold Code Generator를 이용하여 생성한 127bit 길이의 코드에 '0'을 추가하여 128bit단위의 Preamble을 사용한다. Tag 는 프레임마다 할당된 특수 용도의 데이터가 송수신 되는 부분이다. Tag 에 실린 정보는 모든 사용자가 볼 수 있으므로 Preamble로만 확인되지 않는 프레임의 용도를 명확히 하거나 공개된 방송 채널, 보조신호용으로 사용될 수 있다. Tag 길이는 고정되어 있으며 CRC 기능이 부여되어 있다.

Message 는 실제로 사용자 데이터가 송수신 되는 부분이다. 또한 선택적으로 CRC를 적용할 수 있다. Message Field 는 Control 프레임인 경우에는 길이가 고정 되어 있지만 Payload 프레임인 경우에는 길이를 8 μ s단위로 설정 할 수 있다. EoF는 프레임의 끝단에서 모뎀과 RF의 상태 전환을 위해 필요한 시간으로 1 μ s단위로 설정할 수 있다. EoF가 끝나면 다음 프레임

이 이어진다.

4.2 슈퍼 프레임과 네트워크 사이클 구조

4.2.1 슈퍼 프레임 구조

슈퍼 프레임은 Control 프레임 한 개와 Payload 프레임 한 개 이상으로 구성 된다. Control 프레임의 길이는 880 μ s로 고정되어 있다. 한 슈퍼 프레임 내의 Payload 프레임 개수와 길이는 상위계층에 맞게 설정 할 수 있다. Payload 프레임을 설계하는 방법에 따라서 상위계층은 다양한 종류의 데이터 전송을 얻을 수 있다. 고속의 데이터가 필요한 경우는 Payload 프레임의 수를 줄여 매 프레임에서 소요되는 오버헤드를 줄일 수 있다. 그러나 프레임 길이가 증가하는 것에 비례하여 버퍼링에 의한 전송지연 시간이 증가하게 된다. Payload 프레임의 개수는 최소 한 개 이상 이어야 하며, 최대 열여덟 개를 넘지 말아야 한다. 그리고 Payload 프레임의 총합의 길이는 15.12ms 가 되어야 한다.

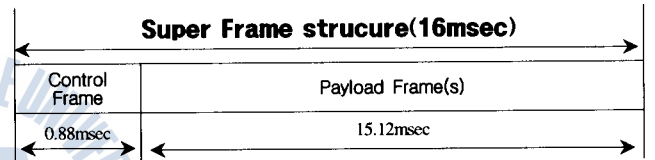


Fig. 11 Structure of super frame

4.2.2 네트워크 사이클 구조

하나의 네트워크 사이클 길이는 256ms이며 16개의 슈퍼 프레임으로 구성된다. 네트워크 사이클 내에는 0.88ms길이의 Control 프레임 16개가 사용되어 전체적으로 Control 프레임이 14.08ms가 사용되고 나머지 241.92ms는 Payload 프레임으로 사용된다. 각 Control 프레임은 서로 다른 기능을 가지고 네트워크 사이클을 구성한다. 네트워크 사이클 에는 Normal 네트워크 사이클과 Fast Synchronization 네트워크 사이클 두 종류가 있다.

Normal 네트워크 사이클에서 사용되는 16개의 Control 프레임 중에서 2개는 동기용(Beacon)으로, 1개는 Slave가 Master에게 요청정보를 보내는 전송용(RCF: Request Control Frame)으로, 1개는 Master가 Slave 들에게 제어 정보를 보내는 전송용(MCF: Master Control Frame)으로, 그리고 1개는 RCF에 대한 응답용으로, 8개는 MCF에 대한 응답용으로 배정되어 있으며 나머지 3개는 Reserved 되어 있다.

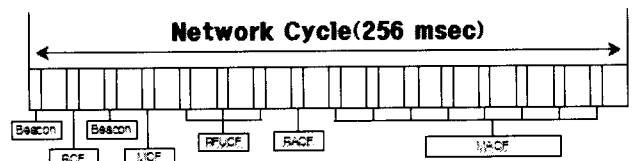


Fig. 12 Normal structure of network cycle

빠른 동기를 위해 Normal 네트워크 사이클과 Fast Synchronization 네트워크 사이클을 전환하며 운용 될 수 있다. Fast Synchronization 네트워크 사이클에서는 네트워크 사이클 내의 모든 Control 프레임에서 동기 신호를 전송한다. 즉 16개의 동기신호가 전송된다. 이때 사용하는 동기신호를 Fast Beacon이라 한다.

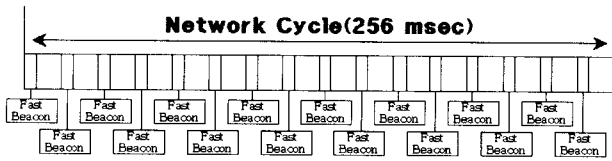


Fig. 13 Fast Synchronization structure of network cycle

네트워크 사이클은 Normal 과 Fast Synchronization 네트워크 사이클을 전환하면서 운용이 가능하다.

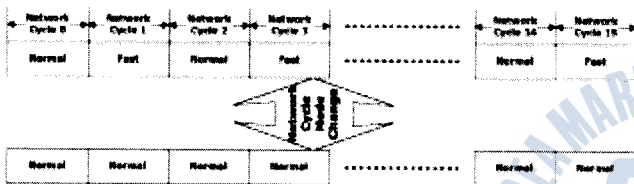


Fig. 14 Switching of network cycle

슈퍼 프레임 카운터는 네트워크 사이클이 시작하는 슈퍼 프레임에 슈퍼 프레임 0번이 할당되고 다음 슈퍼 프레임에서 1씩 증가 하게 된다. 네트워크 사이클의 마지막 슈퍼 프레임에는 15번이 할당된다. 네트워크 사이클 카운터는 0부터 시작하여 15까지 증가한 다음 다시 0부터 반복되는 구조를 반복한다.

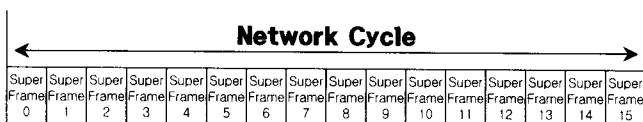


Fig. 15 Super frame counter

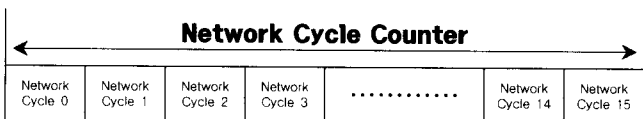


Fig. 16 Network cycle counter

4.3 주파수 운용 방식

4.3.1 주파수 도약 제어

개인 서비스 융합 프로토콜은 통신을 할 때 주파수 도약 테이블을 이용하여 Pseudo Random 하게 주파수를 변경하며 통신을 한다. Pseudo Random한 주파수를 얻기 위해 도약 순서 발생기(Hopping Sequence Generator)를 사용하며 다음과 같이

동작한다.

첫째, 슈퍼 프레임(16ms)단위로 출력 값이 생성된다.

둘째, 그림17과 같이 32 stage tab[31,21,1,0]을 적용한 Maximal sequence가 사용된다. 이로 인해서 도약 순서는 Pseudo random한 특성을 갖게 된다.

셋째, 도약 주기는 $(2^{32} - 1) \times 16\text{ms}$ 이다.

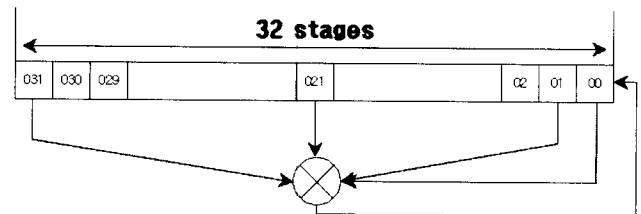


Fig. 17 Hop sequence generator

4.3.2 프레임 주파수 �핑

각 프레임에서 사용하는 주파수는 다음 그림18과 같이 결정된다. 첫째, 도약 순서 발생기에서 만들어진 32bit 값을 16으로 나눈 나머지 값을 선정한다. 둘째, 선정된 나머지 값에 0에서 15 사이의 Offset 값을 더한 후 다시 16으로 나눈 나머지 값을 선정한다. 셋째, 결과 값을 주파수 테이블의 인덱스로 사용하여 주파수 값을 사용한다. 넷째, 모든 Control 프레임은 Offset 값을 '0'으로 사용한다.

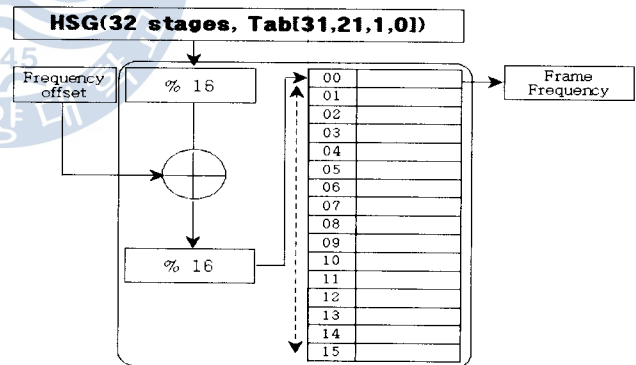


Fig. 18 Frame frequency mapping

주파수 테이블의 주소를 결정함에 있어 0~15까지 Offset 값을 사용하여 도약 순서 발생기에서 생성된 주파수 값과 서로 다른 주파수를 생성할 수 있다. 이와 같은 방법을 이용하여 각 Slave에서는 독자적으로 동일 프레임 시간대에서도 Master와 다른 주파수를 사용할 수 있게 된다.

4.3.3 주파수 Diversity 및 시간 Diversity

2.4GHz 대역의 주파수에서는 페이딩이 심하여 고품질 오디오 전송이 매우 어려우므로 디지털 멀티미디어 방송 신호의 품질을 유지하기 위해서는 Diversity가 매우 효과적이다. 그러

므로 동일 슈퍼 프레임 내의 Payload 프레임 나누어 동일한 멀티미디어 정보를 중복하여 전송하면 시간 Diversity 효과를 얻을 수 있다. 그러나 동일 주파수를 사용하면 Diversity 효과가 떨어지므로 주파수를 바꾸는 것이 필요하여 매 프레임마다 다른 주파수를 사용하는 것이 유리하다. 도약 순서 발생기에서는 슈퍼 프레임 단위로 새로운 값을 생성하므로 동일한 슈퍼 프레임 내의 Payload 프레임들이 서로 다른 주파수 값을 갖게 하기 위해서는 각각의 Payload 프레임을 서로 다른 Offset 값을 적용하여 사용하면 주파수 와 시간 Diversity를 동시에 수행 할 수 있다.

4.4. 시스템 상태도

개인 서비스 융합 프로토콜은 Master와 Slave 동작에 필요한 단계는 표 6과 같이 10단계의 상태를 가지는 유한 상태 머신으로 표현될 수 있다.

Table 6 Description of states

State	Description
Not Initialized	초기화되기 전 상태
Initialized	초기화가 완료된 상태, Master 와Slave를 결정
Normal Master Sync	Normal 네트워크 사이클의 Master로 동작
Fast Sync Master Sync	Fast Synchronization 네트워크 사이클의 Master로 동작
Scanning	Master와 동기화 되는 상태
Normal Slave Sync	Master와 동기화 이후 Normal 네트워크 사이클의 Slave로 동작
Fast Sync Slave Sync	Master와 동기화 이후 Fast Synchronization 네트워크 사이클의 Slave로 동작
Passive Sounding	Master가 Passive Sounding을 하는 상태
Master Static Sounding	Master가 Static Sounding을 하는 상태
Slave Static Sounding	Slave가 Static Sounding을 하는 상태

Master는 초기화 이후 Initialized 상태로 변경된다. 어떤 상태에 있든지 초기화를 수행하면 Master는 수행되던 일을 멈추고 Initialized 상태로 변경된다. 초기화가 이루어진 이후에 Master는 Passive Sounding 상태와 Normal/Fast Master Sync 상태로 변경 될 수 있다. Passive Sounding은 주파수의 신호세기를 측정하여 주파수를 선별하는 상태로 Master는 필요에 의해 Passive Sounding 상태로 변경하는 것을 선택할 수 있다. Normal/Fast Master Sync상태로 변경된 이후에 Master는 동기신호를 송신하게 된다. 이 상태들에서 Master는 Master와 동기화된 Slave와 통신이 가능하다. Master Sync 상태에서는 Master/Slave간의 특별한 통신에 의해서 주파수를 선별할 수 있는 Static Sounding 상태로 변경될 수 있다. Static Sounding 상태에서는 Master/Slave간의 사용자 통신은 불가능하다. Static Sounding 상태는 사용자의 필요에 의해 선택 가능하다.

가능하다.

Slave는 Master와 초기화 이후에 Initialized 상태로 변경된다. 마찬가지로 어느 상태에서도 초기화를 수행하면 Initialized 상태로 변경된다. 초기화 이후에 Scan 과정에서 Master와 동기화를 수행한다. Master의 동기정보를 획득한 경우에는 Master와 동기화되어 Normal/Fast Slave Sync 상태로 변경되고, 동기정보를 획득하지 못한 경우에는 다시 초기화 상태로 변경된다. Master와 동기화되어 Normal/Fast Slave Sync 상태로 변경된 이후부터 Slave는 Master와 통신이 가능하게 된다. Master의 Static Sounding 요청을 수신하면 Static Sounding 상태로 변경하여 Static Sounding을 수행하게 된다.

개인 서비스 융합 프로토콜의 Master와 Slave의 상태도는 그림 19에 표현되어있다. 실선으로 표시된 부분이 Master, 점선으로 표시된 부분이 Slave의 상태변화를 나타낸다.

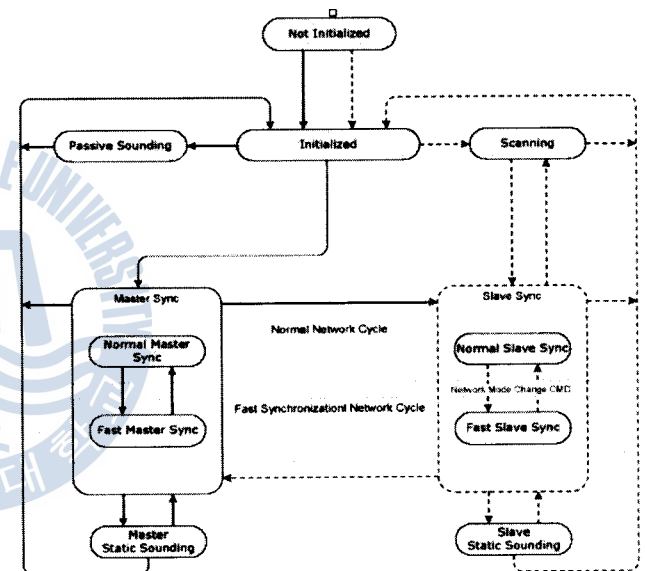


Fig. 19 Map of state

5. 결 론

미래 정보화 사회는 사람들의 이동성이 증가하면서 무선 서비스의 요구가 급격히 증가, 동시에 실시간 멀티미디어 전송이 가능한 전송속도의 증가가 절실히 요구되고 있다. 무선기술의 발전에 따라 전송속도의 증가는 매우 빠른 속도로 개발이 이루어지고 있으나, 무선 사용자의 증가로 인한 상호간섭을 극복하는 문제는 아직 쉬운 해결책이 제시되지 않고 있다. CDMA 방식은 사용자 간의 간섭을 효과적으로 제거하는 특성이 있으나, 시스템의 구조가 복잡하여 보편적인 응용분야에서는 가격 경쟁력이 없어 사용할 수 없는 단점이 있다.

Binary CDMA 기술은 종래의 CDMA 성능을 보유하면서 외형은 TDMA와 동일하여, 성능경쟁력과 가격경쟁력을 동시

에 보유하고 있으므로, 미래사회에서 이동통신의 수요가 급격히 증가하여 보편적인 무선 서비스가 확대되는 상황에서 국제적인 경쟁력을 갖출 수 있는 기술이다. 이미 상품화가 완료된 안정적인 TDMA RF 모듈을 이용하여 우수한 성능의 CDMA 시스템 개발이 가능하므로 빠른 속도로 응용 제품을 시장에 선보일 수 있다.

현재 Bluetooth RF 모듈을 이용한 Retaw-1 단계는 기술개발이 완료되어, 사용자당 180Kbps의 무선 데이터 전송이 가능하므로 무선 MP3 라디오, 다채널 무선전화기, 무선 인터넷, 양방향 그룹 무전기, 다국어 무선안내 시스템, 등의 응용 제품 개발에 사용될 수 있고, 사용자가 밀집하여 상호간섭이 심한 환경에서의 무선데이터 전송이 가능하므로 무선 시리얼 포트, 무선 텔레메트리, 무선 스마트 카드 등의 응용분야에 적용될 수 있다.

System for Transmitting the High Rate Data, The 6th CDMA International Conference

- [12] Cheol Yong Ahn, Chi Hun Ahn, Seung Moon Ryu and Dong Ku Kim, 2002: Performance of the Multi Phased MC-CDMA System with Nonlinear Amplifier, WCNC 2002
- [13] 홍인기, 안무건, 이원문, 류승문, 2002(4): MP/CDMA를 위한 신호 성상 설계, JCCI 2002 VI-A.4
- [14] 김성필, 김명진, 안호성, 류승문, 2002(4): CS-CDMA 시스템을 위한 정 포락선 부호화 방식, JCCI 2002 VI-A.2

원고접수일 : 2009년 12월 15일

원고채택일 : 2010년 02월 19일

참 고 문 헌

- [1] 류승문, 2002(4): Binary CDMA 기술 및 응용분야 소개, JCCI 2002 Tutorial IV
- [2] 류승문, 김제우, 문장식, 김호성, 2001: PW/CDMA와 DS/CDMA의 성능 비교, 11th JCCI
- [3] 안호성, 류승문, 나성웅, 2002(4): Binary CDMA 소개, JCCI 2002 VI-A.1
- [4] J. K. Oh, S. P. Kim, M. J. Kim, H. S. Ahn, and S. M. Ryu, 2002(1): Orthogonal Multi-code CDMA Systems with Constant Amplitude Transmission Based on Level Clipping and Pulse Width Modulation, Proc. ICOIN'2002
- [5] S. P. Kim, J. K. Oh, M. J. Kim, H. S. Ahn, and S. M. Ryu, 2002(1): On the selection of code set for binary multi-code CDMA system, Proc. ICOIN'2002
- [6] 류관용, 박용완, 안호성, 류승문, 2002(4): 이진 부호화된 PW/CDMA에서 Clipping Error 분석과 에러 제거 알고리즘에 대한 연구, JCCI 2002 VI-A.3
- [7] 정민우, 김용철, 문장식, 류승문, 2002(4): Binary CDMA 시스템에서의 채널 전송 성능 측정, JCCI 2002 VI-A.5
- [8] 전성식, 이경규, 김환우, 안호성, 류승문, 2002(4): PW/CDMA를 이용한 차량 다중 배선 시스템, JCCI 2002 VI-A.6
- [9] 최정민, 이재홍, 2002(6): 이진 레벨 클리핑 multi-code PW-CDMA 시스템을 위한 적응역확산수신기, 2002년도 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp.13-16
- [10] 안철용, 안치훈, 김동구, 류승문, 2001: 고속데이터 전송을 위한 Multi-Phased MC-CDMA 시스템의 제안 및 성능 분석, 한국통신학회 논문지, Vol.26, No.12
- [11] Cheol Yong Ahn, Dong Ku Kim, Chi Hun Ahn, and Seung Moon Ryu, 2001(11): Multi Phased MC-CDMA

