

# WCDMA 시스템의 역방향 링크에서 Early-late 도플러 보상을 이용한 채널 추정 기법

정회원 최 정 현\*, 김 낙 명\*

## A Channel Estimation Scheme using Early-late Doppler Compensator in uplink WCDMA system

Jung-Hyun Choi\*, Nak-Myeong Kim\* *Regular Members*

### 요 약

WCDMA 시스템에서 동기 검파는 시스템의 용량을 증가시키기 위한 중요한 기술이다. WCDMA 시스템에서 동기 검파를 구현하기 위해서는 전송 채널의 페이딩을 보상하기 위한 정확한 채널 추정 알고리즘이 필요하다. 차세대 이동 통신 시스템에서는 높은 반송파 주파수를 사용하며, 고속으로 움직이는 이동체를 위한 서비스를 제공해야 하므로, 신호에 작용하는 도플러 주파수는 신호를 감쇄시키며 채널 추정의 성능을 떨어뜨리게 된다. 따라서 본 논문에서는 이동 통신 채널에서 발생하는 도플러 효과에 의한 채널의 페이딩을 보상하기 위한 방법으로 early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 제안한다. Early-late 도플러 보상을 이용한 채널 추정 기법을 사용하는 경우에는 신호의 Eb/No 값이 일정 임계치 이상으로만 전송이 되면 채널 추정의 성능이 기존의 방식에 비하여 탁월하게 개선되는 것을 볼 수 있다.

### ABSTRACT

To increase system capacity in WCDMA receiver, the coherent detection is an essential technology for recovering transmitted symbols correctly. For coherent detection, an accurate and fast channel estimation is required. In next generation mobile communication system, high frequency carriers are used, and high data rate services are provided for subscribers having high mobility. In this communication environment, however, the rapidly-changing doppler frequency degrades the quality of the transmitted signal a lot. In WCDMA system, the channel estimation is conducted using pilot channel and/or pilot symbols which are known to both transmitter and receiver. Some existing channel estimation algorithms utilize these information quite well, but the performance of channel estimation gets very poor in a complicated fading channel distorted by the doppler effect. In this paper, we propose a new channel estimation algorithm combining an early-late doppler compensator so that the doppler effect and the fading characteristics are compensated at the same time. By computer simulation, the proposed algorithm proved to be a much more efficient channel estimation method in the fast fading channel, even at reasonably low Eb/No.

### I. 서 론

차세대 이동통신 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 시스템의 용량을 증대시키기 위한 연구가 활

발하게 진행되고 있다. 특히 이동통신 채널에서 유발되는 다중 경로 페이딩 현상은 시간 지연을 가지고 수신된 신호간의 간섭을 유발시켜 시스템의 용량을 감소시킨다<sup>[4]</sup>. 그러므로 정확한 채널 추정 알

\* 이화여자대학교 정보통신학과 (992ELG10@ewha.ac.kr, nmkim@ewha.ac.kr)

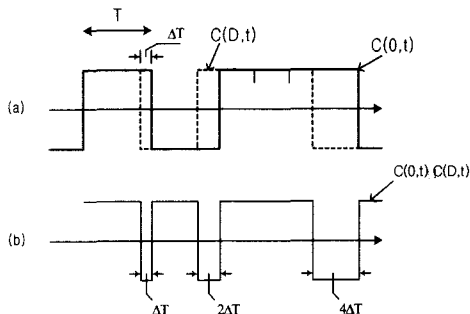
논문번호: 010113-0522, 접수일자: 2001년 5월 22일

※ 본 연구는 한국전자통신연구원 논문연구과제 지원 및 정보통신 우수시범학교 지원사업의 후원에 의해서 이루어 졌습니다.

고리증을 이용하여 전송채널에서 감쇄된 신호를 보상해 주는 것은 동기 검파를 가능하게 하여 시스템의 용량을 증가시키는 데에 기여할 수 있게 된다. 또한 WCDMA 시스템의 용량을 증가시키기 위한 대안으로 Rake 수신기를 이용하여 다중 경로로 수신되는 신호의 에너지를 합하여 수신신호의 SNR을 향상시키는 기법이 사용되고 있다. 그러나 차세대 이동통신 시스템에서 점차 고주파의 반송파를 사용하고 사용자들의 이동성이 더욱 커짐에 따라 전송된 신호는 고속의 페이딩을 겪게 된다. 이렇듯 채널 특성이 심하게 변화함에 따라 수신단에서 신호의 상관 특성이 열화되어 Rake 수신기의 성능이 떨어지게 된다.

따라서 CDMA 시스템의 성능 열화를 막기 위해서는 정확한 채널 추정을 수행하여 채널에 의하여 감쇄된 신호를 보상해 주는 알고리즘에 대한 연구가 필수적으로 진행되어야 한다. 특히 이동체의 움직임으로 인하여 수신 신호에 도플러 효과가 작용하는 경우에는 기존의 채널 추정 방식만으로는 도플러 주파수에 의해 왜곡된 신호를 원 신호대로 추정하여 시스템의 성능을 향상시키는 데에는 한계가 있게 된다<sup>7)</sup>. 그림 1에서는 도플러 주파수가 신호의 상관값에 미치는 영향에 대하여 나타내고 있다. 도플러 천이 현상은 칩이 누적될수록 상관기의 출력값에 많은 영향을 주기 때문에, 이로 인하여 비트의 왜곡 현상이 일어나는 부분에서는 채널 추정 알고리즘 만으로는 시스템의 성능을 향상시킬 수 없게 된다<sup>9)</sup>. 그러므로 본 논문에서는 수신된 신호에서 도플러 보상과 채널 추정 과정을 동시에 수행함으로써 시스템의 성능을 향상시키는 방식을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 모델과 본 논문에서 제안하는 early-late 도플러 보상기법을 이용한 채널 추정 알고리즘에 대해서 토



(a) local sequence  $C(0,t)$  and input sequence with Doppler  $C(D,t)$   
 (b) correlation product

그림 1. 도플러 주파수 편이 현상에 의한 상관기 출력값의 영향

론한다. 3 장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 성능을 평가하여, 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 시스템 모델 및 Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘

### 2.1 송신 시스템의 구조

그림 2는 본 연구에서 사용되는 채널 구조를 나타내고 있다. 채널은 파일럿 채널과 데이터 채널로 구분되며, 파일럿 채널을 통하여 파일럿 심볼들이 연속적으로 전송되고 데이터 채널의 앞부분에는 채널 추정을 위한 별도의 파일럿 심볼이 시간적으로 다중화되어 데이터 심볼과 함께 전송된다. 이 때, 파일럿 채널은 수신기에서 도플러 주파수를 추정하고 이를 보상해 주기 위한 early-late 주파수를 생성시키기 위하여 사용된다. 그리고 그림 2의 채널 구조에서 파일럿 채널의 한 슬롯 안에 포함된 파일럿 심볼의 개수는  $n_{CP}$ 개, 데이터 채널의 한 슬롯에 할당된 파일럿 심볼의 개수는  $n_{DP}$  개라고 가정한다.

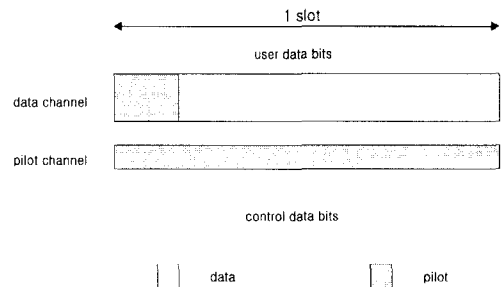


그림 2. 송신 채널 구조

송신 신호  $s(t)$ 는 그림 3에서 보는 바와 같이 파일럿 채널과 데이터 채널을 통하여 전송되는 신호  $p(t)$ 와  $d(t)$ 에 서로 직교인 확산 코드  $g_{CP}(t)$  및  $g_{DP}(t)$ 를 곱하여 확산시키며,  $f_c$ 의 반송파 주파수에 실어 전송한다. 이 때 기저 대역의 송신 신호  $s_B(t)$ 와 변조된 송신 신호  $s(t)$ 는 다음과 같다. 이 식에서  $P_{CP}$ ,  $P_{DP}$ 는 파일럿 채널 (CPICH)과 데이터 채널 (DPCH)에 할당되는 전력을 나타낸다.

$$s_B(t) = \sqrt{P_{CP}} p(t) g_{CP}(t) + \sqrt{P_{DP}} d(t) g_{DP}(t) \quad (1)$$

$$s(t) = (\sqrt{P_{CP}} p(t) g_{CP}(t) + \sqrt{P_{DP}} d(t) g_{DP}(t)) \cdot \exp(2\pi j f_c t) \quad (2)$$

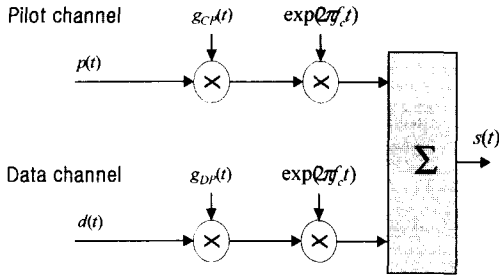


그림 3. 제안된 모델을 위한 송신기 구조

2.2 채널 모델링

송신된 신호  $s(t)$ 는  $L$ 개의 다중 경로 채널을 통과하여 AWGN 잡음이 추가되어 수신기에 수신된다. 이 때, 수신 신호  $r(t)$ 는 식 (3)에서와 같이 표현할 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$r(t) = \sum_{l=0}^{L-1} r_l(t) = \sqrt{P} \sum_{l=0}^{L-1} d(t) s(t - \tau_l) \cdot \exp(2\pi j f_d t) + \rho(t) \quad (3)$$

여기서  $P$ 는 수신 신호의 평균 전력을 의미하고,  $\rho(t)$ 는 AWGN 잡음을 의미한다. 그리고  $a^l(t)$ 는  $l$ 번째 다중 경로 채널에서 유발되는 페이딩 채널 계수를 나타낸다. 그림 4는 본 시뮬레이션 모델로 사용된 다중 경로 페이딩 채널의 구조를 나타내고 있다.

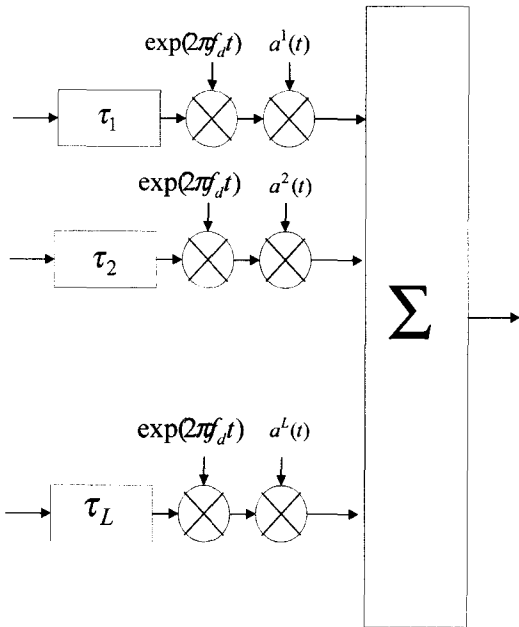


그림 4. 다중 경로 페이딩 채널 모델

2.2 Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘

다중 경로 채널을 통해 수신된 신호를  $r(t)$ 라고 할 때, 수신기에서는 파일럿 채널을 통해 수신된 신호로부터 채널에서 유발된 도플러 주파수를 추정한다. 이를 위해 파일럿 채널의 확산 코드  $g_{CP}$ 에 대한 정합필터를 거치게 되며, 이 출력 값을  $n_{CP}$ 개의 파일럿 심볼 주기동안 평균을 취하여 파일럿 채널에서의 순간 채널 추정치,  $c_{CP}(n, k, l)$ 을 구한다. 그리고 이 순간 채널 추정치를 이용하여 WMSA (Weighted Multiple Slot Averaging) 방식<sup>[2]</sup>으로 각 슬롯의 채널 추정치  $\hat{c}_{CP}(n, l)$ 를 구해낸다. 식 (4)와 식 (5)는 파일럿 채널에서의 심볼 당 순간 채널 추정치와 각 슬롯의 채널 추정치를 구하는 과정을 보여준다. 여기서  $T_c, T, T_s$ 는 칩 주기, 심볼 주기, 슬롯 주기를 나타낸다.

$$c_{CP}(n, k, l) = \frac{1}{T} \int_{kT+nT_s+\tau_l}^{(k+1)T+nT_s+\tau_l} r_l(t) g_{CP}(t - \tau_l) dt \quad (4)$$

$$\hat{c}_{CP}(n, l) = \frac{1}{n_{CP}} \sum_{m=0}^{n_{CP}-1} \alpha_m c_{CP}(n, k+m, l) \quad (5)$$

그림 5는 제안된 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 위한 수신기 구조 그림이다. 그림 5에 포함된 페이딩 속도 추정기 (Fading Rate Estimator)에서는 우선 파일럿 채널의 정합필터 출력값을 이용하여 채널의 페이딩 속도를 결정해주게 되며<sup>[6]</sup>, 이 값에 따라 도플러 보상 주파수의 스텝간격 주파수  $f_{step}$ 을 결정하게 된다. 그리고 보상 주파수 생성기에서는 도플러 주파수를 보상해 주기 위하여  $f_{early}, f_{late}$ 의 주파수를 각 슬롯 단위로 변경시킨다. 보상 주파수 생성기에서  $f_{early}, f_{late}$ 의 값은 Early-late 주파수 조절기의 출력값이 일정값 이하가 되면 다음 슬롯에서의 Early-late 주파수는 각각  $f_{step}$ 만큼 증가시킨 뒤, 같은 과정을 반복하며, 이 값이 일정값 이상이 되면 이전 슬롯에서의  $f_{early}, f_{late}$  값을 그대로 사용한다. 이 과정을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$r_{early}^l(t) = [r_l(t) \cdot \exp(2\pi j f_c t)] \cdot \exp(2\pi j f_{early}^l(n) \cdot t) \quad (6)$$

$$r_{late}^l(t) = [r_l(t) \cdot \exp(2\pi f_c t)] \cdot \exp(2\pi f_{late}^l(n) \cdot t) \quad (7)$$

식(6)와 식 (7)에서 얻어진  $r_{early}^l(t)$ 와  $r_{late}^l(t)$ 를 LPF(Low Pass Filter)에 통과시키면, 식 (8), 식 (9)과 같이 표현된다.

$$r_{B,early}^l(t) = [a^l(t) \cdot s_B(t) \cdot \exp(2\pi(f_d - f_{early})t)] + w(t) \quad (8)$$

$$r_{B,late}^l(t) = [a^l(t) \cdot s_B(t) \cdot \exp(2\pi(f_d - f_{late})t)] + w(t) \quad (9)$$

여기서 각 레이크의 핑거에서 동기는 완벽히 맞추어졌다고 가정하며,  $w(t)$ 는 LPF를 통과한 colored noise를 의미한다. 그리고 식 (8)과 식 (9)와 같이 구해진  $r_{B,early}^l(t)$ 와  $r_{B,late}^l(t)$ 를 파일럿 채널의 확산 코드  $g_{CP}$ 에 대한 정합필터의 입력으로 넣어준다.

$$m_{early}^l(n) = \frac{1}{n_{CP}} \sum_{m=0}^{n_{CP}-1} r_{early}^l(t) \cdot g_{CP}(t) \quad (10)$$

$$m_{late}^l(n) = \frac{1}{n_{CP}} \sum_{m=0}^{n_{CP}-1} r_{late}^l(t) \cdot g_{CP}(t) \quad (11)$$

식 (10)과 식 (11)에서 구해진 정합필터의 출력값  $m_{early}(n)$ ,  $m_{late}(n)$ 이 수신기의 기준치( $m_{th}$ ) 보다 작으면, 밑의 식 (12)과 식 (13)에서와 같이, 다음 슬롯에서의  $f_{early}$ ,  $f_{late}$  값을  $f_{step}$  만큼 증가시켜 준다.

$$\begin{cases} f_{early}(n+1) = f_{early}(n) + f_{step} & (if, m_{early}(n) < m_{th}) \\ f_{early}(n+1) = f_{early}(n) & (if, m_{early}(n) \geq m_{th}) \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} f_{late}(n+1) = f_{late}(n) + f_{step} & (if, m_{late}(n) < m_{th}) \\ f_{late}(n+1) = f_{late}(n) & (if, m_{late}(n) \geq m_{th}) \end{cases} \quad (13)$$

마지막으로 수신기에서의  $n$  번째 슬롯에 해당하는 보상 도플러 주파수는 식 (14)와 같이 구해진다.

$$f_{comp}(n) = \frac{f_{early}(n) + f_{late}(n)}{2} \quad (14)$$

그림 6에서는 이 과정을 순서대로 표현하였다. 데이터 채널에서는 수신된 신호를 기저 대역 신호로 변환한 후, 파일럿 채널에서 구해진 보상 도플러 주

파수  $f_{comp}$ 를 이용하여 데이터 채널에 포함된 파일럿 심볼을 이용하여 채널을 추정하고, 데이터를 복원한다. 식 (15)에서는 이 과정을 통하여 도플러 주파수가 보상된 수신 신호,  $r_{comp}^l(t)$ 를 구하는 과정을 나타내고 있다. 그리고 식 (15)에서 구해진 값을 LPF를 통과시키면 식 (16)이 구해진다.

$$r_{comp}^l(t) = [r_l(t) \cdot \exp(2\pi f_c t)] \cdot \exp(2\pi f_{comp}^l(n) \cdot t) \quad (15)$$

$$r_{B,comp}^l(t) = [a^l(t) \cdot s_B(t) \cdot \exp(2\pi(f_d - f_{comp})t)] + w(t) \quad (16)$$

다음 단계로는 데이터 채널에서의 채널 추정치를 구하기 위하여 식 (15)에서 구해진  $r_{comp}^l(t)$ 를 데이터 채널의 확산 코드,  $g_{DP}$ 에 대한 정합 필터의 입력으로 넣어준다. 그리고 데이터 채널에 포함된 파일럿 심볼의 개수,  $n_{DP}$ 개 동안 평균을 취하여 데이터 채널의 순간 채널 추정치  $m_{comp}^l(n)$ 를 식 (17)에서와 같이 구한다.

$$m_{comp}^l(n) = \frac{1}{n_{DP}} \sum_{m=0}^{n_{DP}-1} r_{comp}^l(t) \cdot g_{DP}(t) \quad (17)$$

다음 과정으로, 보다 정확한 채널 추정을 위해서 식 (17)에서 구해진 데이터 채널의 순간 채널 추정치,  $m_{comp}^l(n)$ 과  $m_{comp}^l(n+1)$ 을 이용하여 데이터 채널의 데이터 심볼에 대하여 선형 보간법을 이용한 채널 추정을 수행한다. 식 (18)은 선형 보간법을 이용하여 각 데이터 심볼에 대한 채널 추정치를 구해내는 과정을 표현하고 있다. 다음의 식 (18)에서  $N_d$ 는 데이터 채널의 한 슬롯에 포함된 전체 심볼의 개수를 의미한다.

$$\hat{m}_{comp}^l(n, k) = \frac{m_{comp}^l(n+1) - m_{comp}^l(n)}{N_d} k + m_{comp}^l(n) \quad (18)$$

마지막으로 식 (18)을 통해서 구한 데이터 심볼에 대한 채널 추정치의 복소 공액을 식 (15)에서 얻어진 도플러 주파수가 보상된 수신 신호에 곱하면 식 (19)에서 표현하는 바와 같이 도플러 주파수와 채널에서의 페이딩이 보상된 데이터 심볼을 구할 수 있다.

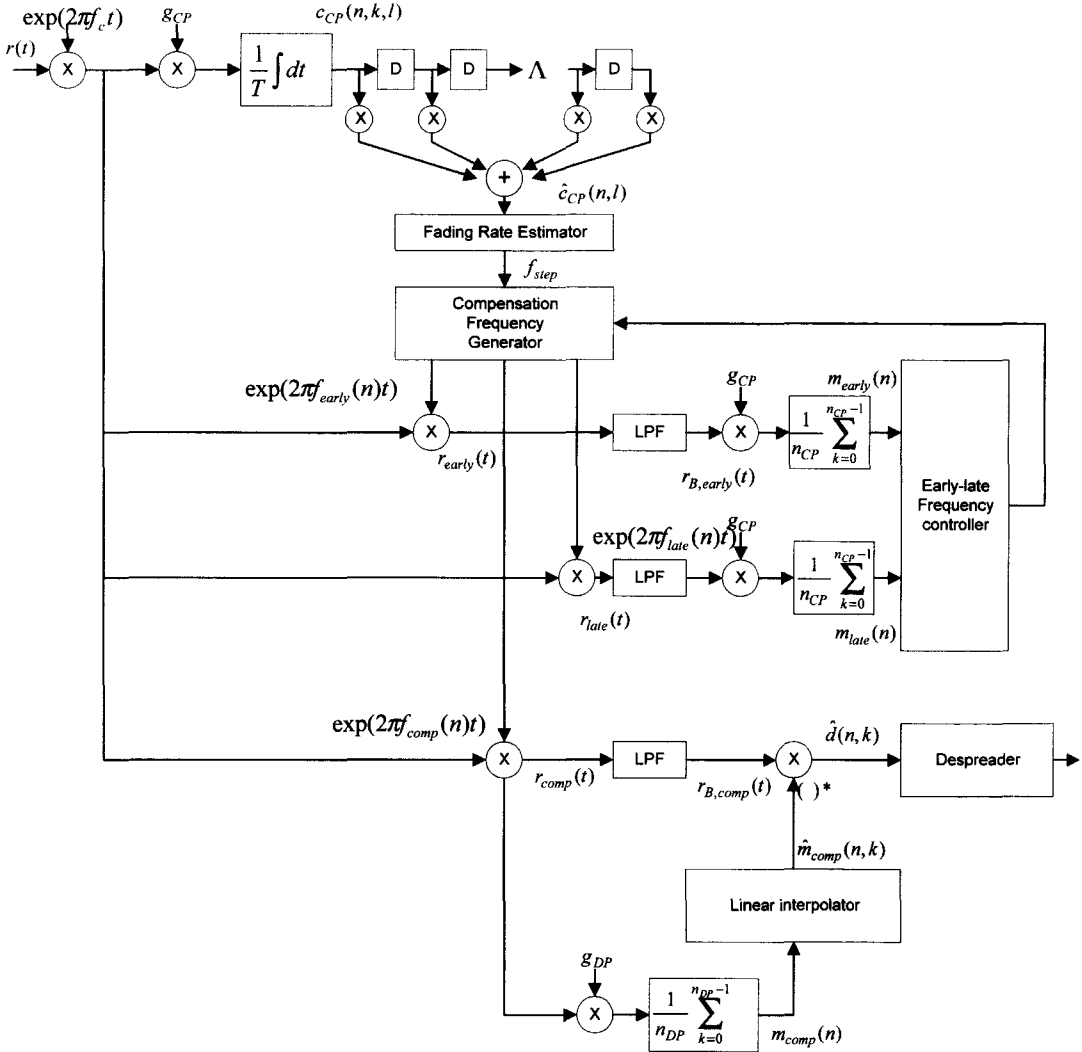


그림 5. Early-late 도플러 보상기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 위한 수신기의 구조

$$\hat{d}(n, k) = \sum_{l=0}^{L-1} r_{B,comp}^l(t) \cdot \hat{m}_{comp}^l(n, k) \quad (19)$$

### III. 시뮬레이션을 통한 성능 평가

본 논문에서는 Early-late 도플러 보상기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 사용할 경우에 기존의 방식에 비하여 시스템의 성능이 얼마나 향상되는지에 대해 분석하기 위하여 MATLAB 을 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 제안된 알고리즘의 성능을 분석하였다. 본 시뮬레이션에서 사용한 채널 환경으로는

Vehicular-B 모델<sup>[9]</sup>을 사용하였고, 이동체의 움직임으로 인하여 유발되는  $f_d T_s$ 가 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 인 경우에 대해서 성능을 분석하였고 반송파 주파수로는 2 GHz를 사용하였다. 또한, WCDMA 시스템의 표준 모델에 따라 하나의 프레임은 15 개의 슬롯으로 나뉘어져 있고, 한 슬롯의 주기는 0.667ms, 칩 전송률은 3.84 Mcps인 경우를 가정하였다. 그리고 데이터 전송률이 16 kbps이며 확산이득은 256으로 가정하였다<sup>[10]</sup>.

다음의 표 1은 본 절에서 시뮬레이션을 위하여 사용한 파라미터를 정리한 것이다.

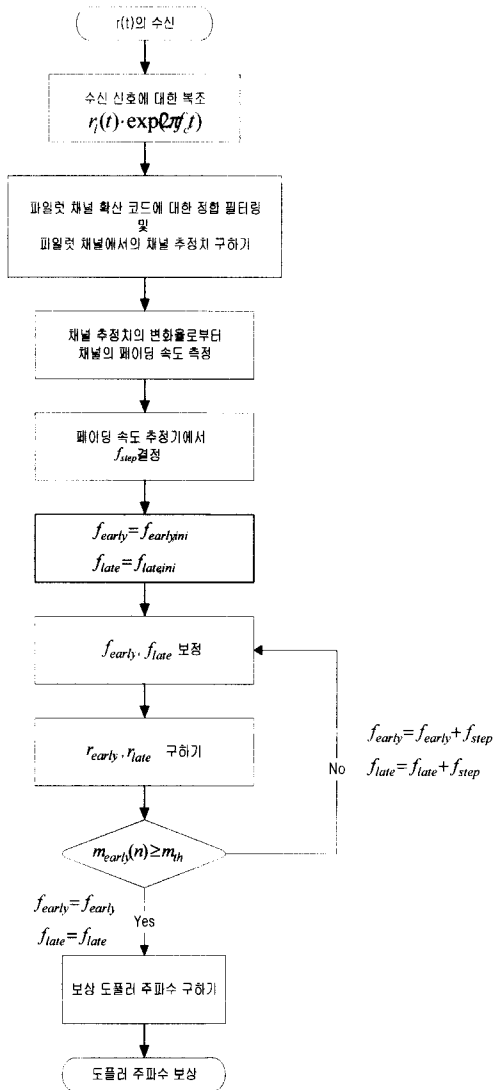


그림 6. 수신된 파워렛 채널을 이용하여 도플러 주파수를 보상하는 과정

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

Parameter	Value
Processing gain	256
Spreading code	Extended Gold code
Data rate	16 kbps
Chip rate	3.84 Mcps
Slot length	0.667 ms
slot number per frame	15 slots
Channel fading rate (fdTs)	0.025, 0.05, 0.1, 0.2
channel model	Vehicular-B model

그림 7부터 그림 10까지는 채널 추정 속도에 따른 Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘의 성능을 선형 보간법과 비교하여 분석한 그래프이다. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정기에서 수신기는 우선 채널의 페이딩 속도 추정기를 이용하여 채널의 속도를 추정한 후, 도플러 주파수를 보상하기 위한 스텝 주파수를 결정하게 된다. 본 시뮬레이션에서는 스텝 주파수의 간격으로 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz를 가정하였고 페이딩 속도 추정기에서 추정된 속도에 따라 채널의 페이딩 속성을 저속에서 고속의 4단계로 분류한다. 그리고 제 1단계의 저속 페이딩에서는 5 Hz 스텝 간격으로 도플러 보상 주파수를 슬롯 단위로 증가시키며 보상한다. 그리고 Early-late 주파수 조절기에서 정합 필터의 출력값을 근거로 하여, 다음 슬롯에서 보상 주파수를 스텝 간격만큼 증가시킬지 여부를 결정하게 된다. 페이딩 채널의 속도가 제 2 단계에 해당하는 경우에는 스텝 간격을 10 Hz로, 제 3단계는 15 Hz, 제 4단계의 고속 페이딩 채널에 대해서는 20 Hz의 스텝 간격으로 도플러의 영향을 보상해나간다. 그림 7은  $fdTs$ 가 0.025 인 경우, 기존의 채널 추정 방식인 선형 보간법을 이용한 채널 추정 알고리즘과 본 연구에서 제안한 Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘 이용한 경우의 채널 추정 능력을 BER의 관점에서 살펴본 것이다. 그림 7의 결과에 따르면, 제안된 채널 추정 알고리즘에서는  $E_b/N_0$ 가 일정 문턱값 이상이 되면, 성능이 급격하게 향상되는 것을 볼 수 있다. 제안된 방식에서  $E_b/N_0$ 값이 작을 경우에는 그림 5에서 보았던 채널의 페이딩 속도 추정기나 Early-late 주파수 조절기가 정확한 채널 추정을 하지 못하여, 여기서 만들어지는 보상 주파수가 잘못

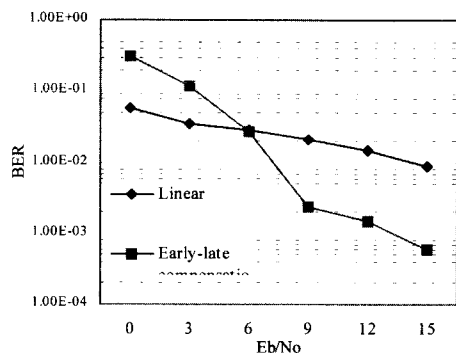


그림 7. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘의 성능 분석(fdTs = 0.025)

추정되게 되므로 성능이 기존의 선형 보간법보다 나빠지게 된다. 하지만 채널의 페이딩 속도가 0.025 인 경우에  $E_b/N_0$ 가 6 dB 이상이 되는 순간부터 제안된 기법의 채널 추정 능력은 기존 방식의 성능을 능가하며, 그 성능이 월등히 향상됨을 알 수 있다

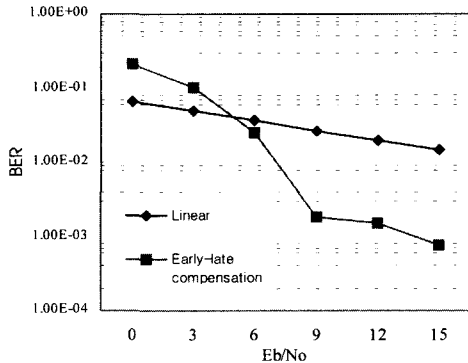


그림 8. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘의 성능 분석( $fdT_s = 0.05$ )

그림 8은  $f_d T_s$ 가 0.05일 때 제안된 방식의 채널 추정 능력을 분석한 그림이다. 이 경우에도 그림 7과 마찬가지로 경우에  $E_b/N_0$ 가 6 dB 이상이 되면 제안된 알고리즘의 성능이 급격하게 향상됨을 볼 수 있다. 그리고  $E_b/N_0$ 값의 높아지면 더 이상 채널 추정의 성능이 크게 향상되지 않고, 수렴하는 모습을 볼 수 있다. 그러므로, 송신기에서는 송신 파워를 결정할 때, 여러 가지 채널 환경에 따라 Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘에서 도플러 보상을 가능케 하는 임계치를 결정하는 것이 시스템의 전력을 효율적으로 분배하는데에 유리하다.

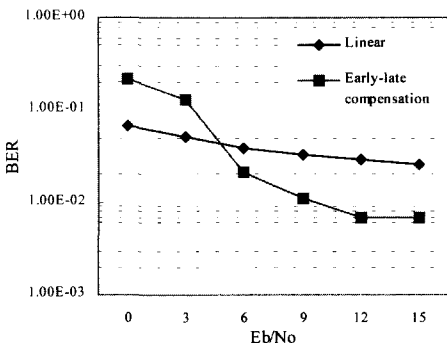


그림 9. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘의 성능 분석 ( $fdT_s=0.1$ )

그림 9는  $f_d T_s$ 가 0.1일 때, 제안된 채널 추정 알고리즘의 성능을 비교하였다. 그림 9의 결과에 따르면 도플러 보상을 가능케 하는  $E_b/N_0$ 의 문턱값은 5 dB 정도이며, 12 dB 이상에서는 BER 성능 곡선이 수렴하는 것을 볼 수 있다.

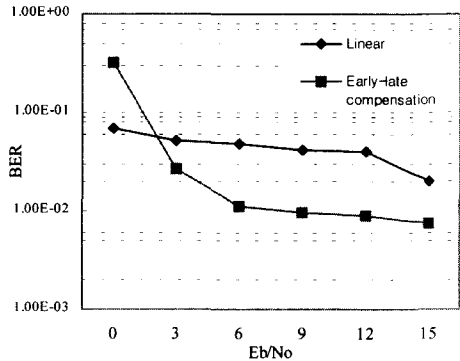


그림 10. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘의 성능 분석 ( $fdT_s=0.2$ )

그림 10은  $f_d T_s$ 가 0.2일 때, Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 사용하였을 때의 BER성능을 살펴 본 그래프이다. 앞서 살펴보았던 결과와 마찬가지로 그림 10에서도 BER 성능이 급격하게 향상되는 문턱값이 존재하며, 위의 그림에서는 대략  $E_b/N_0$ 값이 3 dB 정도일 때, 성능의 향상이 눈에 띄게 증가한다. 그리고 9 dB 이상에서는 BER 성능이 수렴하는 것을 볼 수 있다. Early-late 도플러 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘에서의 성능이 기존의 방식에 대하여 월등하게 향상되는 이유는 제안된 방식에서는 도플러 주파수 자체를 보상하며 채널을 추정하게 된다는 데에 있다. 기존의 알고리즘은 도플러 주파수에 의해서 왜곡된 신호로부터 채널의 특성을 유추해내기 때문에 이미 왜곡된 신호를 다시 보상해줄기가 어려웠다. 하지만 제안된 방식은 Early-late 도플러 보상 주파수 생성기에서 채널의 페이딩 속도에 따라서 스텝 간격을 결정해준다. 그리고 이 스텝 주파수를 바탕으로 하여 보상 주파수를 변화시키며, 도플러 주파수를 보상하여 주므로 시스템의 성능을 향상시키는 데에 기여하게 된다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 Early-late 도플러 주파수 보상 기법을 이용한 채널 추정 알고리즘을 제안하였다. 기

존의 채널 추정 알고리즘은 수신된 신호의 파일럿 심볼 구간동안 채널의 상태를 추정한 후, 그 복소 공액값을 이용하여 데이터 심볼 구간을 보상하는 방식으로 수행된다. 하지만 채널에서 도플러 편이 현상으로 인해 신호 자체가 왜곡된 경우에는 아무리 효과적인 채널 추정 알고리즘을 사용한다해도, 시스템의 성능을 향상시키기가 어렵다. 따라서 제안된 방식에서는 수신단에서 도플러 주파수 보상 과정과 채널 추정 과정을 동시에 수행하여 시스템의 성능 향상을 도모하였다. 제안된 방식에 대한 시뮬레이션 결과에 따르면 Early-late 도플러 주파수 보상 기법을 이용한 채널 추정 기법을 사용할 때는 시스템의 성능이 급격하게 향상되는 문턱값이 존재하고, 임계에 이르면 송신 신호의 출력을 증가시키도, 성능이 그다지 많이 개선되지 않는 경향을 나타낸다. 이는 송신기에서 도플러 주파수를 효율적으로 보상해 주기 위한 최소한의 Eb/No값 이상으로 전송할 경우 시스템의 성능 향상이 극대화 될 수 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

[1] H. Andoh, M. Sawahashi, and F.Adachi, "Channel estimation filter using time multiplexed pilot channel for coherent RAKE combining in DS-CDMA mobile radio," IEICE TRANS. Vol E81-B. No. 7, pp.1517-1525, July, 1998.

[2] S. Abeta, M. Sawahashi, and F.Adachi, "Performance comparison between time multiplexed pilot channel and parallel pilot channel for coherent RAKE combining in DS-CDMA mobile radio," IEICE TRANS. Vol E81-B. No. 7, pp.1417-1425, July, 1998.

[3] S.Abeta, Sawahashi, and F.Adachi, "Adaptive channel estimation for coherent DS-CDMA mobile radio using time multiplexed pilot and parallel pilot structure," IEICE TRANS. Vol E82-B. No. 9, pp.1505-1513, Sep., 1999.

[4] S.Sampe, "Rayleigh fading compensation for QAM in land mobile radio communications," IEEE Trans., Vol., VT-42, pp. 137-147, May. 1993.

[5] M.Usuda, and Y.Ishikawa, "Optimizing the number of dedicated pilot symbols for forward

link in W-CDMA system," IEEE, VTC, pp.2118-2122, May, 2000.

[6] M.Sakamoto, and J.Huoponen, "Adaptive channel estimation with velocity estimator for W-CDMA Receiver," IEEE VTC, pp.2024-2028, May, 2000.

[7] Seokjun Ko, and Hyungjin Choi, "Effect of Imperfect channel estimation on the performance of pilot channel aided coherent DS-CDMA system over rayleigh fading multipath channel," IEICE TRANS. Vol. E83-B, No.3, pp.721-733, March, 2000.

[8] A.Popper, E.Bejjani, "Frame oriented channel estimation for UTRA/FDD with LSE polynomial fitting," ICC 2000, pp.2128-2132, July, 2000.

[9] ITU-R, Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000, Recommendation ITU-R, M.1225, 1998.

[10] Harri Holma, Antti Toskala, WCDMA for UMTS, Wiley, 2000.

[11] Heinrich Meyr, Marc Moeneclaey, Stefan A. Fechtel, Digital Communication Receivers: Synchronization, Channel Estimation, and Signal Processing, Wiley, 1997.

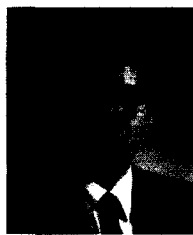
최 정 현(Jung-Hyun Choi) 부회원



1999년 2월 : 이화여자 대학교  
전자공학과 졸업  
2001년 2월 : 이화여자 대학교  
전자공학과 석사  
2001년~ : 삼성전자 연구원

<주관심 분야> CDMA 이동통신 시스템, 비동기 방식의 셀 탐색 기법, 오류 정정 부호

김 낙 명(Nak-Myeong Kim) 정회원



1980년 : 서울대학교  
전자공학과 졸업  
1982년 : KAIST 전기 및  
전자공학과 석사  
1990년 : 미국 Cornell University  
전기공학과 공학박사



1990년 ~1996년 : LG 정보통신(주) 책임연구원.

1996년 ~현재 : 이화여자대학교 공과대학 전자공학과  
부교수.

<주관심 분야> CDMA 디지털 이동통신, IMT-2000,  
4세대 이동통신, 위성통신