

IMT-2000 시스템의 파일럿 심볼을 이용한 LMS 적응형 채널추정 알고리즘의 성능 평가

정회원 구 제 길*, 최 형 진**

Performance evaluation for the channel estimation of LMS adaptive algorithm using pilot symbols for IMT-2000 system

Je-gil Koo*, Hyung-jin Choi** *Regular Members*

요 약

이 논문은 레일레이 감쇄 채널 환경에서 IMT-2000 파일럿 심볼 구조의 W-CDMA 시스템 역방향 링크의 채널 추정에 관한 LMS 적응형 알고리즘 성능을 WMSA(Weighted Multi-Slot Averaging)($K=1,2,3$), 일정 추정이득(Constant estimation gain) 및 RLS 알고리즘 성능과 비교 분석하였다. 이 논문의 모형은 IMT-2000 3GPP 규격의 W-CDMA 채널 구조, 변조 및 파일럿 패턴을 이용하였다. 파일럿 심볼 위치의 채널추정은 LMS 알고리즘을 이용하고 데이터 심볼 위치의 채널보상은 선형 보간으로 수행하였다. 저속 도플러 주파수에서는 WMSA($K=1,2,3$) 성능이 일정 추정이득, RLS 및 LMS 적응형 알고리즘 성능보다 우수하며, WMSA($K=1$) 성능의 경우 일정 추정이득, RLS 및 LMS 적응형 알고리즘 성능과는 큰 차이가 없다. 그리고 LMS 알고리즘 성능은 WMSA($K=1$) 성능과 매우 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 도플러 주파수가 고속화될수록 LMS 알고리즘의 성능이 WMSA($K=1$), 일정 추정이득 및 RLS 알고리즘 성능보다 우수함을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper presents the performance evaluation of a channel estimation algorithm using LMS algorithm for IMT-2000 pilot symbol-assisted W-CDMA reverse link over Rayleigh fading channels. By obtaining BER performance through computer simulations, the LMS algorithm is compared with the WMSA($K=1,2,3$), constant estimation gain, and RLS algorithms. The channel structure, modulation and pilot patterns are applied to the 3rd generation partnership project (3GPP) ITU-R proposal for the IMT-2000. The LMS performance with linear interpolation is similar to the WMSA($K=1$), constant estimation gain, and RLS algorithm at low Doppler frequencies. However, with high Doppler frequencies, the BER performance of LMS with linear interpolation is more than that of WMSA($K=1$), constant estimation gain, and RLS algorithm at wide range of Doppler frequencies.

I. 서론

IMT-2000 파일럿 심볼 구조를 갖는 W-CDMA 시스템 특징 가운데 하나는 셀사이 비동기 방식을 채택하고 있는 것이다. 셀사이 비동기 방식은 일반적으로 두 가지 장점을 가지고 있다. 첫째, 외부 시

간 기준이 필요없기 때문에 매우 융통성있는 시스템 전개가 가능하다. 둘째, 거의 무한 수의 긴 확산 부호를 발생할 수 있기 때문에 짧은 확산 부호들을 다른 셀과 독립적으로 사용자들에게 할당할 수 있다는 점이다. 또 다른 특징은 기존의 IS-95 비동기 시스템과는 달리 링크 용량을 늘리기 위해서 순방

* 용인송담대학 전자과(jgkoo@dragon.ysc.ac.kr),

** 성균관대학교 전기.전자 컴퓨터 공학부(hjchoi@skku.ac.kr)

논문번호 : 00004-0107, 접수일자 : 2000년 1월 4일

향과 역방향 링크에서 모두 동기 복조방식을 채택하고 있다. 일반적으로 동기 복조 시스템의 역방향 링크의 용량은 비동기 링크 용량의 약 1.8배로 알려져 있다^[1].

동기 복조를 위해서는 변조하지 않는 파일럿 신호를 이용하여 채널 추정을 수행한다. 파일럿 신호를 이용한 채널추정 방법은 별도의 채널을 할당한 파일럿 채널 방식과 타임 슬롯 단위의 통화 채널이나 제어 채널내에 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 시간적으로 다중화하여 전송하는 파일럿 심볼 방식으로 나눈다. W-CDMA 규격에서는 순방향과 역방향 링크에서 파일럿 심볼을 이용한 채널 구조를 채택하고 있다^[8].

파일럿 심볼 구조의 채널 추정은 동기 복조를 위해 송·수신단에서 서로 알고 있는 파일럿 심볼을 데이터 심볼과 주기적으로 시분할 다중화하여 전송하고, 파일럿 심볼 구간의 채널 추정값을 이용하여 데이터 심볼 구간의 채널 변화를 보상한다. 이와같이 파일럿 심볼을 이용한 채널추정 연구는 S. Sampei 의 저차 정규 보간(low-order Gaussian interpolation)^[2], 그리고 F. Adachi 의 WMSA (Weighted multi-slot averaging)^[3]과 파일럿 심볼과 채널을 이용한 결정지향(Decision-directed) 방식^[4], RLS^[5] 및 LMS^[6] 적응형 여파기를 이용한 알고리즘등이 수행되었다.

이 논문에서는 LMS 적응형 채널추정 알고리즘을 이용하여 파일럿 심볼 구조의 W-CDMA 시스템 역방향 링크에서 고정 할당 채널(DPCH)의 채널추정 성능을 레일레이 감쇄 채널환경에 따른 모의 실험을 통해 WMSA(K=1,2,3), 일정 추정이득 및 RLS 알고리즘 성능과 비교 분석하였다.

II. 시스템 모형

이 논문에서 적용한 시스템 모형은 IMT-2000 시스템의 W-CDMA 역방향 링크 규격^[8]에 따른다. 따라서 채널 추정을 위한 채널구조는 물리 채널중 고정할당 물리 채널 (DPCH : Dedicated Physical Channel)의 제어 채널인 DPCCCH (Dedicated Physical Control Channel)과 데이터 채널인 DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)을 이용한다. 채널 추정을 위한 파일럿 심볼은 제어 채널인 DPCCCH 의 파일럿 패턴^[8]을 이용하여 페이딩에 의한 채널변화를 추정하고, 데이터 채널인 DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)의 데이터 심볼

을 보상한다.

1. 송신기 모형

송신기 모형은 그림 1과 같은 구조를 갖는다. 데이터 채널과 제어 채널을 각각 동상 채널과 직각 위상 채널에 연결한다. 그리고 각각 짧은 주기의 일위 함수 $W_d(t)$ 와 $W_c(t)$ 으로 확산한 다음, 긴 주기의 확산부호 $a_k^{I/Q}(t)$ 로 복소 확산한다.

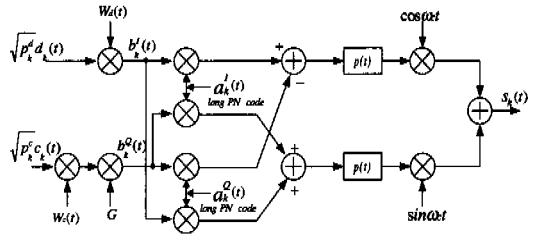


그림 1. 역방향 연결 송신기 모형

펄스정형 필터의 충격 응답 $p(t)$ 는 칩 구간동안 단위 직각 펄스로 가정한다. 그리고 $c_k(t)$ 는 제어 채널인 DPCCCH 신호를 나타내고, $d_k(t)$ 는 데이터 채널인 DPDCH 신호를 나타낸다. 송신기 모형을 기초로 한 전체 K 명의 사용자의 송신신호는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 S(t) = & \sum_{k=1}^K \{ [(\sqrt{P_d^0} b_k^I(t) a_k^I(t) - \sqrt{P_c^0} b_k^Q(t) a_k^Q(t)) \\
 & \times \cos \omega_c t \\
 & + [(\sqrt{P_d^0} b_k^I(t) a_k^Q(t) + \sqrt{P_c^0} b_k^Q(t) a_k^I(t)) \\
 & \times \sin \omega_c t \} \quad (1) \\
 b_k^I(t) = & d_k(t) W_d(t), \quad b_k^Q(t) = G \cdot c_k(t) W_c(t)
 \end{aligned}$$

여기서 $a_k^{I/Q}(t) (= \sum_{n=0}^{N-1} a_{k,n}^{I/Q} b(t-nT_c))$ 는 k -번째 사용자의 I 와 Q 채널의 칩 주기 T_c 를 갖는 긴 주기의 확산부호를 나타내고, K 는 전체 사용자 수를 가르킨다. 그리고 P_d^0 와 P_c^0 는 k -번째 사용자의 제어 채널 및 데이터 채널의 전력을 나타낸다. $b_k^{I/Q}(t)$ 는 심볼주기 T 를 갖는 k -번째 사용자의 제어 채널 및 데이터 채널의 이진 데이터 열을 나타내며, $N (= T/T_c : 정수)$ 와 G 는 각각 처리이득과 제어채널의 이득을 의미한다.

2. 수신기 모형

송신된 신호는 저속 레일레이 감쇄 채널 모형에

서 서로 다른 지연을 갖는 P 개의 다중 경로를 통해 수신기에 입력된다. K 명의 동작중인 전체 사용자 수신신호는 식 (2)와 같이 전체 사용자 K 와 P 개의 경로 지연 및 위상 이동에 의한 신호의 조합 형태로 입력된다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^P a_k^l \{ [(\sqrt{P_k^d} b_k^l(t - \tau_k^l) a_k^l(t - \tau_k^l) - \sqrt{P_k^c} b_k^l(t - \tau_k^l) a_k^l(t - \tau_k^l)) \cdot \cos(\omega_c t + \phi_k^l) + [(\sqrt{P_k^d} b_k^l(t - \tau_k^l) a_k^l(t - \tau_k^l) + \sqrt{P_k^c} b_k^l(t - \tau_k^l) a_k^l(t - \tau_k^l)) \cdot \sin(\omega_c t + \phi_k^l)] \} + n(t) \quad (2)$$

여기서 a_k^l , τ_k^l 과 ϕ_k^l 은 각각 k -번째 사용자, l -번째 경로의 이득, 시간 지연 및 위상을 나타낸다. 경로 이득 a_k^l 은 평균전력이 $E[a_k^l] \equiv 2\rho$ 인 레일리 분포를 갖고, 경로 위상 ϕ_k^l 은 $[0, 2\pi)$ 구간에서 균일분포를 갖는다고 가정한다. 그리고 $n(t)$ 는 양측 스펙트럼 밀도가 $N_0/2$ 인 백색잡음 채널 확률과정이며, 두 개의 직교 정규 잡음 확률과정의 합 $n(t) = n_c(t) + jm_c(t)$ 으로 나타낼 수 있다.

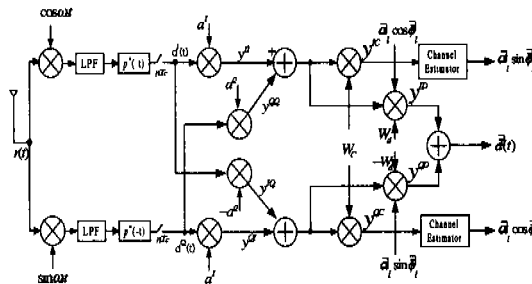


그림 2. 역방향 링크 수신기 모형

그림 2와 같이 수신기에 입력된 신호는 I 와 Q 위상에 따라 기저대역으로 변환되고 저역통과 여파기를 통과한 다음, 정합 여파기를 거쳐 이상적인 칩 주기의 표본화 신호를 얻는다. 일반적으로 k -번째 사용자의 l -번째 경로를 고려할 경우 표본화 신호에 대한 채널 코드와 윌쉬 코드의 역확산 신호는 식 (3)과 (4)와 같이 얻을 수 있다. 여기서 $y_k^{IC}(l)$ 와 $y_k^{IQ}(l)$ 는 각각 동상 성분의 k -번째 사용자 제어 채널 신호와 데이터 채널 신호를 나타낸다. $y_k^{QC}(l)$ 과 $y_k^{QD}(l)$ 는 각각 직각 위상 성분의 제어 및 데이터 채널 신호를 나타내며, 식 (3)과 (4)와 같은 형태로 유도할 수 있다. 그리고 $y_k^{II}(l)$, $y_k^{IQ}(l)$, $y_k^{QI}(l)$ 및

$y_k^{QQ}(l)$ 은 각각 동상과 직각 위상 성분을 복소 역확산한 신호들을 나타낸다. 또한 $W_c(t)$ 와 $W_d(t)$ 는 제어 채널 신호와 데이터 채널 신호를 구분하기 위한 윌쉬 함수를 나타낸다.

$$y_k^{IC}(l) = [y_k^{II}(l) + y_k^{QQ}(l)] \times W_c(t - \tau_k^l) = \hat{a}_k^l \sqrt{P_k^d} G c_k^l(t - \tau_k^l) \sin \phi_k^l + \frac{1}{2} \times [n_c(t) a_k^l(t - \tau_k^l) + n_s(t) a_k^l(t - \tau_k^l)] \times W_c(t - \tau_k^l) \quad (3)$$

$$y_k^{IQ}(l) = [y_k^{II}(l) + y_k^{QQ}(l)] \times W_d(t - \tau_k^l) = \hat{a}_k^l \sqrt{P_k^d} d_k^l(t - \tau_k^l) \cos \phi_k^l + \frac{1}{2} \times [n_c(t) a_k^l(t - \tau_k^l) + n_s(t) a_k^l(t - \tau_k^l)] \times W_d(t - \tau_k^l) \quad (4)$$

III. 채널추정 알고리즘

1. WMSA 알고리즘

WMSA(Weighted Multi-Slot Averaging) 알고리즘은 W-CDMA 역방향 DPCH 프레임의 파일럿 패턴에 따라 시분할 다중화되어 전송된 파일럿 심볼들의 채널을 추정하고 기중값에 따라 여러 개의 슬롯 정보를 평균하여 데이터 심볼들의 채널변화를 보상하는 방식이다.

WMSA 알고리즘은 한 타임 슬롯안에 포함된 일정한 길이의 파일럿 심볼을 이용하여 채널을 추정 한 뒤, 각 타임 슬롯에서 얻은 추정값을 여러 개의 타임 슬롯에 대해 기중값을 주고 평균을 취하여 현재 타임 슬롯의 데이터 심볼을 보상하기 위한 최종 채널 추정값을 구한다.

먼저, 수신된 l -번째 경로 성분 가운데 n -번째 타임 슬롯의 m -번째 심볼을 $r_l(n, m)$ 로 나타낸다. WMSA 알고리즘의 파일럿 심볼들의 평균개념에 의해서 파일럿 심볼 위상을 고려한 n -번째 타임 슬롯에 속한 파일럿 심볼을 이용한 순간 채널 추정 $\hat{\zeta}_l(n)$ 은 식 (5)와 같이 구할 수 있다^[3].

$$\hat{\zeta}_l(n) = \frac{1}{N_p} \sum_{m=0}^{N_p-1} r_l(n, m) \cdot e^{-j\theta} \quad (5)$$

여기서 N_p 는 파일럿 심볼의 개수이다.

n -번째 타임 슬롯의 데이터 심볼들을 보상하기 위한 채널 추정 $\hat{\zeta}_l(n)$ 은 $2N_p$ 개의 순간 채널 추정을 이용하여 구할 수 있다.

$$\hat{\xi}_i(n) = \sum_{i=-N_{p+1}}^N \alpha(i) \hat{\xi}_i(n+i) \quad (6)$$

여기서 $\alpha(i)$ 은 가장 인자로서 '1'이하의 양수이다^[3].

2. 일정 추정이득 알고리즘

WMSA 알고리즘의 경우 N_p 값에 따라 채널 추정을 위한 타임 슬롯 수가 필요하여 채널 추정 지연이 $N_p \times 2$ 만큼 발생한다. 이는 채널추정 데이터를 이용하여 송신전력 제어 (TPC : Transmitter Power Control) 등 다른 신호처리 기능을 떨어뜨릴 수 있으므로 한 타임 슬롯안의 채널추정 지연 또는 최소한의 타임 슬롯 지연과 데이터 메모리를 갖는 채널추정 알고리즘이 필요하게 된다.

따라서 일정 추정이득(Constant estimation gain) 알고리즘은 현재 타임 슬롯만의 파일럿 심볼을 추정해서 데이터 심볼을 바로 보상하는 방법으로서 간단한 구조의 추정 기법이다. 곧, 해당 타임 슬롯의 파일럿 심볼만을 추정해서 수신 데이터 심볼의 채널변화를 보상하는 방식이다. 일정 추정이득 알고리즘은 추정 지연이 발생하지 않으므로 W-CDMA 시스템에서 송신전력 제어를 한 타임 슬롯안에 수행할 수 있는 장점을 가지고 있다.

3. RLS 적응형 알고리즘

RLS (Recursive Least Square) 적응형 추정 알고리즘을 적용하여 각 타임 슬롯에 주기적으로 인가된 파일럿 심볼 구간에 대한 순간 채널 전달함수를 추정한다. RLS 알고리즘을 이용한 m -번째 파일럿 심볼의 채널추정 전달함수 $y(m)$ 은 식 (7)과 같다^[5].

$$\Phi(m) y(m) = \theta(m) \quad (7)$$

여기서 $\Phi(m)$ 은 파일럿 심볼 $u(m)$ ($m=1, 2, \dots, N_p$) 들의 자기상관 함수(Auto-correlation function)를 나타내고, $\theta(m)$ 은 파일럿 심볼과 수신 심볼 $r(m)$ 간의 교차상관 함수(Cross-correlation function)를 나타낸다.

$\Phi(m)$ 과 $\theta(m)$ 은 각각 식 (8)과 (9)와 같이 표현된다.

$$\Phi(m) = \lambda\Phi(m-1) + u(m)u(m)^* \quad (8)$$

$$\theta(m) = \lambda\theta(m-1) + u(m)r(m)^* \quad (9)$$

여기서 λ 는 지수 함수적으로 심볼의 가중값을

주기 위한 망각계수(forgetting factor)이다. $y(m-1)$ 은 $(m-1)$ -번째 파일럿 심볼에 대한 채널추정 전달함수를 의미한다.

$$y(m) = \frac{\theta(m)}{\Phi(m)} = \frac{\lambda\Phi(m-1)y(m-1) + u(m)r(m)^*}{\lambda\Phi(m-1) + u(m)u(m)^*} \quad (10)$$

위 식과 같이 파일럿 심볼 수 N_p 만큼 $y(m)$ 의 반복계산으로 n -번째 타임 슬롯의 채널추정 전달함수 $y(n)$ 을 구할 수 있다.

n -번째 타임 슬롯과 $(n+1)$ -번째 타임 슬롯의 순간 채널 추정값을 구하고, 선형 보간법을 이용하여 n -번째 타임 슬롯의 m -번째 데이터 심볼에 대한 채널 특성을 추정 채널값의 결레 복소수를 곱하여 보상한다.

4. LMS 적응형 알고리즘

LMS (Least Mean Square) 알고리즘은 적응형 선형 여파기의 오류 제곱 평균값이 최소가 되도록 탭 가중계수를 조정하면서 채널의 변화를 추정한다. 여파기 구조는 트랜스버설 여파기를 적용한다. 채널 추정을 위해 여파기에 입력되는 데이터는 파일럿 심볼이며, 이를 이용하여 채널의 상태를 추정하고 데이터 심볼에 대한 채널 왜곡을 보상한다. 여파기의 입출력 관계식은 식 (11)~식 (13)과 같다^[6].

$$y(m) = \hat{w}^H(m) u(m) \quad (11)$$

$$e(m) = d(m) - y(m) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \hat{w}(m+1) &= \hat{w}(m) + \mu u(m) [d^*(m) - u^H(m) \hat{w}(m)] \\ &= \hat{w}(m) + \mu u(m) e^*(m) \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 $y(m)$ 과 $e(m)$ 은 각각 여파기 출력과 추정 오류를 나타내고, $u(m)$ 은 시점 m 에서의 탭 입력 벡터를 나타내며, 파일럿 심볼을 의미한다. $d(m)$ 은 원하는 수신 데이터를 나타낸다. 또한 μ 와 $\hat{w}(m+1)$ 은 각각 여파기 스텝 간격과 $(m+1)$ 시점에서 탭 가중 벡터 추정값을 나타낸다. 그리고 앞절과 동일한 방법으로 파일럿 심볼 수 N_p 개 만큼 $y(m)$ 의 반복계산으로 n -번째 타임 슬롯의 채널추정 전달함수 $y(n)$ 을 구할 수 있다.

RLS 알고리즘과 마찬가지로 n -번째와 $(n+1)$ -번째 타임 슬롯의 채널 추정값을 이용하여 n -번째 타임

슬롯의 m -번째 데이터 심볼 구간 보상은 선형 보간식을 이용한다.

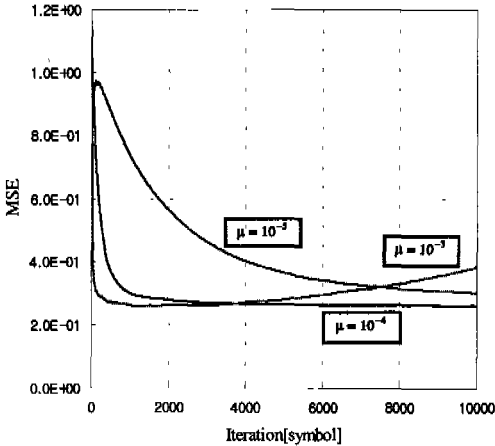


그림 3. 스텝간격 (μ) 에 따른 LMS MSE (Mean Square Error) 성능

그림 3은 LMS 알고리즘에 의한 추정오류의 평균 제곱을 나타낸다. 여기서 스텝 간격 (μ)가 $\mu = 10^{-4}$ 일 때 안정되게 수렴하고, $\mu = 10^{-3}$ 일 때 추정오류의 평균 제곱이 가장 빨리 수렴하지만 2000 심볼 이상에서 계속적으로 발산하고 있음을 알 수 있다.

LMS 알고리즘 성능 평가시 스텝 간격 (μ)을 10^{-4} 로 선택하고, 각 타임 슬롯의 파일럿 심볼 구간에 대한 순간 채널을 추정한 다음, 선형 보간을 이용하여 현재 타임 슬롯의 데이터 심볼에 대한 채널 특성을 추정 채널값의 켈레 복소수를 곱하여 보상한다. 채널 추정값을 이용하여 데이터 심볼 구간 보상은 선형 보간식을 이용한다.

IV. 성능 평가

이 논문의 성능 평가는 레일리 감쇄 환경에서 수행하였다. 각 알고리즘의 성능을 비교 분석하기 위해 완벽한 채널추정 조건에서 동기복조 방식의 비트 오류율 성능^[7]을 각 채널 추정 알고리즘들의 상대적인 성능 기준값으로 하여 알고리즘들 사이의 성능을 분석하였다.

모의 실험에 이용한 데이터 심볼속도는 16Kbps 이고, 10개 심볼의 타임 슬롯 길이 T_s 는 0.625ms이다. 그리고 제어 채널전력 P_s^c 과 데이터 채널전력 P_s^d 및 제어 채널이득 G 를 '1'로 가정하였다.

DPCCH 8비트 파일럿 패턴중 4비트의 파일럿 비트만을 이용해서 LMS 알고리즘의 채널추정 성능을 구하고, WMSA($K=1,2,3$), 일정 추정이득 및 RLS 알고리즘의 오류율 성능과 비교 분석하였다.

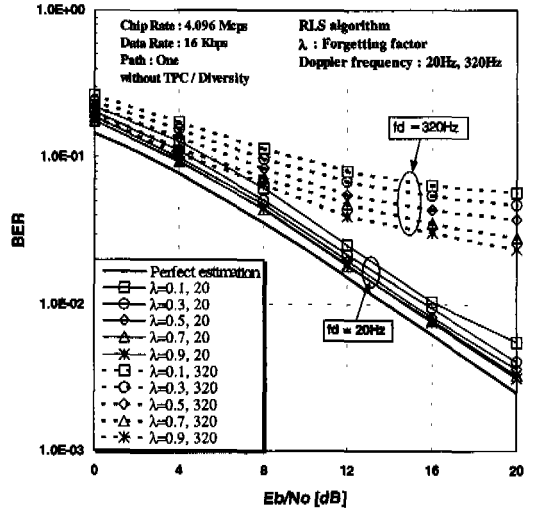


그림 4. $f_d=20\text{Hz}$, 320Hz 에서 망각계수 λ 에 대한 오류율 성능

그림 4는 망각계수 λ 의 크기에 대한 도플러 주파수 $f_d = 20\text{Hz}$ 와 320Hz 에서의 오류율 성능을 나타낸다. 망각계수 λ 를 $\lambda=0.1\sim 0.9$ 범위로 가변시켜서 얻은 오류율 성능은 $\lambda=0.9$ 일 때 가장 우수한 결과를 얻었다. 따라서 망각계수 λ 의 가변에 따른 오류율 성능은 전체적으로 도플러 주파수에 큰 영향을 받지 않고 $\lambda = 0.9$ 의 경우 저속과 고속 도플러 주파수에서 가장 우수한 결과를 얻었다. 이것은 λ 가 '1'에 가까울수록 우수한 성능을 보임을 의미한다. 따라서 '1'에 가까운 망각계수($\lambda=0.99$)를 선택하여 각 페이딩 주파수별 RLS 알고리즘의 오류율 성능을 얻었다.

한편, 그림 5는 3가지 도플러 주파수에 대해 RLS 와 LMS 알고리즘의 성능을 비교한 것이다. 여기서 RLS와 LMS 알고리즘 성능은 파일럿 심볼을 추정된 다음, 선형 보간을 이용하여 데이터 심볼을 보정한 결과를 나타낸다. 도플러 주파수 $f_d = 20\text{Hz}$ 에서는 RLS 알고리즘이 0.5dB 미만의 성능 우위를 보이고 있다. 그리고 $f_d=160\text{Hz}$ 와 320Hz 에서는 성능 차이가 매우 뚜렷하여 LMS 알고리즘 성능이 우수한 결과를 얻었다. 오류율 2.0×10^{-2} 에서 $f_d=160\text{Hz}$ 의 경우 약 1dB 이상의 성능과 f_d

=320Hz의 경우 4dB 이상의 성능 우위를 나타낸다. 전반적으로 모의 실험 주파수 범위에서 LMS 알고리즘 성능이 RLS 알고리즘 성능보다 우수함이 확인되었다. 이것은 한정된 파일럿 구간의 심볼만을 추정하는 성능의 결과로서 이전 타임 슬롯 파일럿 심볼의 망각계수 조정에 의한 RLS 알고리즘 채널 추정 성능보다 해당 타임 슬롯 채널 추정을 빠른 수렴속도로 접근하여 실제 채널값과의 차이를 줄여서 근접한 채널을 추정하는 LMS 알고리즘 오류율 성능이 우수한 것으로 판단된다.

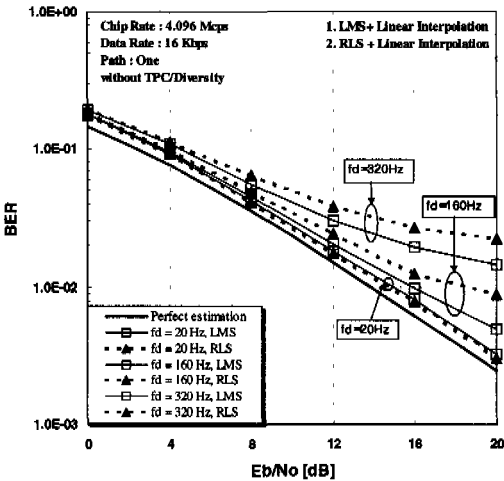


그림 5. RLS 알고리즘과 LMS 알고리즘간 오류율 성능

그림 6은 이 논문에서 평가한 4가지 알고리즘의 성능을 3가지 도플러 주파수에 대해서 오류율 성능

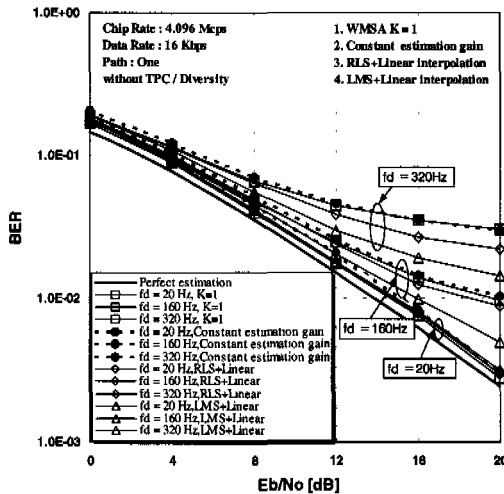


그림 6. WMSA(K=1), 일정 추정이득, RLS 및 LMS 알고리즘간 오류율 성능

을 종합적으로 비교한 것이다. 그리고 WMSA 알고리즘 가운데 고속 도플러 주파수 환경에서 가장 성능이 우수한 WMSA(K=1) 알고리즘을 선택하여 성능을 평가하였다.

도플러 주파수 $f_d=20\text{Hz}$ 에서는 WMSA(K=1) 알고리즘 성능과 다른 알고리즘들의 성능 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 그러나 도플러 주파수가 증가할수록 점점 성능차이가 두드러져서 LMS 알고리즘 성능이 가장 우수하고, 다음으로 RLS 알고리즘 순이다. 그리고 WMSA(K=1) 알고리즘과 일정 추정이득 알고리즘 성능은 도플러 주파수가 증가할수록 매우 비슷한 성능 결과를 보여주고 있다.

V. 결론

이 논문은 IMT-2000 파일럿 심볼 구조의 W-CDMA 시스템 역방향 링크의 채널 추정을 레일레이 감쇄 채널 환경에서 LMS 적응형 채널추정 알고리즘의 오류율 성능을 평가하고, WMSA(K=1,2,3) 알고리즘, 일정 추정이득 및 RLS 알고리즘의 성능과 비교하였다. W-CDMA 채널 구조, 변조 및 파일럿 패턴등은 3GPP 규격에 따르며, 컴퓨터 모의 실험을 통해 오류율 성능을 얻었다. 그 결과 낮은 도플러 주파수에서는 WMSA(K=3) 알고리즘 성능이 우수하고, 도플러 주파수가 높을수록 선형 보간을 이용한 LMS와 RLS 알고리즘들의 성능이 전반적인 E_b/N_0 구간에서 성능 우위를 나타냈다. 그리고 상대적으로 구조가 간단한 일정 추정이득 알고리즘 성능이 저속 도플러 주파수를 제외하고는 오히려 WMSA(K=3) 알고리즘 성능보다 훨씬 우수함이 확인되었다. 따라서 성능을 목표로 한 시스템 구현에서는 LMS 알고리즘이 적절하고, 구현의 단순성을 고려한다면 일정 추정이득 알고리즘의 접근도 의미가 있을 것으로 판단된다.

앞으로 고속화되어 가는 이동통신 환경에서 고속 페이딩에 강한 채널추정 알고리즘의 개발과 함께 전력제어 (TPC)에 활용할 수 있는 알고리즘의 개발이 기대된다.

참고 문헌

[1] N. Nakajima and F. Adachi, "Wideband DS-CDMA for 3rd Generation Mobile Communication systems," Telecommunications Review, Vol. 7, No. 2, pp. 178-187 March-April 1997.

[2] S. Sampei and T. Sunage, "Rayleigh fading compensation for QAM in land mobile radio communications," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. VT-42, pp. 137-147, May 1993.

[3] H. Andoh, M. Sawahashi and F. Adachi, "Channel Estimation Filter using Time-Multiplexed Pilot Symbols for Coherent RAKE Combining in DS-CDMA Mobile Radio," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E81-B, pp. 1517-1526, July 1998.

[4] G. Auer, G.J.R. Povey and D.I. Laurenson, "Mobile Channel Estimation for Decision Directed RAKE Receivers operating in Fast Fading Radio Channels," in *Proc. of IEEE International Spread Spectrum Techniques & Application (ISSSTA98)*, pp. 576-579, Sep. 1998.

[5] A. Higashi, T. Taguchi, and K. Ohno, "Performance of Coherent Detection and RAKE for DS-CDMA Uplink Channels," *Proc. of IEEE PIMRC'95*, pp. 436-440, Sep. 1995.

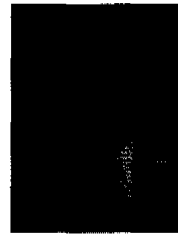
[6] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory, Third Edition*, Prentice-Hall Inc., 1996.

[7] J. G. Proakis, *Digital Communications*, Mc Graw-Hill, 1995

[8] 3GPP, "Technical specifications of physical channels and mapping of transport channels onto physical channels(FDD)," Version 2.0, Apr. 1999.

구 제 길(Je-gil Koo)

정회원



1984년 2월 : 성균관대학교
전자공학과 졸업 (학사)
1986년 2월 : 성균관대학교
일반대학원 전자공학과
졸업 (석사)
1996년 3월~현재 : 성균관대학교
일반대학원 전자공학과
박사수료

1986년 1월~1998년 1월 : 삼성전자(주) 정보통신(본)
정보통신및 CDMA 개발연구소 근무(선
임연구원)

1998년 3월~현재 : 용인송담대학 전자과 교수
<주관심 분야> 디지털통신, 이동 및 무선통신, IMT-
2000 CDMA 시스템 개발과 신호 처리기술
등임.

최 형 진(Hyung-jin Choi)

정회원



1974년 2월 : 서울대학교 전기공학과
졸업 (학사)
1976년 2월 : 한국과학기술원
전기전자공학과 졸업 (석사)
1976년 3월~1979년 7월 :
주식회사 금성사 중앙연구소
근무 (선임연구원)

1979년 9월~1982년 12월 : 미국 University of
Southern California 전기공학과 공학
박사 (Ph.D)

1982년 10월~1989년 2월 : 미국 LinCom Corp. 근
무(연구원)

1989년 3월~현재 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터
공학부 정교수

<주관심 분야> 디지털통신, 무선통신, 이동통신, 위
성통신 및 동기화 기술을 포함한 MODEM
기술 등임.