

CDMA를 이용한 양방향 LMDS 역방향 채널구조

임 형 래[†] · 박 솔[†] · 조 병 록^{††}

요 약

본 논문에서는 양방향 LMDS(Local Multipoint Distribution Services)의 역방향 채널에 CDMA(Code Division Multiple Access)를 적용하기 위한 CDMA 역방향 채널구조로 시분할 다중화된 파일럿을 각 사용자마다 할당받아서 동기복조를 하는 방식을 제안한다. 제안한 방식은 역방향 CDMA 채널에서 파일럿 채널을 이용한 동기방식의 변복조를 적용하여 비동기 방식에 의한 성능열화를 개선함과 동시에 파일럿 채널에 의한 간섭량을 최소로 줄인다. CDMA 역방향 채널에 동기를 위한 파일럿을 사용하면 파일럿에 의해 간섭이 증가하고 채널용량이 감소하기 때문에 파일럿의 간섭량을 최소로 줄이는 것이 상당히 중요하다. 파일럿을 사용하지 않는 비동기 방식과 연속된 파일럿을 사용하는 동기방식과 제안한 방식의 세 가지 역방향 채널 방식에 대해 비교, 분석하였다. 그 결과 제안된 파일럿 채널이 다른 두 경우에 비해 상당한 용량의 증가를 보이는 것을 확인하였다.

Upstream Channel Structure for Bidirectional LMDS using CDMA

Hyung-Rae Lim[†] · Sol Park[†] · Byung-Lok Cho^{††}

ABSTRACT

In this paper, we propose the method using coherent detection with time division multiple pilot signal for each users in reverse CDMA channel as the structure of reverse CDMA channel to apply CDMA to upstream channel of bidirectional LMDS. By using coherent detection with pilot signal in reverse CDMA channel, capacity can be improved when compared with noncoherent detection, but it is required to allocate pilot signal for all user. And then interference is increased due to allocate continuously the pilot signals. In this case channel capacity is decreased. The method of pilot allocation is needed that reduce this interference and keep synchronization effect using coherent detection. In the reverse link, the pilot allocated to each users at different time and not overlapped is possible solution for it. This pilot is proposed and analyzed its performance and capacity. The result is that proposed method has more increased capacity compared with others.

1. 서 론

현재 DAVIC(Digital Audio-Visual Council)에서 제안

하는 LMDS 시스템의 하향 채널은 TDM(Time Division Multiplex) 방식을 사용하고 상향 채널은 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식을 사용한다[1]. 본 논문에서는 하향 채널에는 TDM 방식을 그대로 적용하고 상향 채널에는 CDMA 방식을 적용하여 채널을 구성할 경우에 CDMA 역방향 채널은 하향 채널의 TDM 프레임틀을 기준으로 상향 CDMA 슬롯을 구성하여 전송

* 본 논문은 정보통신부의 대학기초 연구지원 사업비에 의하여 연구되었음.

† 정 회 원 : 순천대학교 대학원 전기공학과

†† 정 회 원 : 순천대학교 전자공학과 조교수

논문접수 : 1998년 8월 12일, 심사완료 : 1998년 12월 15일

하는 것으로 가정한다. 대역확산 기술은 디지털 셀룰러 시스템의 하나로 사용되어지고 있으며, 이와 관련된 CDMA 표준으로는 IS-95와 W(Wideband)-CDMA 등이 있다. IS-95에서는 역방향 링크에 비동기 복조를 사용하며, 이에 의해 채널의 용량이 제한을 받게 된다. 비동기 복조에 비해 동기복조를 사용하는 경우 2~3dB 정도의 성능 개선이 가능하다[2]. 동기복조를 하기 위해 파일럿을 적용하게 되는데 이러한 파일럿을 적용하는 방법으로는 W-CDMA에서와 같이 파일럿 채널을 따로 두는 방식과 프레임 내에 파일럿 심볼 또는 비트를 넣어 동기화를 위해 사용하는 방식 등이 있다. 파일럿 심볼을 두는 동기 방식은 동기복조를 수행하는 동안 파일럿 신호가 채널 상태에 따라서 양호하지 않을 수도 있기 때문에 동기복조시에 문제가 발생할 수 있는 가능성이 존재한다. 반면 파일럿 채널을 사용하는 방식은 모든 가입자들마다 파일럿 채널을 할당하여야 하며, 이렇게 파일럿 채널을 할당하게 되면 역방향 채널에 상당한 간섭을 일으키게 된다. 이로 인하여 채널 용량이 감소하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 역방향 링크에서 파일럿 채널의 간섭량을 줄일 수 있는 방법이 요구된다. 연속적인 파일럿 채널을 사용할 경우, 파일럿 채널에 의한 간섭량은 사용자가 증가함에 따라 비례적으로 증가하게 되고 채널의 용량을 저하시키는 주요인으로 작용하게 된다. 음성이나 데이터를 전송하는 역방향 채널에서는 채널의 활성 구간과 비활성 구간이 존재하고 LMDS와 같이 ATM 기반의 전송에서는 불연속적인 데이터의 발생이 예상되므로 이에 맞게 파일럿 채널에 의한 간섭량을 줄일 수 있도록 파일럿 채널을 할당한다면 연속적인 파일럿을 사용하는 경우보다 용량이 증가할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 파일럿 채널에 의한 간섭량을 최소로 줄임과 동시에 동일한 동기 성능을 얻을 수 있는 파일럿 채널구조를 제안하고자 한다.

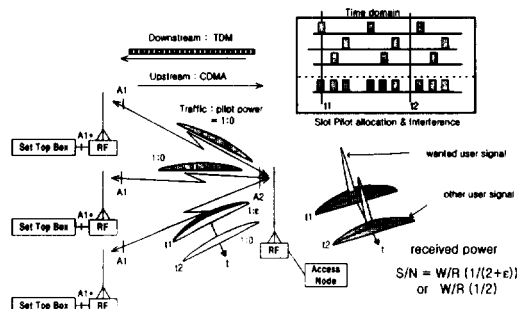
이 논문의 2장에서는 제안한 파일럿 채널의 개념과 구조를 다루고 3장에서는 각각의 파일럿 채널 할당 방식에 따른 채널 용량에 대해 비교하였다. 4장에서는 각각의 모델에 해당하는 파일럿 채널의 성능을 분석하고 5장에 결론으로 앞에서 다루었던 내용을 분석 정리하였다.

2. 파일럿채널

2.1 파일럿 채널과 간섭량

CDMA의 역방향 채널에서 파일럿을 사용하는 동기

복조에서는 파일럿 신호를 이용하여 동기를 맞추게 된다. 이렇게 파일럿을 사용할 경우 기지국의 복조기에서 필요로 하는 E_b/N_0 값을 비동기 방식보다 상대적으로 낮게 할 수 있지만 각 사용자에게 할당된 파일럿 채널로 인해서 기지국이 수신하는 신호의 간섭량이 증가하게 된다. 즉 역방향 채널에서 파일럿은 채널간섭의 주원인이며 요량을 감소시킨다. 음성이나 데이터를 전송하는 역방향 채널에서는 채널의 활성 구간과 비활성 구간이 존재하고 LMDS와 같이 ATM 기반의 전송에서는 불연속적인 데이터의 발생이 예상되므로 이에 맞게 파일럿 채널을 구성하여 파일럿 채널에 의한 간섭량을 줄일 수 있을 것이다. 이러한 방식으로 역방향 채널에 각 사용자마다 파일럿 채널을 겹치지 않게 시분할해서 할당하게 되면 간섭량은 하나의 파일럿 채널에서 발생하는 간섭만 받게 되므로 파일럿 채널에 의한 간섭을 일정한 크기로 줄일 수 있게 된다. 이는 각 사용자마다 시분할 다중 방식으로 파일럿 채널의 시간 슬롯을 할당하는 방식이다. 즉 이를 개념상 Slot 파일럿이라고 부를 수 있을 것이다. Slot 파일럿은 정보채널과 병렬로 존재하는 파일럿 채널을 사용한다. 즉, Slot 파일럿은 신호와 파일럿에 각기 다른 확산 채널이 할당된다. Slot 파일럿의 전송 전력은 최적의 동기 성능을 유지할 수 있을 정도의 크기를 유지하게 된다. 매 프레임 간격을 주기로 적정 동기성능을 유지할 수 있게 다이나믹하게 슬롯을 할당받아 전송한다. 그리고 채널의 상태에 따라 다른 간격과 주기로 슬롯을 할당하여 채널 상태에 가장 적절한 파일럿 채널을 할당하는 구조를 갖는다. 이러한 구조로 파일럿을 할당하여 사용할 때 발생하는 간섭의 개념적인 형태를 (그림 1)에 보였다.

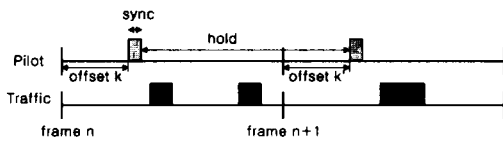


(그림 1) 파일럿 신호에 의한 간섭
(Fig. 1) Interference from pilot signal

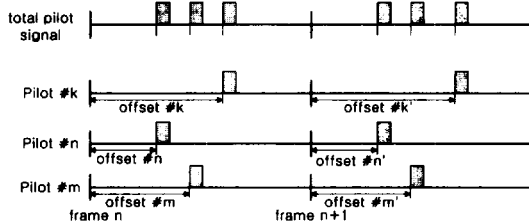
(그림 1)에서 보면 파일럿 할당이 이상적으로 제어 되었다고 가정하였을 경우에 파일럿에 의한 최대 간섭량은 한 개의 파일럿에서 발생하는 간섭량이 되며 파일럿이 할당되지 않는 구간에서는 파일럿에 의한 간섭량이 없는 채널 상태를 보인다. 그리고 이러한 파일럿에 의한 간섭도 RS 코드나 인터리버 등의 채널 코딩을 적용하면 파일럿에 의한 연접에러성분이 확산되어 복조시에는 가우시안 특성의 분포를 나타내기 때문에 전체적으로 일정한 에러 성능을 유지할 수 있게 된다.

2.2 파일럿 채널의 할당 구조

(그림 2)에는 파일럿의 할당 구조를 보였다. 시분할 개념으로 각 사용자는 상향 프레임의 주기를 기준으로 하는 서로 다른 옵셋을 할당받고 파일럿에 의해 동기가 맞게 되면 이를 유지하여 트래픽 채널의 동기신호로 사용한다. 이는 고정 무선 통신인 LMDS의 상향 채널을 전제로 한 설계이다. 그리고 이동통신에서는 이러한 동기방식을 사용하기 위해서는 파일럿이 이동체의 움직임에 의한 위상변화 등을 고려하여 고정 무선통신환경보다 더 빈번하게 유지하거나 동기 구간에 해당하는 슬롯 크기를 더 넓게 할당하여야 한다[3]. 프레임 내에 할당받은 트래픽 슬롯이 없는 경우에도 파일럿은 계속 유지하여 각각의 동기를 계속 유지하여 최적의 채널환경을 유지하기 위한 정보를 교환하게 된다.



(그림 2) 파일럿 신호의 슬롯 할당 구조
(Fig. 2) The structure of pilot allocation in frames



(그림 3) 각 사용자의 파일럿 할당과 전체 수신 파일럿 신호
(Fig. 3) Each users' pilot and total received pilot signal

각 사용자는 겹치지 않게 자신의 파일럿 옵셋을 할당받는다. 각 파일럿은 섹터 내의 최대 전송 지연값을 고려하여 할당하게 된다. 그러므로 시간적으로 각 파일럿은 겹치지 않게 유지할 수 있다. 프레임 단위로 파일럿을 할당한다고 할 때 할당 가능한 파일럿 옵셋의 개수는 사용하는 동기방식의 PN 코드 추적시간과 동기추적시간, 최대 전송지연시간 등과 관련이 있다. 프레임 주기가 T이고 PN 코드 추적시간이 t1, 동기추적시간이 t2, 최대 전송 지연시간이 t3라고 할 때 사용자에게 할당 가능한 최대 옵셋 개수, M는 T/(t1+t2+t3+α)가 된다. 여기서 α는 동기성능의 여유도를 나타낸다. 즉, 파일럿의 슬롯 크기는 동기 회로의 성능과 최대 전송 지연시간에 반비례관계를 갖게 된다. 동기성능의 향상이나 서비스반경의 축소에 따른 최대 전송 지연시간의 감소에 의해 파일럿 슬롯의 크기를 줄일 수도 있고 역방향 채널의 용량을 증가시키는데 기여할 수 있을 것이다.

TDMA 방식을 적용한 LMDS의 역방향 채널은 53 바이트의 ATM 셀을 RS(63,53) 코드로 채널 코딩하고 전송지연을 고려하여 1바이트를 추가하고 동기를 위해 4바이트의 변조하지 않은 동기 바이트를 포함하여 총 68바이트를 상향 프레임으로 구성하였다. 그러나, 역방향 채널에 CDMA를 적용할 경우에는 동기를 위해 파일럿 채널을 사용할 수 있기 때문에 파일럿 신호를 적용하는 경우에는 동기를 위한 4바이트는 제거 가능하다. 그러므로 상향 프레임의 구조상 약 6.25% 정도의 프레임 효율이 증가하는 부수적인 효과를 얻을 수 있다.

3. 역방향채널용량

3.1 파일럿의 적용 방식에 따른 역방향채널용량

역방향 파일럿 신호의 활성율, p는 프레임의 옵셋 개수의 역수와 최대 프레임 폭 중에서 파일럿에 할당된 슬롯의 비율을 곱한 것과 같다. 즉,

$$p = \frac{\omega}{M} \tag{1}$$

C가 트래픽과 파일럿 전력의 합이고, N_u가 셀의 사용자수, R이 정보전송속도, 그리고 W가 대역폭이라고 하면, 다음 수식을 구할 수 있다[4].

$$\frac{C}{(N_u - 1)C} = \frac{RE_p d(1 + \alpha p/d)}{WN_t} \tag{2}$$

여기서 α 는 트래픽과 파일럿 비트간의 에너지 차 성분이다. 만약 파일럿 비트 에너지가 트래픽 비트 에너지의 -6dB가 된다면 $\alpha=1/4$ 가 된다. 이를 다시 사용자 수에 대해서 정리하면,

$$N_u - 1 = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b/N_t} \frac{1}{d \left(1 + \frac{p}{4d}\right)} \quad (3)$$

[4]에서 제안된 버스트 파일럿에서는 역방향 파일럿 활성률, p가 d와 같게 파일럿을 할당하는 경우로 다음과 같이 구하여진다.

$$N_u - 1 = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b/N_t} \frac{1}{d} \frac{1}{1.25} \quad (4)$$

만면, 연속적인 파일럿 신호에서는 p=1이 되며, d=0.4인 경우에 식 (3)으로부터

$$N_u - 1 = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b/N_t} \frac{1}{d} \frac{1}{1.25} \frac{1}{1.3} \quad (5)$$

여기서 연속적인 파일럿 신호를 사용하는 경우보다 버스트 파일럿을 사용하는 경우의 역방향 채널의 용량이 약 30% 증가한다.

수식 (1)을 (3)에 대입하면

$$N_u - 1 = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b/N_t} \frac{1}{d} \frac{1}{1.25} \frac{1}{0.8} \quad (6)$$

Slot 파일럿의 경우로 [4]의 버스트 파일럿보다 약 25% 정도 용량이 증가하고, 연속적인 파일럿보다는 약 60% 정도의 용량이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고 [4]에서 버스트 파일럿에 신호 활성률을 사용한 경우 신호 활성률을 사용하지 않는 경우보다 용량이 약 20% 증가하기 때문에 이와 비교시에는 5%의 용량증가가 있다는 것을 알 수 있다.

4. 역방향 채널 성능분석

제안된 채널의 성능을 분석하기 위해서 세 가지 채널모델을 가정하였다. 역방향 CDMA 트래픽 채널에서 파일럿 채널을 사용하지 않은 경우와 연속적인 트래픽 채널을 사용하는 경우, 그리고 Slot 파일럿 채널을 사용한 세 가지 경우에 대한 채널의 성능을 분석하였다.

4.1 신호대 잡음비에 따른 채널 용량

단일 셀 시스템의 파일럿 채널이 존재하지 않는 역방향 채널에서 수신 신호의 신호 대 잡음비는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{N_t} &= \frac{W}{R_b} \frac{S_{traf}}{(N_u - 1)S_{traf} + \eta} \\ &= \frac{W}{R_b} \frac{1}{(N_u - 1) + \eta/S_{traf}} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, S_{traf} 를 기지국에서 수신한 트래픽 채널의 사용자 전력, N_u 는 사용자수, η 는 배경잡음이다. E_b 는 단위 비트당 신호전력이고, R 은 신호의 비트율이다. N_0 는 주파수당 잡음을 나타내며, W 는 확산 채널의 대역폭이다

연속적인 파일럿 채널을 사용하는 역방향 채널의 신호 대 잡음비는 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{N_t} &= \frac{W}{R_b} \frac{S_{traf}}{(N_u - 1)S_{traf} + N_u S_p + \eta} \\ &= \frac{W}{R_b} \frac{1}{(N_u - 1) + kN_u + \eta/S_{traf}} \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, $S_p = kS_{traf}$, $0 < k < 1$ 이다.

Slot 파일럿 채널을 사용하는 역방향 채널의 신호 대 잡음비는 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{N_t} &= \frac{W}{R_b} \frac{S_{traf}}{(N_u - 1)S_{traf} + N_u \overline{S_p'} + \eta} \\ &= \frac{W}{R_b} \frac{1}{(N_u - 1) + \mu N_u + \eta/S_{traf}} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서, $\overline{S_p'} = S_p'/M$, $S_p' = \epsilon S_{traf}$, $\mu = \epsilon/M$ 이다.

성능분석을 위해 $M=128$, $S_{traf}=1$ 이고, $k=0.25$, $\epsilon=0.25$ 라고 가정한다. 즉, 연속적인 파일럿 채널과 Slot 파일럿 채널에서 파일럿 채널보다 6dB 낮게 신호를 송신한다고 가정한다.

파일럿 채널을 사용하지 않는 경우에는 비동기 DPSK 변조를 사용한다고 가정한다. DPSK의 비트 에러 확률은 식 (10)과 같다[2][5][6].

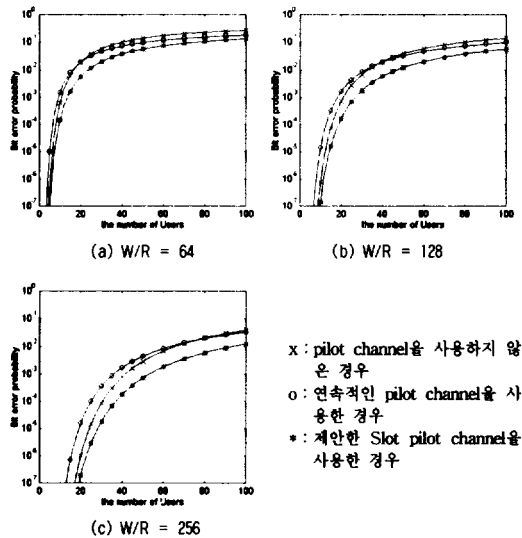
$$P_e = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E_b}{N_0}\right) \quad (10)$$

연속적인 파일롯을 사용하는 경우와 Slot 파일롯을 사용하는 경우에는 동기방식의 BPSK를 사용한다고 가정한다. BPSK의 비트 에러 확률은 식 (11)과 같다.

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \quad (11)$$

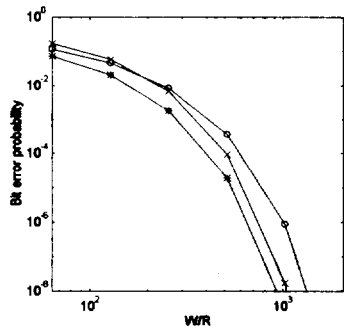
이다.

(그림 4)에 각각의 채널 모델에 따른 비트 에러 확률을 나타내었다. 사용자 수가 증가할수록 비트 에러 확률이 증가하는 것을 볼 수 있으며 Slot 파일롯을 사용한 모델이 파일롯 채널을 사용하지 않은 채널의 성능 곡선보다 성능이 우수함을 볼 수 있다. 이는 변복조에서 동기방식과 비동기 방식을 적용했을 때의 차이에 의해서 용량의 증가가 나타나는 것을 확인할 수 있는데 파일롯 채널을 사용하지 않은 모델에서 비동기 방식을 사용한 경우와 연속적인 파일롯 채널을 사용하고 동기방식을 적용한 경우는 전체적으로 전자가 더 우수하나 비동기 방식에 의한 성능의 저하를 보이고 있다. 그러나 Slot 파일롯 채널에 동기방식을 적용한 경우 다른 두 방식보다 더 좋은 성능을 보이고 있다. 연속적인 파일롯 채널에 동기방식을 적용한 모델은 전체적으로 성능이 떨어지나 사용자 수가 늘어날수록 파일롯채널을 사용하지 않고 비동기 방식을 사용한 경우와 성능이 비슷해지는 것을 볼 수 있다.



(그림 4) 사용자 수에 따른 비트 에러 확률 (Fig. 4) Bit error probability for various channel models

이를 정량적으로 비교해 보면, BER이 10^{-3} 일 때를 기준으로 W/R이 64인 경우에는 채널 용량 면에서는 파일롯을 적용하지 않은 경우가 11, 연속 파일롯은 10, Slot 파일롯은 14가 되어 최고 40% 정도의 용량 증가를 보였고 요구되는 SNR은 Slot 파일롯을 사용하는 경우, 파일롯이 없는 경우보다 1.5dB 정도 우수하고 연속 파일롯보다는 2dB 만큼 요구 SNR이 향상되었다. W/R이 128인 경우에는 채널용량이 파일롯이 없는 경우 21, 연속 파일롯은 16, Slot 파일롯은 29로 연속 파일롯보다는 80%, 파일롯이 없는 경우보다는 38%정도 용량이 증가하였고 요구 SNR은 파일롯이 없는 경우보다는 1.5dB, 연속 파일롯보다는 2dB 정도 Slot 파일롯이 우수하였다. W/R이 256인 경우에는 채널용량이 파일롯이 없는 경우에 40이고 연속 파일롯에서는 35, Slot 파일롯에서는 50으로 Slot 파일롯이 연속 파일롯보다는 43%, 파일롯이 없는 경우보다는 20%정도 용량이 증가하였다. 요구되는 SNR은 연속파일롯보다는 1.5dB, 파일롯이 없는 경우보다는 1dB 정도 Slot 파일롯이 더 좋은 성능을 보였다. 그러므로 Slot 파일롯은 연속적인 파일롯을 사용하는 경우보다는 요구 SNR면에서 1.5~2dB 정도의 성능의 향상을 보이며 파일롯을 사용하지 않는 경우보다는 0.5~1.5dB 정도의 성능향상을 가져온다는 것을 확인할 수 있다. 용량면에서는 연속적인 파일롯을 사용하는 경우보다 40~80%의 용량이 증가하고, 파일롯을 적용하지 않은 경우보다는 20~38% 정도의 용량증가를 보였다.



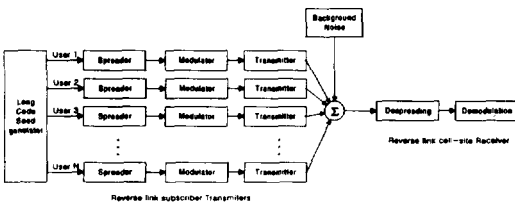
(그림 5) W/R 비에 따른 비트 에러 확률(사용자 수 : 60) (Fig. 5) Bit error probability for W/R rate (number of user : 60)

(그림 5)에는 W/R 비에 따른 비트 에러 확률을 보인 것이다. 이 그래프로 토대로 각 변조 시스템에 따

라 원하는 성능을 만족시키기 위한 W/R 비를 구할 수 있다. Slot 파일럿을 사용한 경우 성능이 상대적으로 비교우위에 있음을 알 수 있고, 연속적인 파일럿 채널을 사용한 모델은 성능이 다른 두 방식보다 떨어지는 것을 볼 수 있다. 즉 동일한 에러확률을 달성하기 위한 요구 조건이 Slot 파일럿을 사용하는 경우가 더욱 양호함을 알 수 있다. 예로 비트에러 확률이 10^{-3} 에서 최대 채널 용량 60을 만족하는 시스템을 설계하기 위해 요구된 W/R 비는 Slot 파일럿의 경우 약 300에서 달성이 가능하고 연속 파일럿은 약 500에서 파일럿을 사용하지 않는 경우는 약 400의 W/R이 요구된다.

4.2 채널 모델 시뮬레이션

채널 모델에 관한 기본적인 블록은 (그림 6)과 같다.



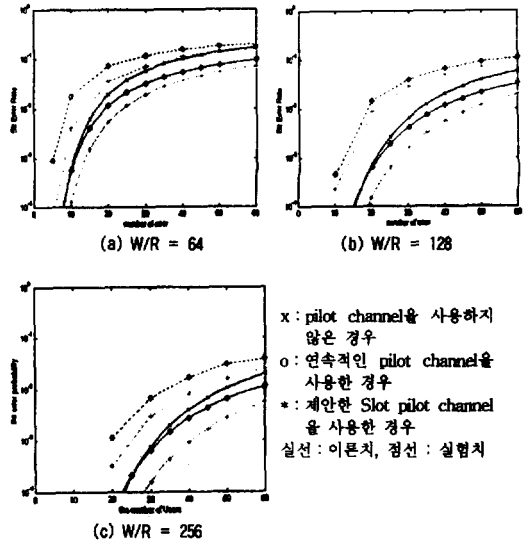
(그림 6) 역방향 채널을 위한 기본 송수신 블록도
(Fig. 6) The block diagram of transmitter and receiver for reverse channel

각 사용자는 서로 다른 Long Code Seed를 할당받고 그에 따라 발생하는 PN 확산 코드에 따라 트래픽 채널과 파일럿 채널을 확산을 하게 된다. 각 송신기에서 송신되는 신호는 각각 다른 채널의 지연값을 갖는다고 가정하고 이를 시뮬레이션에 반영하였다. 송신 신호는 기지국의 수신부에서 서로 선형적인 합으로 이루어지며 이 중에서 수신하기를 원하는 사용자의 PN 코드에 의해 역확산 후 복조된 데이터와 송신 데이터를 비교는 것으로 시뮬레이션 하였다. Slot 파일럿 채널은 최대 할당가능 음셋 수는 128로 하고 파일럿 채널이 겹치지 않게 각 사용자마다 음셋을 할당한다. 할당된 슬롯 간격은 48로 하여 시뮬레이션 하였다.

각 채널의 시뮬레이션 조건은 앞단에 정의된 것과 같은 조건을 사용하였다. 즉 트래픽 채널보다 연속적인 파일럿 채널에서는 6dB 낮게 Slot 파일럿 채널에서는 6dB 높게 신호를 송신한다고 가정한다. 여기서는 모두 동기방식의 변복조를 사용하여 시뮬레이션을 하

였다.

시뮬레이션 결과는 (그림 7)의 점선과 같다. 여기서 보면 이론적인 관찰에서 구한 곡선과 같은 분포를 보이나 이론치보다는 그 성능이 저하되는 것을 확인할 수 있는 데 이는 이론치 계산시에 PN 코드의 자기상관과 상호상관 특성을 고려하지 않았기 때문이며 실험치에서 PN 코드의 이러한 특성에 의해 그 성능이 저하되는 결과를 보이며 성능의 향상을 위해 상관특성이 좋은 이상적인 PN 코드의 사용이 요구된다. 그리고, 시뮬레이션에 사용된 동기 알고리즘의 성능이 이상적이지 않기 때문에 이에 따른 성능 저하가 발생한다. 연속적인 파일럿 채널을 사용한 경우는 Slot를 사용한 경우와 일정한 성능 차이를 보이는 것을 알 수 있다. W/R이 64인 경우 약 0.5dB~1dB의 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 위에서 언급한 것과 같이 파일럿 채널의 간섭에 의한 성분만큼 에러 확률이 증가하기 때문이다. 즉 동일한 조건에서 연속적인 파일럿을 사용하는 경우보다 Slot 파일럿을 사용할 경우에 성능의 향상이 가능함을 볼 수 있다.



(그림 7) 사용자 수에 따른 비트 에러 확률
(Fig. 7) Bit error probability of various channel models

5. 결 론

LMDS의 역방향 채널에 CDMA를 적용하기 위한 목적으로 CDMA 역방향 채널의 파일럿 채널의 유무와

종류에 따른 셀룰러 시스템의 역방향 채널의 용량을 비교하였다. 각 채널 모델에서 파일럿 채널을 사용하였을 때 역방향 채널에서는 각 사용자마다 파일럿 채널을 할당하여야 하므로 이에 따른 간섭이 증가하였다. Slot 파일럿 채널모델은 이러한 파일럿 채널에 의한 간섭을 최대한 억제할 수 있었다. 각 채널 모델에 대해서 이론적인 접근에 의한 결과를 제시하였다. 그리고 실제 시스템 동작 상태에서 나타나는 성능을 보기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 통해서 Slot 파일럿을 사용함으로써 역방향 CDMA 시스템의 용량이 증가하는 것을 볼 수 있었으며 역방향 채널의 성능을 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 즉, Slot 파일럿을 사용한 경우 연속적인 파일럿 채널을 사용한 시스템보다 약 40~80% 정도의 용량 증가를 보였고 요구 SNR이 약 1.0~2dB 정도 향상되었다. 그리고 파일럿 채널을 사용하지 않는 모델과 비교시에도 동기방식의 적용에 의한 용량의 증가가 약 20~38 정도로 나타났으며 요구되는 SNR이 약 0.5~1.5dB 정도 향상되는 것을 알 수 있었다.

향후 연구가 더 수행되면 Slot 파일럿을 사용하여 실제 상용 역방향 채널에 고품질의 데이터를 전송하기 위한 기본 채널구조로 적용이 가능하며 적절한 성능을 얻을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] DAVIC, "DAVIC 1.3 Specification Part 8-Lower Layer Protocols and Physical Interfaces Rev 6.3," Digital Audio Visual Council, 1997.
 [2] Bernoard Sklar, 'Digital Communications fundamentals and applications,' Prentice Hall, 1988.
 [3] Jongray Na, Yanggi Kang, "The Effects of Staggered Burst Pilot in CDMA Reverse Link," MDMC'96, pp.792~795, 1996.
 [4] Seung Chan Bang, Hyung Rae Park, Youngnam Han, Myoung Seob Lim, Hun Lee, Kichul Han and Hang Gu Bahk, "ETRI Wideband CDMA System for PCS," MDMC'96, pp.782~786, 1996.
 [5] Andrew J. Viterbi, 'CDMA : Principles of Spread Spectrum Communication,' Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
 [6] Gordon L. Stuber, "Principles of Mobile Commu-

nication," Kluwer Academic Publishers, 1996.

[7] Klein S. Gilhousen, Irwin M. Jacobs, Roberto Padovani, Andrew J. Viterbi, Lindsay A Weaver, Jr., and Charles E. Wheatley III, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol.40, No.2, May 1991.
 [8] Rhee, Man Young, 'CDMA cellular mobile communications & network security,' Prentice-Hall, 1998.



임 형 래

e-mail : imche@comsys.sunchon.ac.kr
 1997년 2월 순천대학교 전자공학과 공학사
 1997년 3월~현재 순천대학교 대학원 전기공학과 석사과정 재학중, 전자공학전공



박 솔

e-mail : parksol@comsys.sunchon.ac.kr
 1997년 2월 순천대학교 전자공학과 공학사
 1997년 3월~현재 순천대학교 대학원 전기공학과 석사과정 재학중, 전자공학전공



조 병 록

e-mail : blcho@sunchon.sunchon.ac.kr
 1987년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1994년 2월 성균관대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학박사)

1987년 1월~1988년 3월 삼성전자(주) 종합연구소
 1994년 3월~현재 순천대학교 전자공학과 조교수
 관심분야 : 디지털 통신이론, 디지털 통신시스템 ASIC 설계, 무선멀티미디어용 고속 모뎀 설계, 무선망 성능분석