

〈主 題〉

5MHz 대역폭을 갖는 ETRI Wideband CDMA 시스템의 물리계층 (Physical layer of ETRI wideband CDMA with 5 MHz bandwidth)

방승찬, 박형래, 한영남, 임명섭,
이 현, 한기철, 박항구
(한국전자통신연구소)

□ 차 례 □

I. 서 론
II. 링크구조

III. 물리계층의 특
IV. 결 론

요 약

본 논문에서는 한국전자통신연구소가 개인통신서비스 시스템 규격으로 제안한 4.3008Mcps 광대역 CDMA의 물리계층을 소개한다. 제안된 물리계층은 28×2ⁿ 길이의 Hadamard 코드를 사용하여 5MHz 대역에 적합하게 설계되었다. 여기서는 13kbps CELP를 주 보코더로 채택했고 32kbps ADPCM도 채택할 수 있다. 역방향 링크에 버스트 파일럿 방법이 제안되었고, 이것은 연속 파일럿 방식에 비해 용량 증가를 가져온다. 또 시그널링이 많아질 경우에도 서비스의 품질을 유지하기 위하여 정보 데이터와 시그널링 데이터를 시간다중화하였고, 시그널링 활성도를 이용하는 것이 제안되어 용량을 증가시켰다. QPSK 데이터와 QPSK 확산, 가변 프레임크기, 코드쌍 할당 방법을 이용하여 정보데이터를 64 kbps까지 전송한다. 제안된 여러가지 방법들은 향후 FPLMTS의 요소 기술로도 이용될 수 있다.

Abstract

In this paper, the physical layer of 4.3008 Mcps wideband CDMA which is proposed as the standard of personal communication service system is introduced. It is designed to fit 5 MHz bandwidth by using 28×2ⁿ Hadamard code. 13 kbps CELP vocoder is chosen as the main one and 32 kbps ADPCM can

be applied. In the reverse link, the burst pilot scheme is proposed and produces the increase of capacity compared with the continuous pilot method. In order to maintain the service quality when the signaling data is increased, the information data and signaling data are time-multiplexed and making use of signaling activity brings the increase of capacity. QPSK data and QPSK spreading, variable frame size, and code pair assignment for high data rate are accomplished and then information data is transmitted up to 64 kbps. It is expected that the proposed techniques here are used in the FPLMTS.

I. 서 론

이동통신은 유선통신에 비해 이동하면서 서비스를 받을 수 있다는 성질 즉, 이동성의 장점이 있기 때문에 해가 지남에 따라 빠르게 발전하고 있다. 이 중 이동전화 통신은 이동통신의 총아로서 우리나라는 '85년 이동전화 서비스를 아날로그 방식인 AMPS (advanced mobile phone system)로 개통한 이후 증가하는 가입자를 수용하기 위하여 그동안 디지털 셀룰러 이동통신 시스템을 CDMA 방식으로 개발해왔고, 이것을 '96년부터 서비스한다. 그런데 이 두 시스템은 고속이동차량을 대상으로 개발된 시스템이어서 이용가격이 비싸다. 점차 이동통신 서비스가 보편화되면서 서비스 대상이 고속차량뿐만 아니라 저속 보행자,

사무실 및 가정의 거주자로 확대되고 있다. 따라서 저렴한 사용요금, 고품질 음성, 그리고 고속데이터 서비스의 시스템이 요구되고 있는데, 이것이 개인통신 서비스 시스템이다. 현재 선진국들은 이런 흐름속에서 나름대로의 방향으로 이동통신을 발전시키고 있기 때문에 국제간의 서비스 호환성에 문제가 있을 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위하여 UN 산하의 ITU (international telecommunications union)에서는 FPLMTS(future public land mobile telecommunication system)라는 이름으로 국제통합표준을 추진하고 있다. 이렇듯, 앞으로의 이동통신은 각국이 추진하고 있는 개인통신서비스 시스템이 나름대로 성숙한 후에 FPLMTS로 통합될 것이라고 예상된다.

이동통신의 물리계층을 보면, 그것은 시스템비용, 주파수효율, 서비스의 종류, 가입자 수용능력, 셀환경, 통신채널환경 등을 고려하여 발달해 왔다. 우리나라는 디지털 셀룰러 시스템의 물리계층 규격으로 주파수효율 및 가입자 수용능력에 있어서 TDMA 방식보다 우수한 CDMA 방식을 채택하고 있다. 보편화된 서비스를 추구하는 개인통신서비스 시스템으로의 발전은 서비스의 종류, 셀환경, 통신채널환경의 변화를 의미한다. 서비스가 보편화됨에 따라 편리하고 다양한 서비스 종류가 요구되고 있고, 특히 데이터 서비스가 다양하게 요구되고 있으며 점차 그 전송속도도 고속화하고 있다. 각국에서 추진하고 있는 개인통신 서비스 시스템의 물리계층은 이런 변화 추세 속에서 미국은 CDMA, 유럽은 TDMA, 그리고 일본은 TDMA가 주류를 이루고 있다. 셀환경의 변화를 보면, 디지털 셀룰러 시스템이 매크로셀 중심인 반면 개인통신서비스 시스템은 마이크로셀 중심이다. 이에 따라 매크로셀에 적합한 1.2288Mcps CDMA 방식은 마이크로셀에서는 분해능력이 떨어져 가입자 수용능력의 저하가 생기므로 이것을 해결하기 위하여 칩속도가 1.2288Mcps보다 큰 CDMA 방식이 제안되고 있다. 보통 전자를 협대역 CDMA [1], 후자를 광대역 CDMA라 부르고 있다. 광대역 CDMA의 칩속도는 현재 4 - 20Mcps가 나와 있다 [2, 3]. 광대역 CDMA는 분해능력이 우수할 뿐만 아니라 고속 데이터 서비스도 쉽게 실현할 수 있다는 점에서 유리하다. 세계적으로도 이런 장점 때문에 FPLMTS의 규격으로 TDMA 방식보다 광대역 CDMA 방식을 선호하고 있다 [3]. 이런 점을 감안할 때, 현재 우리나라가 개인통신서비스 시스템의 물리계층 규격으로 협대역 혹은 광대역 CDMA로 결정한 것은 앞으로 전개될 개인통

신서비스 시스템뿐만 아니라 FPLMTS로의 발전에 있어서도 상당히 유리하다.

본 논문에서는 이런 추세 속에서 한국전자통신 연구소가 개인통신서비스 시스템을 위한 규격으로 제안한 4.3008Mcps의 광대역 CDMA 방식을 소개한다. 4.3008Mcps 칩속도는 보통 통신 사업자에게 할당되는 주파수 대역이 5 MHz의 배수가 되는 경우를 가정하여, H/W 복잡도를 고려해서 5 MHz에 적합하게 설계되었다. 이것을 맞추기 위하여 2^n (n은 자연수) 길이의 Walsh 코드 대신에 28×2^n 길이의 Hadamard 코드를 사용했다. 보코더(vocoder)는 보통 개인통신서비스에서는 톨음질(toll quality)이 요구되는데, 이에 맞는 것들이 대표적으로 파형코딩(waveform coding)으로는 32kbps ADPCM, 하이브리드코딩(hybrid coding)으로는 13kbps CELP가 있다. 가입자 수용능력은 서비스요금에 직결된 사항이다. 후자가 전자보다 2.5배 정도 그것이 우수하므로 여기서는 13kbps CELP를 주 보코더로 채택하고 있고 32kbps ADPCM도 실현할 수 있도록하였다. 데이터 서비스에 있어서는, 가변처리이득(variable processing gain) 방법을 사용하여 정보데이터를 64 kbps까지 전송할 수 있도록 하였다. 보통 시그널링 데이터의 발생빈도는 매우 작다. 서비스 중 빈도가 높은 경우는 핸드오버(handover)가 일어날 때이다. 기존의 협대역 CDMA는 매크로셀이 중심이기 때문에 서비스 중에 핸드오버가 발생할 확률이 작다. 그러나 마이크로셀인 경우는 확률이 커져서 기존 협대역 CDMA의 딤앤버스트(dim & burst) 방법으로 시그널링 데이터를 전송하면 서비스 품질을 떨어뜨린다. 더우기 향후 서비스가 다양화하고 멀티미디어화할수록 시그널링 데이터가 많아지는데, 이런 경우에는 더욱 문제가 발생한다. 여기서는 기존 협대역 CDMA 방법과는 달리 시그널링 데이터를 정보데이터와 시간다중화하여 지정채널(dedicated channel)로 전송함으로써 위 문제를 해결하였다. 또 음성 활성도(voice activity)를 이용하듯이 시그널링 활성도(signaling activity)를 이용함으로써 그렇지 않은 시스템에 비해 용량을 향상시켰다. 한편 기존의 InterDigital & Oki에서 고안한 광대역 CDMA[2]는 역방향 링크를 코히어런트(coherent) 방식을 사용함으로써 기존 협대역 CDMA[1]의 넌코히어런트(noncoherent) 방식에 비해 복조기의 복잡도를 줄였다. 그러나 이 방식은 음성의 존재유무에 관계없이 역방향 파일럿 신호를 항상 전송하기 때문에 이에 대한 간섭으로 인하여 넌코히어런트 방식에 비해 용량

이 감소한다. 따라서 여기서는 이 문제를 개선하여 역방향 파일럿을 트래픽 버스트와 시간 정렬시켜 버스트 형태로 보냄으로써 연속적인 방법에 비해 용량을 증가 시켰다. 위에 나열된 여러가지 특징들을 가지고 있는 이 물리계층은 향후 FPLMTS로도 쉽게 진화할 수 있도록 설계되었다.

본 논문의 순서로는 제2장에서 제안된 물리계층의 링크구조를 제시하고, 제3장에서 본 물리계층에 사용된 여러 특징들을 설명하고, 마지막으로 제4장에서 결론을 맺는다.

II. 링크구조

본 물리계층의 순방향 링크는 파일럿채널, 싱크채

널, 페이징채널, 그리고 트래픽채널로 구성되어 있다. 이들이 그림 1과 그림 2에 나타나 있다. 역방향 링크는 파일럿채널, 액세스채널, 그리고 트래픽채널로 구성되어 있고, 이들이 그림 3과 그림 4에 나타나 있다. 양방향의 트래픽채널은 먼저 정보 데이터와 시그널링 데이터가 시간다중화되어 구성된다. 다음에 여분비트(reserved bit), 시그널링 DTX ID(discontinuous transmission indicator), 전송속도비트(rate bit), CRC, 테일비트(tail bit), 그리고 제로패딩(zero padding)이 더해지고 심볼반복을 거친 후에 그것의 전송속도는 19.2, 38.4, 혹은 76.8 kbps가 된다. 역방향에서는 버스트 랜덤라이저(burst randomizer)를 거친 다음에 반복된 것이 제거된다.

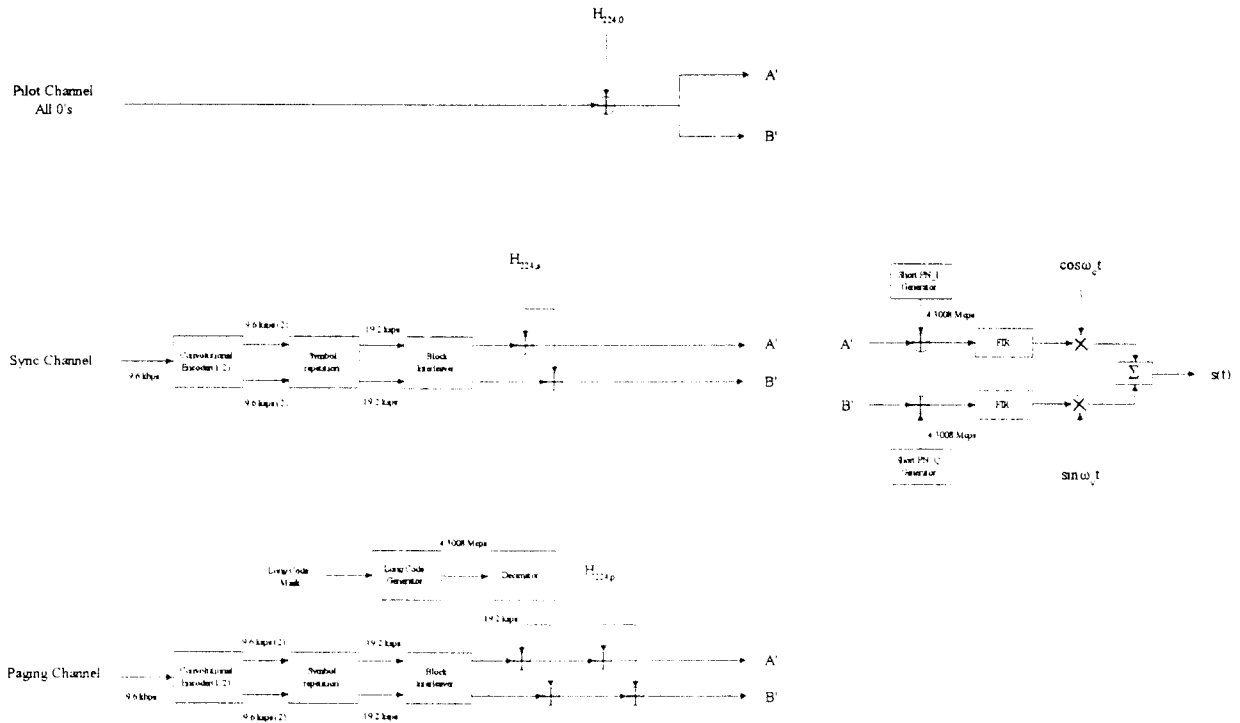


그림 1. 순방향 파일럿, 크, 페이징 채널 구조

Fig. 1. Structure of pilot, synch, and paging channels in the forward link.

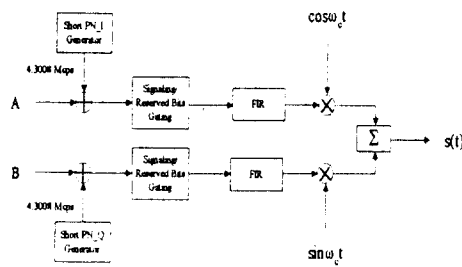
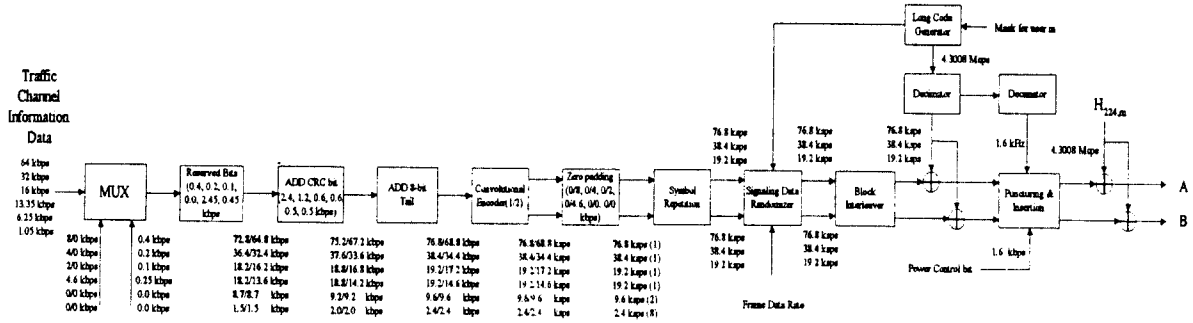


그림 2. 순방향 트래픽 채널 구조

Fig. 2. Structure of traffic channel in the forward link.

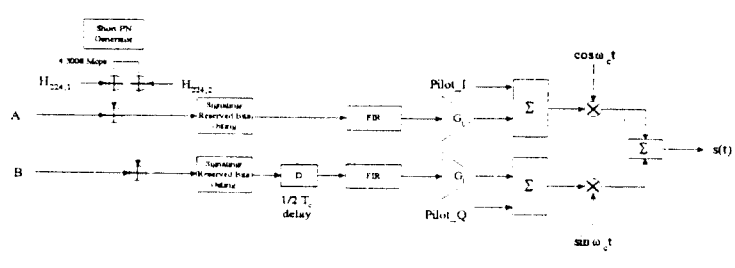
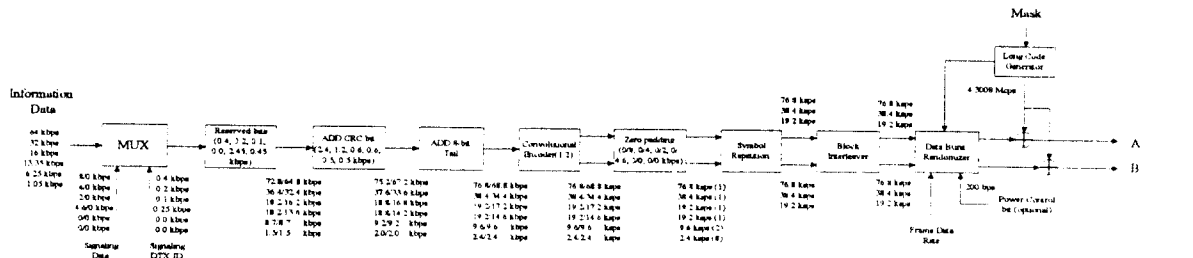


그림 3. 역방향 트래픽 및 파일럿 채널 구조

Fig. 3. Structure of traffic and pilot channels in the reverse link.

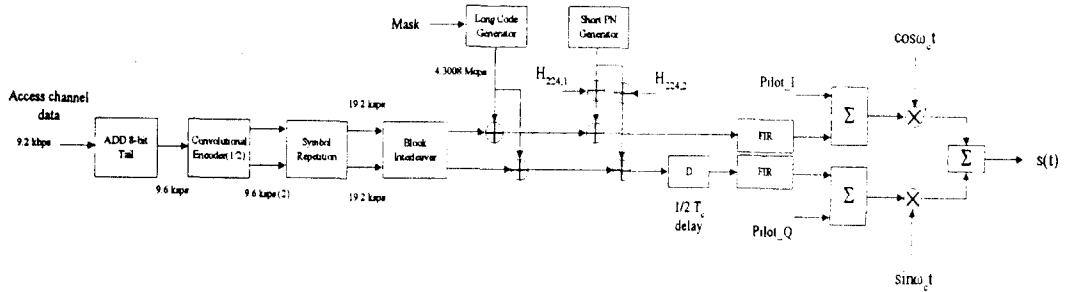


그림 4. 역방향 세스 채널 구조

Fig. 4. Structure of access channel in the reverse link.

III. 물리계층의 특징

3.1 28×2^n Hadamard 코드를 이용한 5 MHz 시스템

서비스 중에 시그널링 데이터가 가장 많이 필요한 순간은 핸드오버시이다. 무리없이 핸드오버를 하려면 보통 2 kbps 정도의 시그널링 데이터가 필요하다. 트래픽채널의 정보데이터율 중에서 2 kbps의 시그널링 데이터와 시간다중화되었을 때 대역폭에 영향을 가장 많이 미치는 것은 16 kbps이다. 이 정보데이터는 여분데이터를 제외하면 결국 19.1 kbps가 된다. 여기에 256길이의 Walsh 코드를 사용하면 $19.1 \times 256 = 4.8896$ Mcps가 되어서 기저대역이 5 MHz에 너무 근접하게 된다. 이 칩속도는 펄스성형필터의 복잡도 및 보호대역에 문제를 일으킨다. 이 문제를 해결하기 위하여 $224 = 28 \times 2^n$ 길이의 Hadamard 코드를 사용했다. 이때 여분데이터를 포함시켜 칩속도는 $19.2 \times 224 = 4.3008$ Mcps가 된다.

3.2 가변프레임 및 코드쌍을 이용한 76.8 kbps 실현

본 물리계층의 기본적인 전송속도는 19.2 kbps이다.

이때의 프레임 크기는 20ms이다. 38.4와 76.8 kbps의 프레임크기는 각각 10과 5ms이다. 프레임크기를 이렇게 전송속도에 따라 가변시킨 이유는 19.2 kbps의 20ms 인터리버 및 디인터리버의 메모리 크기로 더 높은 전송속도들도 운영함으로써 복잡도를 줄일 수 있기 때문이다. 19.2 kbps는 음성서비스의 전송속도로서 서비스의 빈도로 보아 주된 전송속도가 될 것이다. 물론 높은 전송속도에 대해서는 인터리버 간격이 줄어들기 때문에 상대적으로 더 높은 송신전력이 필요하다. 그러나 높은 전송속도의 데이터 서비스는 단말기의 이동속도가 큰 경우보다는 작은 경우가 많아질 것이므로, 이런 경우 인터리버 간격이 적당히 작아지는 것은 문제가 되지 않는다.

19.2 kbps를 기본으로하여 순방향에서의 38.4와 76.8 kbps는 Hadamard 코드쌍을 할당하고 차등전력제어(graded power control)로 운영된다. 이것이 그림 5에 나타나 있다. 38.4 kbps에서의 할당방법은 224개의 Hadamard 코드 중에서 i ($i=0, \dots, 111$)와 $i+224/2$ 번째의 코드를 할당 받아서 i 번째 것만 실제 사용한다. 76.8 kbps 경우는 i ($i=0, \dots, 55$), $i+224/4$, $i+224/2$, 그

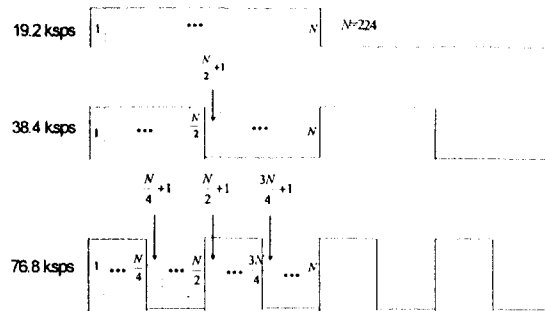


그림 5. 19.2, 38.4, 76.8 kbps에서 Hadamard 칩 삽입 방법.

Hadamard code assignment for 19.2, 38.4, and 76.8 kbps.

리고 $i+224 \times 3/4$ 번째의 코드를 할당 받아서 i 번째 것만 실제 사용한다.

3.3 3단계 가변음성

CDMA의 중요한 특징 중의 하나가 음성 활성도를 이용하여 용량을 증대시키는 것이다. 여기서는 이것을 이용하기 위하여 음성을 3단계로 가변시켰다. 기존 협대역 CDMA에서는 시그널링 데이터를 dim & burst로 전송하기 때문에 다양한 전송속도를 지원하기 위하여 4단계로 두고 있다. 그러나 여기서는 지정 시그널링 채널을 사용하기 때문에 음질에 관한한 3단계면 충분하므로 이렇게 하여 복잡도를 줄였다. 또 이것은 InterDigital & Oki의 광대역 CDMA에서의 2단계를 사용하는 것보다 주변환경 소리를 전달하는데 유리하다. 3단계 음성 정보속도는 13.35, 6.25, 1.05 kbps이다.

3.4 지정 시그널링 채널 및 시그널링 활성도 (signaling activity) 이용

보통 시그널링 데이터는 발생빈도가 매우 작다. 이것을 이용하여 협대역 CDMA에서는 시그널링 데이터를 dim & burst 방법으로 전송한다. 이 방법은 정보 데이터가 실시간 전송을 요구하지 않는 형태이면 큰 문제가 없으나, 음성이나 동영상 데이터와 같이 실시간 전송을 요구하면 서비스 품질이 떨어지는 문제가 발생한다. 또 향후 서비스가 다양화되어 시그널링 데이터가 빈번하게 발생하게 되면 이 문제는 더욱 심화된다. 이를 극복하기 위하여 시그널링 데이터 채널을 따로 마련하는 방법이 대두되고 있는데, 이것이 지정 시그널링 채널 방법이다. 여기서는 정보데이터와 시그널링 데이터를 시간다중화하고, 시그널링 활성도를 이용한다. 즉, 시그널링 데이터가 무효한 구간의 위치를 전송 상에서 불규칙화하고 그 구간의 전송 파워를 제거한다. 이것은 시그널링 활성도를 이용하지 않는 시스템에 비해 거의 시그널링 데이터가 차지하는 주파수만큼 용량 증가를 가져온다.

순방향에서 시그널링 데이터의 위치를 불규칙하게 만드는 것은 그림 2를 보면 시그널링 데이터 랜더마이저(signaling data randomizer)가 하고, 역방향에서는 그림 3을 보면 버스트(burst) 랜더마이저가 한다. 전송파워를 제거하는 것은 FIR 필터 전에 있는 signaling data gating의 출력 값을 +1, -1, 혹은 0 (파워없음)로 함으로써 이루어진다.

3.5 역방향 링크의 버스트 파일럿

역방향의 년코히어런트 방식은 트래픽 데이터를 이용하여 전력제어한다. 지정 시그널링 채널과 시그널링 활성도를 이용하는 경우에는 이것이 어렵다. 따라서 기준신호 역할 뿐만 아니라 이 경우 전력제어를 위해서도 역방향에 파일럿이 필요하다. 또 역방향에 파일럿을 두는 것은 그렇지 않은 것에 비해 복조기가 간단해진다. 그러나 InterDigital & Oki의 광대역 CDMA에서와 같이 음성의 존재유무에 관계없이 역방향 파일럿을 항상 보내는 방법은 파일럿에 의한 간섭의 증가로 인하여 년코히어런트 방법에 비해 용량이 감소한다. 여기서는 이런 문제를 개선하기 위하여 파일럿을 필요한 순간에만 전송하는 버스트 파일럿 전송 방법을 사용한다. 그림 6은 이 방법을 나타낸다. 3단계의 가변 음성속도중에 1.05 kbps에 대해서만 이 방법을 적용한다. 그림에서와 같이 파일럿 신호를 복조하고자 하는 트래픽 버스트에 M_p 비트 만큼 앞서 전송하고 파일럿 버스트 중 M_o 비트를 트래픽 버스트와 겹치도록 전송한다. M_p 및 M_o 의 크기는 적용하는 시스템에 따라 변할 수 있다. 이 방법에 따른 용량은 대략 년코히어런트 방식의 그것과 유사하다.

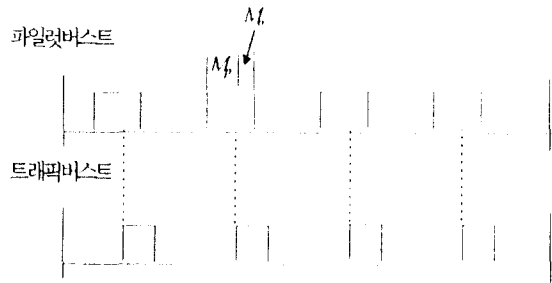


그림 6. 프레임 내의 버스트 파일럿 전송방법.

3.6 QPSK 데이터와 QPSK 확산 (QPSK/QPSK)

협대역 CDMA는 BPSK/QPSK, InterDigital & Oki의 광대역 CDMA는 QPSK/BPSK 방법을 취하고 있다. QPSK/BPSK 방식은 BPSK/QPSK 방식에 비해 전송속도를 2배로 증가시킬 수 있으나 I/Q 채널 간섭으로 인해 성능이 대략 0.5dB 정도 저하된다. 여기서는 QPSK/QPSK 방식을 채택하여 전송속도는 QPSK/BPSK와 같고, 성능은 BPSK/QPSK와 유사하도록 설계하였다.

3.7 짧아진 긴 코드 (shortened long code)와 잘려진 짧은코드 (truncated short code)

사용되는 확산 코드는 순방향에서 스크램블링용으

로 2^{n-1} 길이의 긴 PN(pseudo noise) 코드가 사용되는데, 절대시간에 의존하는 것을 없애기 위하여 이중 20ms에 해당하는 구간 (86016 칩)이 반복적으로 사용된다. 각 사용자는 ESN(electronic serial number)과 시스템 시간에 의해 결정되는 마스크를 통해 시작점이 구분된다. 순방향에서 I/Q 확산코드로 2^{n-1} 길이의 PN 코드 두개가 사용되는데, 이들도 20ms에 해당하는 구간으로 쪼갬다. 역방향에 사용되는 긴코드는 순방향과 마찬가지로 사용되고, I/Q 확산코드로 쪼갬진 짧은코드 하나와 Hadamard 코드 두개를 사용한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 한국전자통신연구소가 개인 통신 서비스 시스템 규격으로 제안한 4,3008 Mcps의 광대역 CDMA의 물리계층을 소개하였다. 이것은 28×2^n 길이의 Hadamard 코드를 사용하여 5 MHz 대역에 맞게 설계되었고, 협대역 CDMA에 비해 마이크로셀에서 분해능력이 우수하여 용량 증가를 가져온다. 역방향 링크에 버스트 파일럿 방법이 제안되었고, 이것은 연속 파일럿 방식에 비해 용량 증가를 가져올 수 있다. 시그널링이 많아질 경우에도 서비스의 품질을 유지하기 위하여 정보 데이터와 시그널링 데이터를 시간다중화하였고, 시그널링 활성도를 이용하여 용량이 20% 증가했다. 여기서는 13 kbps CELP를 주 보코더로 채택했고 32 kbps ADPCM도 채택할 수 있도록 하였다. 또, QPSK 데이터와 QPSK 확산, 가변 프레임 크기, 코드쌍 할당 방법을 이용하여 정보데이터를 64 kbps까지 전송할 수 있도록 하였다. 이 물리계층에서 제안된 여러가지 방법들은 향후 FPLMTS의 요소 기술로도 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Radio system characterization for the proposed IS-95 based CDMA PCS standard, Qualcomm, Nov. 1994.
 [2] Proposed wideband CDMA PCS standard, InterDigital & Oki, Jan. 1995.
 [3] A. Baier, U. C. Fiebig, W. Granzow, W. Koch, P. Teder, and J. Thielecke, "Design study for a CDMA-based third-generation mobile radio system," IEEE Jour. on Selected Areas in

Communications, vol 12, no. 4, pp. 733-743, May 1994.

[4] K. L. Gilhousen, I. W. Jacobs, R. P. Padovani, A. J. Viterbi, L. A. Weaver, Jr., and C. H. Wheatley III "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE trans. on Vehicular Technology, vol. 40, no. 2, pp. 303-312, May 1991.
 [5] A. J. Viterbi, CDMA principles of spread spectrum communication, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.



방 승 찬

- 1984년 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1986년 : 서울대학교 공과대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
- 1994년 : 서울대학교 공과대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
- 1985년 : 삼성중앙연구소
- 1986년 : 디지털정보통신연구소
- 1994년 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 이동통신기술 연구팀 이동통신방식연구실



한 영 남

- 한국전자통신연구소 이동통신방식연구실장



이 현

- 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 이동통신 기술연구부장



방 항 구

- 한국전자통신연구소, 이동통신기술연구단장



한 기 철

- 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 이동통신 계통연구부장

박 형 래

- 1982년 : 한국항공대학 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1985년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
- 1993년 : Syracuse Univ. (미) 전자공학과 졸업 (공학박사)
- 1985년 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 이동통신기술 연구단 이동통신방식연구실

임 명 섭

- 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 신호처리 연구실장