

# W-CDMA 시스템을 위한 Lock Detector 설계

정회원 원 석 호\*, 김 환 우\*\*

## Design of Lock Detector for W-CDMA System

Seok H. Won\*, Whan Woo Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 전력분포 프로파일이 시간적으로 가변 하는 다중경로 무선채널 환경하에서, 복조중인 경로의 최적 시간오프셋이 가변 될 때, 현재의 (최적) 채널경로 시간오프셋이 복조기에 올바르게 할당되어 있는지 (“demodulation lock”) 혹은 채널경로의 시간오프셋이 바뀌었거나 또는 다른 이유로 틀리게 할당되었는지 (“demodulation unlock”)를 판단하기 위한 락 검출기 (lock detector, LD)의 수신 칩에너지대 간섭전력 스펙트랄밀도 (chip-energy per interference power spectral density,  $E_c/I_o$ ) 예측기 (estimator)구조를 제안하고 설계변수값을 최적화하기 위한 방법을 제공하였다. 또한 무선채널 환경모델로서 AWGN, 레일라이 (Rayleigh), 및 “birth-death” 채널모델을 사용하여 설계변수값에 따른 영향을 비트오율 (bit error rate, BER) 관점에서 분석하였다. 분석결과 AWGN 채널에서는 제안된 예측기가 “unbiased”되지만 레일라이 채널에서는 “biased”되므로 검출임계치 (detection threshold) 및 루프필터 (loop filter)의 “forgetting factor” 등을 포함한 설계변수를 설정할 때에 이 “bias”에 의한 손실을 고려하여 최적화해야 함을 보였으며, 최적화로 인한 비트오율 개선 량을 보였다.

### ABSTRACT

This paper provides the structure and the parameter-optimization method for the lock detector's estimator of received chip-energy-per-interference-power-spectral-density ( $E_c/I_o$ ), as the decision variable for determining whether the demodulation's path time offset is correct (“demodulation lock”) or is not correct (“demodulation unlock”) in multi-path propagation wireless channel with time-variant power distribution profile. We also analyze the bit-error-rate (BER) change as the parameter's values change in AWGN, Rayleigh, and birth-death propagation channel model. By the analysis, we know that the proposed estimator is unbiased at AWGN, but biased at Rayleigh, and so we should determine the design parameters such as detection threshold or loop filter's forgetting factor by considering the bias loss. Finally, we showed BER improvement through this parameter optimization process.

### I. 서 론

CDMA (code division multiple access) 이동통신용 수신기는 레이크 결합 (Rake combining)을 이용한 복조를 수행한다<sup>[1][2]</sup>. 이 때, 무선채널의 시간적 가변 다중경로 환경하에서 수신기는 신호세기가 가장 큰 경로들을 찾아내어 복조기들에 할당하는데, 잘못된 할당이나 혹은 할당시점 이후 그 경로의 시간오프셋이 이동된 경우는 잡음이 결합되어서 수신

성능이 열화될 수 있다. 따라서 각 복조기들은 자신에게 할당된 경로의 신호대 간섭비 (signal to interference ratio, SIR)를 측정하여 잡음이 큰 경로를 결합에서 배제하게 함으로써 수신기의 최대비결합이득 (maximal ratio combining gain, MRC gain)을 최대화 할 수 있다.

지금까지 레이크결합의 성능을 개선시키는 방법으로서 무선채널의 신호크기 (amplitude) 감쇄 및 위상왜곡에 대한 정확한 예측, 분리가능한 경로수의 증가 및 그를 위한 안테나 다이버시티 (antenna

\* 한국전자통신연구원 무선전송연구부 모뎀구조연구실(shwon@etri.re.kr), \*\* 충남대학교 정보통신공학부 신호처리연구실  
논문번호 : 020062-0205, 접수일자 : 2002년 2월 6일

diversity)에 대한 연구가 진행되어 왔다<sup>[3][4][5]</sup>. 문헌 [3][4]에서는 상기 변수에 의한 다이버시티이득과 BER을 해석적 방법으로 분석하였으며, 문헌 [5]에서는 채널예측방법으로서 “Weighted Multi-slot Averaging (WMSA) filter”를 사용한 MRC 복조기에서 경로수에 따른 성능을 현장시험 (field test)으로 보여주었다.

본 논문에서는 수신기의 각 복조기들내에서 자신에게 할당된 경로의  $E_c/I_o$ 를 측정하는 방법과, 측정된  $E_c/I_o$ 를 결정변수로 한 임계치검출 (threshold detection)방법으로써 경로신호가 존재하는 경우를 “lock”, 존재하지 않는 경우를 “unlock”으로 판별하여 복조결합 여부를 판별함으로써 MRC이득을 최대화하는 방법을 제공한다.

기존의 음성위주 CDMA 이동통신에서, “lock”검출을 위한  $E_c/I_o$  예측방법은 자동이득조절 (automatic gain control, AGC)를 통한, 스케일 (scale)된 복조기 입력전력을 모두 간섭전력으로 간주함으로써 구했다. 그 근거는 확산된 신호전력이 총 간섭전력에 비해 매우 작기 때문이다. 그러나 W-CDMA 시스템에서는 채널 상황에 따라서 변조방식을 가변시키는 적응변조(adaptive modulation) 등을 채택하고 있으므로 정확한  $E_c/I_o$ 가 요구되고, 특히 큰 신호세기가 요구되는 고속 데이터전송 서비스는 기지국 근처의 단말기에게 제공된다<sup>9)</sup>. 기지국에 가까운 단말기가 수신하는 총 전력에 포함된 신호전력은 비록 확산되어 있다고 하더라도 그 양은 크게 되므로 AGC 기준전압을 이용한 기존의 방법으로는 큰 오차가 발생한다.

본 논문에서는 상기 기존의 방법보다 더욱 정확한  $E_c/I_o$  예측기를 제안하고, 주어진 무선채널 환경 조건하에서  $E_c/I_o$ 예측기의 출력(결정변수)의 분포를 통하여 락 검출확률을 구하며, 이들을 고려한 최적의 설계 변수값을 제시한다. 마지막으로, 모델링된 시간적인 가변 다중경로 채널 환경하에서 채널예측, 다중경로탐색, 동적인 복조기할당 알고리즘 등과 연계된 종합적인 수신기의 MRC성능을 BER로 분석한다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서 사용한 순방향 채널의 송신기 및 채널 모델을 그림 1.에 보인다. 그림에서 공통 파일럿 채널 (common pilot channel, CPICH), 사용자전용 물리채널 (user dedicated physical channel, DPCH),

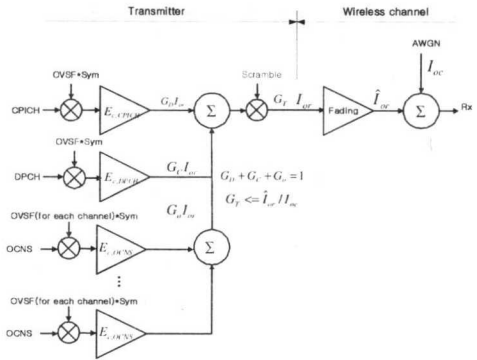


그림 1. 전송 및 채널 모델

및 그 외 직교코드 잡음시뮬레이터 (orthogonal code noise simulator, OCNS)로 표현되는 다른 채널들은 각각 직교가변 확산요소 (orthogonal variable spreading factor, OVSF) 코드로 구분되고, 각각 총 송신전력 ( $I_{or}$ )에 대하여 해당 칩당 에너지 ( $E_{c,CPICH}$ ,  $E_{c,DPCH}$ ,  $E_{c,OCNS}$ ) 및 전력이득 ( $G_D$ ,  $G_C$ ,  $G_O$ )를 갖고 전송된다. 수신기에는 무선 채널에서 페이딩을 겪은 수신신호 전력 ( $\hat{I}_{or}$ ) 대비 타셀 간섭전력 ( $I_{oc}$ )에 대한 비율로 수신된다. 이때  $\hat{I}_{or}/I_{oc}$ 는 셀 내의 단말기 위치에 따른 변수이다<sup>18)</sup>.

그림 2.는 LD 수신모델을 보이는데 그림 1.과는 달리 I,Q-채널을 분리하여 표시하였다. 그림에서 수신 AGC를 통과한 신호는 CPICH패턴이 곱해지고, I, Q 각각 N 칩만큼 코히어런트 (coherent) 적분된 CPICH 심벌들이 출력된다. 신호검출을 위해서는 CPICH 심벌들을 M번 넌코히어런트 결합 (non-coherent combining)하여서 신호전력 ( $C_o$ )이 얻어지고, 간섭전력을 측정하기 위해서는 CPICH 심벌들 각각 이전 심벌과의 차를 제공하는 값을 M번 넌코히어런트 결합한 간섭전력 ( $A_o$ )를 측정한다. 이들은 각각 다음과 같이 주어진다.

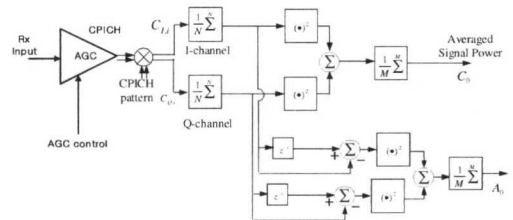


그림 2. LD 수신모델

$$C_o = \frac{1}{M} \sum \left\{ \left( \frac{1}{N} \sum C_{I,i} \right)^2 + \left( \frac{1}{N} \sum C_{Q,i} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

$$A_o = \frac{1}{M} \sum \left\{ \left( \frac{1}{N} \sum_{i=N+1}^{2N} C_{I,i} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{I,i} \right)^2 + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=N+1}^{2N} C_{Q,i} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{Q,i} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

### III. 복조중인 경로의 Ec/Io 예측

본 논문에서 SIR은 CPiCH Ec/Io로 측정하며 W-CDMA 규격 의하면 SIR=(RSCP/ISCP)\*(SF/2) =(RSCP/RSSI)\*(SF/2)의 관계를 갖는다. 여기서 SF는 확산요소 (spreading factor)를 의미하고, RSCP, ISCP 및 RSSI는 각각 수신신호 코드전력 (received signal code power), 간섭신호 코드전력 (interference signal code power) 및 수신신호 세기표시 (received signal strength indication)를 의미한다<sup>6)</sup>.

그림1의 전송 및 채널모델로부터 식 (1), (2)에 신호 및 잡음을 대입하고, 각각 평균을 취하여 정리하면 다음 식 (3), (4)를 얻는다.

$$E[C_o] = (N^2 E_{c,CPICH} + N \sigma_n^2) / N^2 = E_{c,CPICH} + \frac{1}{N} \sigma_n^2 \quad (3)$$

$$E[A_o] = E[(N\sqrt{E_c} + \sum_{i=0}^{N-1} n_i - (N\sqrt{E_c} + \sum_{i=N}^{2N-1} n_i))^2 / N^2] = \frac{2\sigma_n^2}{N} \quad (4)$$

여기서 N은 LD의 코히어런트 적분길이이고,  $n_i$ 는 샘플 i에서 AWGN인 랜덤 프로세스이며,  $\sigma_n^2$ 은

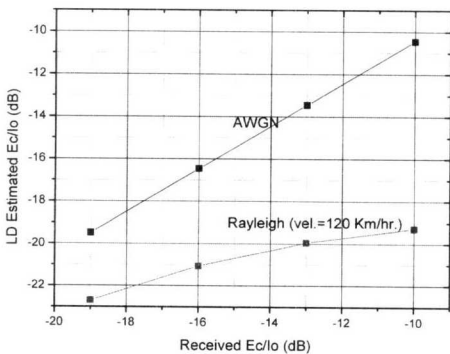


그림 3. 수신 Ec/Io에 따른 LD 예측Ec/Io의 컴퓨터 모의 실험 결과

평균 잡음전력이다. 또한 (3), (4)로부터  $H = E[C_o] / E[A_o]$ 로 표시하면 구하고자 하는 Ec/Io는 다음 식 (5)로 주어진다.

$$E_c/I_o = \frac{1}{N} (2H - 1) \quad (5)$$

그림 3.은 수신 Ec/Io 대비 제안된 예측기로 측정 한 Ec/Io의 컴퓨터 모의실험 결과를 보인다. AWGN 채널과 달리 이동체 속도 120 Km/hr의 레일라이 채널에서는 “under estimation”되는 것을 볼 수 있는데, 이 예측오차에 의한 손실을 고려하여 LD의 임계치를 설정하여야 한다.

### IV. LD의 “Lock” 검출확률

복조기에 새 경로가 할당되거나, LD가 “false unlock”상태에서 가능한 빨리 “lock” 상태로 됨으로써 결합이득을 늘일 수 있으며, 그를 위해서 “lock” 검출확률을 높여야 하고, 따라서 임계치를 낮추어야 한다. 그러나 임계치가 너무 낮으면 신호 보다는 잡음이 결합에 추가 되므로 오히려 수신성능이 열화될 수 있다. 본 장에서는 임계치  $\delta$  대비 LD의 락 검출확률  $P_D$ 에 대해 기술한다. LD의 락 검출확률은 다음과 같이 표현된다.

$$P_D = 1 - F(\delta) \quad (6)$$

여기서  $F()$ 는 신호가 존재할 때 LD Ec/Io 예측기 출력분포의 누적확률밀도함수 (cumulative probability density function)이고 무선채널 분포에 따라서 AWGN 혹은 레일라이의 특성을 나타낸다. AWGN 환경하에서  $\delta$  대비  $P_D$ 결과인 그림 4.에서는 단말기 수신 Ec/Io와  $\delta$ 가 동일한 지점에서는  $P_D$ 는 0.5 부근이 되며 이는 수신 Ec/Io가 평균 값을 중심으로 한 AWGN 분포이기 때문이다. 반면에 그림 5.에서는 단말기 수신 Ec/Io와  $\delta$ 가 동일한 지점에서  $P_D$ 는 0.5보다 훨씬 적은 값이다 (예: Ec/Io= -19 dB에서  $\delta$ =-19 dB인 지점의  $P_D$ 는 0.001) 따라서 레일라이 분포에서는 그림 3.에서도 볼 수 있듯이 “under estimation”된다. 예를 들어서, 그림 5.에서는 단말기 수신 Ec/Io가 -19 dB일 경우,  $P_D$ 가 0.5가 되려면  $\delta$ 는 약 -22 dB가 되어야 하며, 이는 실제 수신 Ec/Io 보다 약 3 dB 낮은 값이다. 따라서 그림 3.에서 수신 Ec/Io가 -19dB일 때 AWGN인 경우보다 약 3 dB 낮게 예측됨을 볼 수

있다. 따라서, 분포  $F()$ 는 그림 3.에서 보여진 바이어스 오차의 양상과도 일치한다.

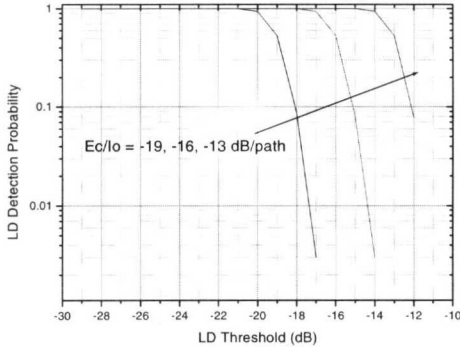


그림 4. 임계치에 따른 LD 검출확률 컴퓨터 모의실험 결과 (AWGN)

결론적으로, 그림 4.에서는 경로당 수신  $E_c/I_o$ 가 -19, -16, -13 dB인 경우 각각 동일한 임계치를 가질 때 검출 확률이 0.5임을 보임으로써 컴퓨터 모의 실험 결과가 검증되었다. 또한 그림 5.에서는 이동체 속도가 120 Km/hr이고 일레로서, 수신  $E_c/I_o$ 가 -13 dB인 경우  $P_d$ 가 0.5이상 되려면  $\delta$ 는 약 -20 dB이하가 되어야 하고, 0.9이상 이 되려면  $\delta$ 는 -21 dB 이하가 되어야 함을 보인다. 이는 다음 장에서 논의 할 비트오율 성능과 직접적인 영향을 갖는다.

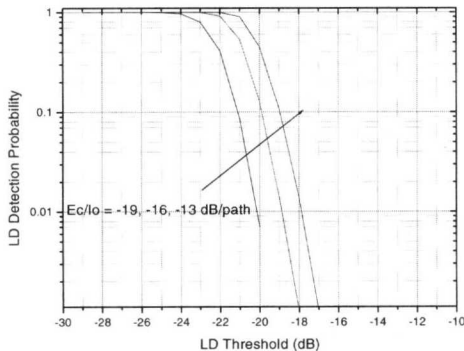


그림 5. 임계치에 따른 LD 검출확률 컴퓨터 모의실험 결과 (레이라이, vel.=120 Km/hr.)

### V. LD 성능분석 환경모델

LD의 성능분석 환경을 위한 전력분포 프로파일 이 시간적으로 가변하는 다중경로 채널 모델은 기

본적으로 W-CDMA의 성능규격에서 권고하고 있는 "birth-death" 채널 모델에 근거하였다<sup>[7][8]</sup>. 문헌 [7]에서는 두 개의 경로지연이 시간적으로 가변 하는 AWGN 채널로 권고하고 있는데 본 논문에서는 다음 표 1. 과 같이 응용한 모델을 사용하였다.

모델링된 채널 환경하에서 다중경로 탐색기 (Multitpath Searcher, MPS), 동적인 복조기할당 알고리즘 (dynamic demodulator assignment algorithm, DDA) 및 시간추적기 (time tracker, TT)와 함께 컴퓨터 모의실험을 수행하였으며, 컴퓨터 모의 실험에 사용된 파라미터는 다음과 같다. 즉, RRC 필터의 "roll over factor"는 0.22, AGC 시정수는 10 msec. 다중경로 탐색기의 1차 드웰 (dwell)

임계치는 -18 dB, 수신기의 총 복조기수는 6개이며, DDA에서 "복조기 재할당"은 현재 복조를 수행중인 경로의  $E_c/I_o$ 보다 새로찾은 경로가 +3dB 이상 클 때 발생하며, 또한 "Free" 복조기가 존재할 경우는 "재할당"보다는 Free 복조기에 새로운 경로를 할당 (New assign)하는 것을 우선으로 하였다. 또한 TT의 루프필터 대역폭은 50Hz로 하였으며, 채널예측기 (Channel Estimator, CE)는 CPICH를 512 칩동안 코히어런트 적분함으로써 얻은 채널의 위상 및 이득 예측값으로서 DPCH 심벌의 채널 왜곡을 보상함과 동시에 MRC를 위한 가중 (weight) 효과도 얻는다.

LD는 "lock"/"unlock"의 스위칭으로 생기는 손실을 방지하기 위하여 히스테리시스 (hysteresis) 특성을 갖도록 하며 이를 위하여 임계치를 상위/하위 (up/lower)의 두 개의 값을 갖도록 하는데, 본 논문에서는 LD의 임계치 자체의 범위에 초점을 맞추므로 상위임계치를 정하고 하위 임계치는 상위보다 1 dB 낮게 설정한다. 다시말해, 상위와 하위 임계치의

표 1. W-CDMA의 성능규격 및 변형한 "birth-death" 채널 모델 비교

항목	본래의 권고 모델	본 논문에서 적용한 모델
무선채널	AWGN	AWGN, 레일라이
경로지연의 범위	$[-A/2, A/2]$ ( $A=5$ s)	$[0, A]$ ( $A=5$ s)
채널 탭 발생 과정	처음 2개의 경로 ( $P_0, P_1$ )가 랜덤하게 발생 한 후 191 ms의 시간이 경과할 때마다 $P_0$ 부터 차례로 경로가 선택되고 선택된 경로에 대해서 $[0,A]$ 까지의 임의의 지연값이 새롭게 주어진다.	

차에 대한 최적화는 LD의 히스터리시스를 통한 안 정도에 관계되고, 이에 대한 분석은 추후과제로 남긴다.

### VI. 비트오율 성능

그림 6.은 AWGN 채널의 “birth-death” 채널 모델에서 BER 컴퓨터 모의실험 결과이다. 그림에서 맨 아래 커브는 시간적으로 불변인 경로지연을 갖는 AWGN 채널에서 이론적인 커브이고, 사각형 커브는 이 채널 조건에서 “Perfect” MPS, DDA, LD 로 하여 얻은 컴퓨터모의실험 결과이다. 여기서 “perfect MPS”란 매 10 msec마다 정확한 채널의 탭 지연 (tap delay)값을 DDA에 제공하고, DDA는 다시 이 정보를 근거로 복조기에 심벌복조를 위한 역확산 시간오프셋 (dispreading time offset)정보를 제공하는 것을 의미한다. 또한 “perfect LD”란 복조기가 정확한 경로지연, 즉, 역확산 시간오프셋을 할당 받으면 항상 Lock신호를 띄워줌으로써 그 경로가 결합에 참여하도록 한 것을 의미한다. 여기서 “perfect”가 아닌 것은 채널예측기 (channel estimator, CE)및 TT이므로 그림에서 BER이 0.05인 지점을 기준으로 이론커브 (맨 아래 커브) 대비 약 0.2 dB 차이를 보이는 것은 CE의 오차 및 TT의 오차이다. 또한 흰 커브는 “birth-death” 채널에서 역시 “perfect” MPS, LD인 경우의 컴퓨터 모의실험 결과로서 상기 고정된 경로지연에서 이론 커브 대비

약 0.8 dB의 손실을 보인다. 맨 위에 위치한 삼각형 커브는 LD의 상위 임계치를 -14 dB, 하위 임계치를 -15 dB로 설정하고 MPS, LD, TT, CE 모두 전장에서 기술한 값으로 설정하여 컴퓨터 모의실험을 수행한 결과이다. 이 커브는 “perfect” MPS, LD인 커브 (흰 커브)와 거의 일치하는데, 그 이유는 그림 6.에서 CpiCH Ec/Io가 13 dB/path 이고, 그림 4.에서 수신 Ec/Io가 경로당 -13 dB일 때 검출확률이 0.9이상인 되는 임계치 (-14 dB 이하)을 설정하였기 때문이다.

그림 7.은 이동체 속도 120 Km/hr.인 “birth-death” 채널 모델에서 수행한 BER 컴퓨터 모의실험 결과이다. 이 그림에서 맨아래의 커브는 시간적으로 고정인 경로지연 및 레일라이 분포를 갖는 무선채널에 대한 이론 커브이다. 검은 흰 커브는 “perfect” MPS, FA, LD인 경우로서 전송한 바와 같이 순수한 채널예측오차(channel estimation error) 및 TT오차에 의한 손실량을 나타내며, 이론 커브 대비 약 0.8 dB의 손실을 보이고, 페이딩율이 커짐에 따라서 증가하게 된다. LD 임계값에 따른 BER 커브는 그림의 맨 위에서부터 흰 삼각형, 원형, 마름모, 및 별형 커브인데, LD 임계치가 -20 dB 이상일 경우 (맨 위의 삼각형 커브)는 그림 5.에서 보듯이 검출 확률이 약 0.5이하로 낮으므로 상대적으로 BER결과가 높게 나왔다. 임계치를 -26 dB이하로 낮추면 (원형, 마름모, 및 별형 커브) 검출 확률이 “1.” 에 근접하고 따라서 “perfect” LD에 근접하

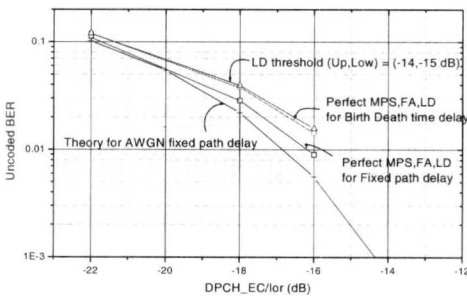


그림 6. “Birth-death” 채널모델 (AWGN)에서 BER 컴퓨터 모의실험 결과

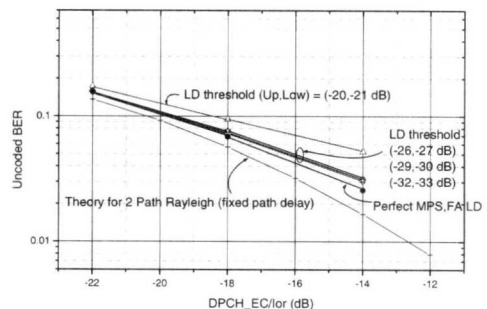


그림 7. “Birth-death” 채널모델 (레이라이, 이동체속도 = 120 Km/hr.)에서 BER 컴퓨터 모의실험 결과

Ior/Ioc = 0 dB, CPICH\_Ec/Ior = -13 dB/path  
 Forgetting Factor for LD = 1/2, AWGN Birth-Death  
 Channel Estimation = 512 chip Int. & Dump (for not perfect)  
 Multipath Searcher Threshold=-18 dB (for not perfect)  
 Time Tracker Treshold = 0.02 (for not perfect)  
 Time Tracker Loop Filter band width=50 Hz

Ior/Ioc = 0 dB, CPICH\_Ec/Ior = -13 dB/path,  
 Forgetting Factor for LD = 1/2  
 Channel Estimation = 512 chip Int. & Dump  
 Multipath Searcher Threshold=-18 dB  
 Time Tracker Treshold = 0.02  
 Time Tracker Loop Filter band width=50 Hz

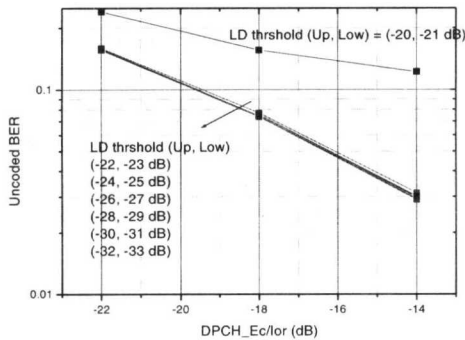


그림 8. "Birth-death" 채널모델 (레이라이, 이동체속도= 120 Km/hr.)에서 BER컴퓨터 모의실험 결과

(Rayleigh, Vel.=120 Km/hr.)  
 Ior/loc = 0 dB, CPICH\_Ec/Ior = -13 dB/path  
 Forgetting Factor for LD = 1/32,  
 Channel Estimation = 512 chip Int.&Dump  
 Multipath Seacher Thsrhold=-18 dB  
 Time Tracker Threshold = 0.02  
 Time Tracker Loop Filter band width =50 Hz

게 됨을 알 수 있다.

그림 8.은 그림 7.과 동일 조건이고 단지 LD 필터의 "forgetting factor"를 1/2에서 1/32로 낮춘 경우의 컴퓨터 모의실험 결과이다. 이 경우에 있어서 역시 임계치를 -22 dB이하가 되면 검출 확률이 "1."에 근접하고 BER도 "perfect" MPS, LD 커브 (그림에서 겹쳐진 맨 아래 커브)와 거의 일치한다. 반면, 임계치가 높아지면 (그림에서 -20 dB 임계치 경우, 맨 윗 커브) DPCH\_Ec/Ior=-14 dB에서도 BER이 0.1 이상이 된다. 동일한 신호 세기 조건인 그림 7.의 삼각형 커브와 비교하면 2 dB이상 차이가 발생 된다. 따라서 검출 확률이 낮은 경우는 LD 필터의 대역폭을 크게 함으로써, 즉, "forgetting factor"를 크게 함으로써 BER을 개선시킬 수 있음을 알 수 있다. 이는 복조 경로의 시간오프셋이 시간에 따라서 변경되어 새로운 경로가 할당될 때, 잘못 판단하여 "unlock"을 시켰더라도 다시 정확한 "lock"이 빨리 됨으로써 결합이득이 증가하기 때문이다.

**VII. 결론**

본 논문은 전력분포 프로파일의 시간적으로 가변하는 다중경로 무선채널 환경하에서, 복조기의 복조 경로 시간오프셋이 가변 될 때, 현재의 무선채널경로 시간오프셋이 복조기에 올바르게 할당되어 있는지 ("demodulation lock") 혹은 무선채널경로의 시간오프

셋이 바뀌었거나 또는 다른 이유로틀리게 할당되었는지 ("demodulation unlock")를 판단하는 LD방법을 제공하기 위한 수신 Ec/Io 예측기 구조를 제안하였다. 또한 LD의 상위/하위 임계치 및 루프필터의 "forgetting factor" 등의 최적 값을 찾기 위하여 그 영향을 BER 관점에서 분석하였다. 분석결과, 제안된 예측기는 AWGN에서는 "unbiased"되며, 레일리 (예, 이동체 속도 = 120 Km/hr.)에서는 약 -8 dB로 "under estimation"됨을 알았다. 따라서 이 무선채널 환경하에서는 바로 이 예측손실, 즉 "bias error"에 의한 손실을 보상하여 임계치를 설정해야 함을 알았다. 또한, 수신 신호세기 대비 예측 "bias error"를 보상하여 설정된 임계치는 결국 검출확률이 0.9 이상이 되는 임계치이고, 이는 검출확률이 0.5인 경우보다 약 1.5 dB이상 이득이 있음을 확인하였다. 임계치가 높아서 검출확률이 낮아질 때 혹은 수신신호가 낮을 때는 LD의 루프필터의 "forgetting factor"를 크게 함으로써 (예, 임계치가 -20dB에서 검출확률 약 0.5이고 이 경우 "forgetting factor"를 1/32에서 1/2으로 크게 설정) BER 이득을 2 dB이상 까지도 얻을 수 있음을 확인하였다. 따라서 서비스 무선휘경에 따라, 제안된 LD의 최적 파라미터를 적용할 때에는 최고 2 dB 이상의 BER 성능개선을 얻을 수 있음을 확인하였다.

**참 고 문 헌**

- [1] A. J. Viterbi, Principles of Spread Spectrum Communication, Massachusetts : Addison-Wesley, 1995.
- [2] G. L. Turin, "Introduction to Spread- Spectrum Antimultipath Techniques and Their Application to Urban Digital Radio," Proc. Of The IEEE, vol. 68, No. 3, Mar. 1980.
- [3] J. Yang, "Diversity Receiver Scheme and System Performance Evaluation for a CDMA System," IEEE Tr. on comm.. vol. 47. No. 2, Feb. 1999, pp. 272-280.
- [4] S. A. Allpress, "A Comparison of Maximal Ratio And Equal Gain Diversity Combining In Direct Sequence CDMA Future Mobile Communication Networks,"Personal, Indoor and Mobile Raio Communications, IEEE International Symposium on 1993., pp. 114-118.
- [5] K. Higuchi, et.al., "Experimental Evaluation of

Combined Effect of Coherent Rake Combining and SIR-Based Fast Transmit Power Control for Reverse Link of DS-CDMA Mobile Radio," IEEE Tr. on comm.. vol. 18, No. 8, Aug. 2000,pp.1526-1535.

- [6] 3GPP, "Technical Specification Group (Radio Access Network) : Physical layer- Measurements (FDD)," TS 25.215, V3.5.0, Dec. 2000.
- [7] 3GPP, "Technical Specification Group (Radio Access Network): UE Radio Transmission and Reception (FDD)," TS 25.101, V3.2.2, Apr. 2000
- [8] 3GPP, "Technical Specification Group (Terminal) : Terminal Conformance Specification - Radio Transmission and Reception (FDD)," TS 34.121, V3.1.0, June 2000
- [9] 3GPP, "Technical Specification Group (Radio Access Network) : High Speed Downlink Packet Access - Physical layer aspects," TR25.858, V5.0.0, Apr. 2002

원 석 호(Seok H. Won)

정회원



1990.2. 광운대학교 전자공학과  
공학학사  
1998.2 충남대학교 전자공학과  
공학석사  
2001.8. 충남대학교 전자공학과  
박사과정수료  
1990.3.-현재 한국전자통신연구  
원(ETRI) 선임연구원

김 환 우(Whan Woo Kim)

정회원



1977.2. 서울대학교 전자공학과  
공학학사  
1979.2. 한국과학기술원 전기  
및 전자공학과 공학석사  
1988.7. El. Engineering, Uni-  
versity of Utah, 공학박  
사

1980.6.-현재 충남대학교 정보통신공학부 교수  
1998.1.-현재 한국통신학회 대전충남지부 이사  
2000.1.-현재 대한전자공학회 충남지부 이사  
2002.1.-현재 IEEE 대전 섹션 부의장  
<주관심 분야> 초고속 유/무선 통신, 통신신호처리,  
비파괴 검사용 신호처리