

논문 2006-43TC-11-14

OFDMA 기반 Wibro 중계국에서 루프 간섭 제거 및 적응 등화기를 이용한 성능 개선에 관한 연구

(A Study on the performance improvement by loop interference cancellation and adaptive equalizer in OFDMA based Wibro relay station)

이 종 현*, 임승각**

(Chong Hyun Lee and Seung Gag Lim)

요약

본 논문은 OFDMA 기반의 Wibro 중계국에서 발생되는 루프 간섭 신호의 제거와 위상 보상을 위한 적응 등화기를 사용하여 성능을 개선하기 위한 것이다. Wibro 중계국은 기지국의 통신 가능 영역 확장 및 Throughput 개선을 위하여 사용되는데 송신기와 수신기가 인접해있으므로 이들간에 루프 간섭의 문제가 성능을 결정하는 중요한 요인이 된다. 논문에서는 먼저 OFDMA 신호를 기저 대역에서 발생시킨 후 Training 시간동안 전송되는 파일럿 톤을 2 가지 삽입 방식으로 조합하여 전송하였다. 또한 부가 잡음 및 루프 간섭 신호에 의한 페이딩파를 발생시켜 수신 신호를 얻은 후 LS (Least Square) 알고리즘을 적용한 채널 추정을 이용을 하여 간섭 신호가 제거된 수신 신호를 복원한 후 적응 등화기를 통과시켜 위상을 보상하였다. 중계기의 성능을 채널 추정 결과, 간섭 제거 후와 등화 출력 신호의 성상도 (Constellation) 및 SNR 변화에 따른 BER 특성 분석을 통하여 개선되었음을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

Abstract

This paper deals with the performance improvement by eliminating loop interference signal and inserting adaptive equalizer for phase compensation in OFDMA based Wibro relay station. The Wibro relay station is used for the extension of communication service area and for throughput improvement of base station. The loop interference is important factor of performance determination of relay station when transmitter and receiver is very closely located. In order to design interference canceller, we generated base-band OFDMA signal and then transmitted the signal along with pilot tones aligned with two different combinations for training mode. And then, we generated received fading signal due to the loop interference added noise to the received signal. In the receiver, the transmitted signal is recovered by elimination of the interference signal with channel estimate and compensating phase by adaptive equalizer. The performance improvement was verified by computer simulation which show channel estimation, constellation of signal and BER characteristics according to the variation of SNR ratio.

Keywords : Interference Cancellation, OFDMA, MMR

* 정희원, 국립 제주대학교 해양과학대학 해양공학부
(Faculty of Marine Industrial Eng., College of
Ocean Sciences, Cheju National University)

** 정희원, 국립 공주대학교 정보통신공학부
(Dept. of Information and Telecommunication
Engineering, Kongju. National University)

※ 본 연구는 2006년 한국전자통신연구소 위탁 과제의
일부 결과임.

접수일자: 2006년 10월 10일, 수정완료일: 2006년 11월 18일

I. 서 론

디지털 컨버전스의 진행에 따라 정보 통신 기술은 언제 (Anytime), 어디서(Anywhere), 누구든지(Anyone), 어떤 장치 (Any Device) 와도 어떤 매체 (Any Media) 의 통신 서비스가 가능케하는 Five Any를 지원할 수

있는 방향으로 발전하고 있다. 차세대 이동 통신 분야에서도 이런 기술적 변화가 일어나고 있으며 이들의 공통적인 특징으로는 고속, 광대역 트래픽의 처리와 주파수 자원의 효율적 활용과 서비스의 안정성 및 QoS 제공 등을 들 수 있다^{[1][2]}. 국내에서 개인 휴대 인터넷을 위한 IEEE 802.16 기반의 Wibro 서비스는 기존 유선의 초고속 인터넷 서비스에 비하여 저속이지만 고정 및 이동 중에서 초고속 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 장점으로 인하여 보급이 시작된 상태이지만 무선 전파를 이용하므로 발생될 수 있는 새로운 문제점이 있다. 이 중에서도 광대역의 높은 주파수를 이용하므로 제한된 송신 전력으로 고속의 트래픽을 송신해야하는 채널 환경에서는 속도에 비례하여 낮은 E_b/N_0 가 얻어지며 주파수가 높아질수록 감쇠가 심해지므로 원활한 서비스를 제공하기위해서는 셀의 크기가 적어지거나 전파 통로상에 존재하는 장애물과 전파 음영 지역 등에 대한 대책을 세워야한다^[3]. 통신 서비스 제공자 입장에서는 지속적인 서비스 제공을 위하여 신규 기지국 신설 보다는 서비스 영역을 넓힐 수 있는 경제적인 대안으로 Wibro 중계국(Relay Station)을 사용하는 방안을 고려 할 수 있다. 중계기는 기존의 이동 통신 시스템에서 서비스 영역내의 전파 음영 지역을 해소하기위해 주로 Point-to-Point 형태로 사용되지만 Wibro 서비스와 같은 신규 서비스에서는 기존 기지국 시설을 이용하여 통신 서비스 영역을 확장하면서 전파 음영 지역의 해소 및 데이터 처리율 (Throughput) 향상시킬 수 있는 경제적인 대안으로 등장하고 있다. 이의 중요성을 인지하여 IEEE 802.16 위원회에서도 OFDMA 기반 시스템의 중계기에 대한 기술적인 연구가 진행되고 있는 실정이다. 동시에 기존의 Wibro 시스템은 Backhaul로서 유선의 Fast Ethernet 기반이지만 향후에는 MMR(Mobile Multihop Relay) 시스템을 이용한 무선 Backhaul 을 구성하고 다양한 형태의 네트워크 토플로지(메쉬형)를 지원함으로써 광 확장과 음영 지역 해소 및 커버리지 확장과 Throughput 개선을 목표로 표준화를 진행 중이다^{[1][2]}. 그러나 이와 같은 OFDMA 기반의 중계기에서는 송신기와 수신기가 매우 근접해있으므로 송신 신호가 입력측으로 퀘환되면서 발생되는 루프 간섭 신호에 의해 찌그러짐, 페이딩 등이 발생되어 중계기의 성능을 급격하게 저하될 것이다^{[3][7][9]}.

본 논문에서는 중계기에서 발생될 수 있는 루프 간섭 신호를 대상으로 하여 적응 신호 처리하여 이를 제거함으로서 성능의 개선이 가능함을 보인다. 이를 위하여

먼저 OFDMA 신호를 발생한 후 간섭 신호를 포함하게 될 페이딩 영향을 주는 채널을 이용하여 수신 신호를 얻게 된다. 수신 신호 중에서 Training 시간동안 전송되는 파일럿 톤을 이용하여 채널을 추정하여 간섭의 영향을 제거하게 되며 이때 파일럿 톤의 전송 방법으로 2 가지를 고려하게 된다. 채널을 추정한 후 수신된 신호에서 재송신을 위한 신호를 재생하게 되는데 추정 과정에서는 신호의 2차 통계치인 상관 함수를 이용하므로 진폭 정보만 복원되며 위상 정보는 복원되지 못하므로 고차 통계치를 사용하는 CMA 계열의 적응 등화기를 통과시켜 위상을 보정하였다. 성능 개선의 결과를 위해서는 채널의 추정 결과치, 간섭 제거 후와 등화 출력 신호의 성상도 및 SNR 변화에 따른 BER 특성을 이용하였다. 논문의 구성으로 II 장에서는 시스템과 OFDMA 신호 모델에 대하여 설명한 후 III 장에서는 채널 추정과 트래킹 알고리즘 및 적응 등화기에 대해 간략히 소개한 후 IV 장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 제시한 후 V 장에서는 결론을 내리겠다.

II. 본 론

1. Wibro 중계국의 기저 대역 모델

본 논문에서 제안하는 OFDMA 를 기반으로 하는 Wibro 중계기의 기저 대역 시스템 모델을 그림 1에 나타내었다. 송신측에서는 OFDMA 전송을 하게 되면 중계기에서는 이를 수신한 후 이를 채널 추정과 트래킹을 수행하여 수신 데이터를 복원(Recovery)한 후 재전송한다. 이론적으로 OFDMA 는 각 부반송파간 직교성이 확보되므로 수신 데이터를 복원하면 진폭과 위상이 송신측에서 보낸 데이터와 동일하게 되지만 전송 과정에서 부가되는 잡음과 간섭 등으로 직교성이 파괴되어 복원 데이터에서는 위상 오차가 발생된다. 위상 오차를 포함한 복원된 신호는 재송신을 위하여 적응 등화기를 통과

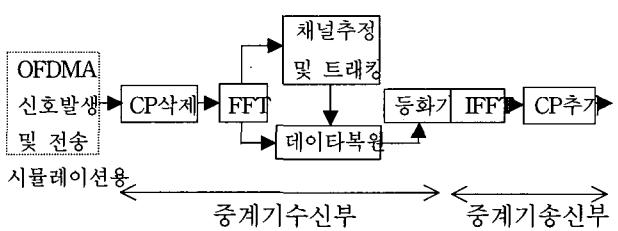


그림 1. Wibro 중계국의 기저 대역 모델

Fig. 1. Baseband Model of Wibro relay station.

이라고 하면 송신되는 학습 톤은 다음과 같이 2 가지로 나눌 수 있다.

$$\begin{aligned} s_t &= \text{col}[s(k_L), s(k_{L-1}), \dots, s(k_1)] \\ y_t &= \text{col}[y(k_L + P), y(k_{L-1} + P) \dots y(k_1 + P)] \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 Q 를 F 의 부매트릭스로서 차원이 $M \times L$ 이면

$$Q = \begin{pmatrix} [F]_{0,k_1} & [F]_{0,k_2} & \dots & [F]_{0,k_L} \\ [F]_{1,k_1} & [F]_{1,k_2} & \dots & [F]_{1,k_L} \\ \dots & & & \\ [F]_{M-1,k_1} & [F]_{M-1,k_2} & \dots & [F]_{M-1,k_L} \end{pmatrix} \quad (14)$$

와 같이 쓸 수 있으며 S_t 를 S 의 부매트릭스로서 차원이 $L \times L$ 이어서 $S_t = \text{diag}(s_t)$ 라면

$$y_t = S_t Q^* h + \nu_t \quad (15)$$

로 쓸 수 있어서 최종적으로 원하는 채널 추정치는

$$\hat{h} = [Q \ S_t^* S_t Q^*]^{-1} Q \ S_t^* y_t \quad (16)$$

가 되며 이를 Least Square 표현식으로 다시 쓰면 다음과같이 된다.

$$\hat{h} = [Q \ Q^*]^{-1} Q \begin{pmatrix} y_t(k_L + P)/s_t(k_L) \\ \vdots \\ y_t(k_1 + P)/s_t(k_1) \end{pmatrix} \quad (17)$$

식 (16), (17) 에의한 채널 템 계수의 추정은 잡음이나 간섭등에의한 채널의 상태가 미소 변동하므로 복수개의 OFDMA 심볼을 이용하여 채널을 추정하고 트래킹하게 된다. k 개의 OFDM 심볼이 학습 톤으로 같은 위치에서 전송되면 k 개의 수신된 심볼에 대하여 다음과같이 표현 할 수 있다.

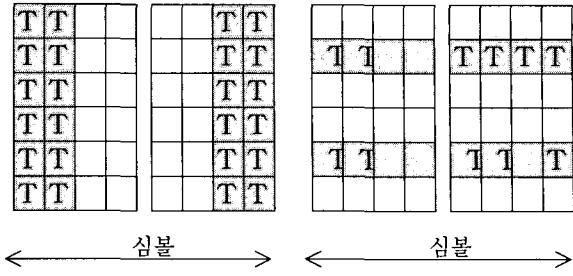
$$y_t = S_t Q^* h + \nu_t \quad (18)$$

다른 심볼을 나타내는 학습 톤은 동일하므로 h 의 LS 추정치는 각각의 OFDM 심볼에서 얻어지는 추정치의 평균 을 취하여 트래킹을 수행한다^{[3][5]}.

$$\hat{h} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{h}_i \quad (19)$$

라. 파일럿 톤 삽입

동기식 검출 방식을 사용하는 파일럿 톤 기반의 OFDMA 시스템에서는 수신측에서 채널의 추정 및 주파



(1) 데이터 전송후 톤 삽입 (2) 데이터 전송중 톤 삽입

그림 2. OFDMA 시스템의 톤 삽입 방법

Fig. 2. Tone Insertion method of OFDMA system.

수 동기화를 목적으로 송수신측이 사전에 알고있는 파일롯 톤을 삽입하여 특정 부채널과 심볼 구간에 전송하게 된다. 그림 2 는 2 가지의 톤 삽입 과정을 나타낸 것으로 (1) 은 1 심볼 전체에 64 개의 톤을 사용한 후 데이터의 전송을 수행한 후 다시 톤을 전송하는 경우이며 (2) 는 1 심볼의 특정 위치인 8 곳에 8 개의 톤을 간헐적으로 삽입 함으로서 총 8 심볼에 걸쳐 64 개의 톤이 삽입되는 데이터의 전송과 톤을 간헐적으로 삽입하여 전송하는 경우를 나타낸 것이다. 여기서 T 는 Tone 을 의미하며 논문에서는 이들 2 가지 삽입 방법을 적용하는데 Scheme (a) 라고 함은 그림 2 의 방법 (1) 을 나타내고 Scheme (b) 라함은 그림의 방법 (2) 를 의미한다^{[3][10]}.

라. CMA 적응 등화기

적응 등화기는 채널 추정과 트래킹 과정에의해 복원된 수신 데이터는 재전송을 위한 OFDMA 신호 발생을 위한 입력으로 사용된다. 그러나 복원된 데이터는 2차 통계치인 상관 함수를 이용하므로 위상 회전에 대해서는 보상하지 못하는 단점이 있으므로 이를 보상하기위하여 적응 등화기를 사용하였으며 가장 간단한 구조인 CMA (Constant Modulus Algorithm) 알고리즘을 적용하였다. 위상 회전에 대한 보상은 중계 구간이 single hop 보다는 multi hop 인 경우 매우 심각한 문제이므로 이를 사용하였으며 알고리즘은 다음과같다. $x(n)$ 은 수신된 위상 회전된 신호이며 $y(n)$ 은 등화기의 출력 신호라면 CMA 등화기의 비용 함수는

$$\mathcal{J}(n) = E[(y(n) - \gamma \bullet \text{sign}(y(n)))^2] \quad (20)$$

로 주어지며 γ 는 축소 신호점으로 정의되며 다음과 같 이 쓸 수 있다.

$$\gamma = \frac{E[|a(n)|^4]}{E[|a(n)|^2]} \quad (21)$$

여기서 $a(n)$ 은 송신 데이터를 나타내며 LS 알고리즘을 적용하면 다음과 같은 등화기 텁 계수 갱신식과 오차 신호를 얻을 수 있다^[12].

$$\begin{aligned} W(n+1) &= w(n) - \mu \cdot e(n) \cdot y(n) \\ e(n) &= y(n) - \gamma \cdot \text{sign}[y(n)] \end{aligned} \quad (22)$$

III. 컴퓨터 시뮬레이션 및 결과

OFDMA 기반의 개인 휴대 인터넷 서비스를 위한 Wibro 중계국에서 발생될 수 있는 루프 간섭 신호의 제거를 통한 성능 향상을 확인하기 위하여 기저 대역에서 16-QAM 신호를 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 시뮬레이션을 위한 과정을 나타낸 것으로 먼저 수신 OFDMA 신호를 발생한 후 파일럿 톤을 삽입하였다. 또한 삽입된 루프 간섭 신호에 의해 발생될 페이딩파와 가우시안 잡음을 포함하는 채널 모델을 통과시켰는데 채널 추정과 트래킹을 위한 파일럿 톤은 그림 2의 (a), (b) 와같이 삽입하였으며 ISI 제거를 위해 Cyclic Prifix (CP) 를 제거한 후 FFT를 수행한 후 채널 추정과 트래킹을 수행하여 데이터를 복원하였다. 복원된 데이터에서 위상 회전을 보상하기 위한 CMA 적응 등화기를 통과시킨 후 다음 전송 구간을 위한 재송신용 OFDMA 신호 발생 기준 데이터를 얻었다.

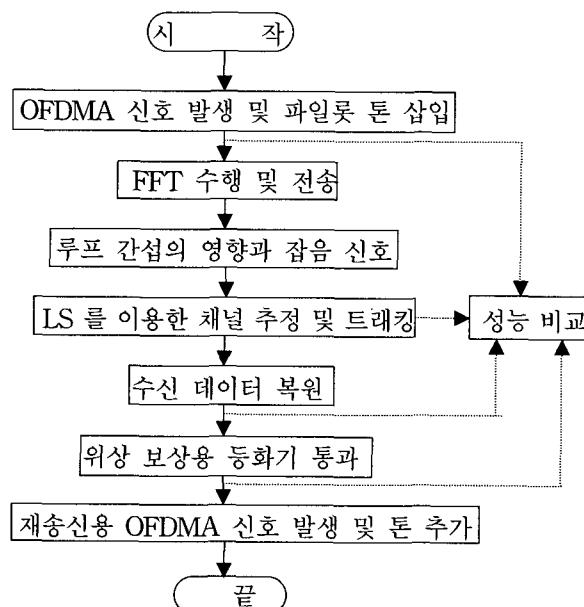


그림 3. 시뮬레이션 신호 처리도

Fig. 3. Signal Flow Diagram for Simulation.

시뮬레이션을 위한 파라미터로는 심볼의 크기를 64, CP의 길이를 16, 채널의 길이를 8 차, 심볼내의 파일럿 톤의 개수를 8 로 하였으며 SNR 을 0~25dB 까지 설정하였다. 파일럿 톤의 삽입에서는 처음의 모든 64 개를 사용하는 Scheme (a) 와 8 개의 톤을 {4,12,20,28,36,44,52,60} 번째 심볼에 삽입하여 8 개의 연속된 심볼을 채널 추정에 사용되는 Scheme (b) 를 적용하였다. 그럼 4 는 송신측에서 삽입한 톤과 이를 Scheme (a) 와 (b) 를 사용할 때 추정된 톤의 분포를 나타낸 것으로 이를 이용하여 채널 추정을 한다. 채널 추정 및 트래킹을 위해 8 번 반복 수행하였으며 표 1 은 SNR = 25dB 인 경우에 실제 채널의 계수와 이의 추정과 트래킹된 채널의 계수를 나타낸 것이다. 채널 추정의 결과 Scheme (a) 가 (b) 보다 양호한 결과를 얻었는데 연속적인 톤을 길게 전송함으로서 채널 추정에서는 유리함을 알 수 있다.

그림 5는 신호대 잡음비를 25dB 인 경우의 신호들의 성상도를 나타낸 것으로서 송신 신호와 수신 신호 및 간섭 제거후 Scheme (a) 와 Scheme (b) 의 분포를 나타낸 것이다. 수신 신호로부터 상당량의 간섭이 제거된

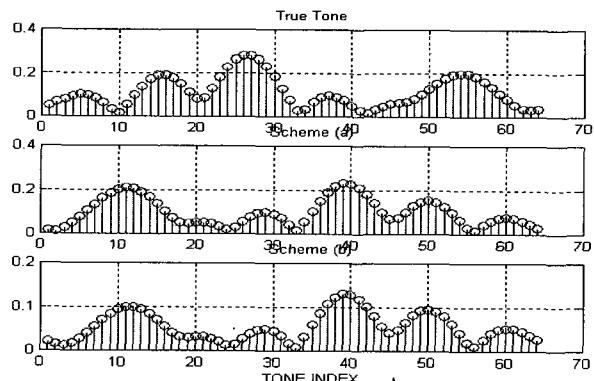


그림 4. 파일럿 톤의 분포
Fig. 4. Distribution of Pilot Tones.

표 1. 채널 필터 계수
Table 1. Filter Coefficient of Channel.

채널 계수	추정 필터 계수 Scheme (a)	추정 필터 계수 Scheme (b)
$0.4227+j0.0189$	$0.3603-j0.0321$	$0.2244-j0.0181$
$-0.3786+j0.1799$	$-0.3263+j0.1427$	$-0.1474+j0.1126$
$-0.4285-j0.3458$	$-0.3659-j0.2655$	$-0.2255-j0.1550$
$-0.0227+j0.2836$	$-0.0455+j0.2565$	$-0.0252+j0.1204$
$-0.0880+j0.2561$	$-0.0344+j0.2631$	$-0.0350+j0.1317$
$0.2928-j0.0161$	$0.2827-j0.0080$	$0.1110+j0.0020$
$-0.2285+j0.1146$	$-0.0731+j0.0774$	$-0.0766+j0.0623$
$0.0166-j0.4245$	$0.0802-j0.4261$	$0.0122-j0.2183$

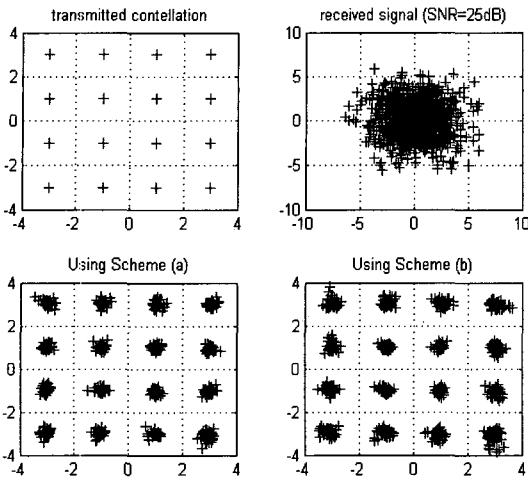


그림 5. 간섭 제거후의 신호 성상도

Fig. 5. Signal Constellation after interference elimination.

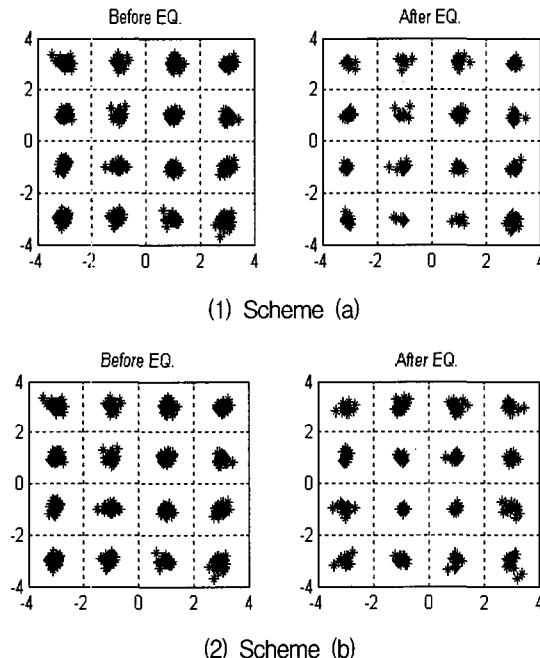


그림 6. 등화후의 신호 성상도

Fig. 6. Signal Constellation after Equalization.

결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있지만 위상 회전의 보상이 불완전함을 알 수 있다.

위상의 보상의 불완전성은 multi-hop 중계기로 동작하는 경우 새로운 성능 저하의 원인이 될 수 있으므로 보상을 위하여 CMA 알고리즘의 적응 등화를 수행하였다. CMA 알고리즘은 적응 상수 μ 를 0.0001로 하였으며 필터의 차수는 8 차로 수행하였다. 그림 6은 위상 보상의 결과를 보이기를 위하여 Scheme (a)와 Scheme (b)의 간섭 제거 후 복원 신호와 등화후의 신호 성상도를 나타낸 것이다. 두 가지 Scheme 모두 등화후의

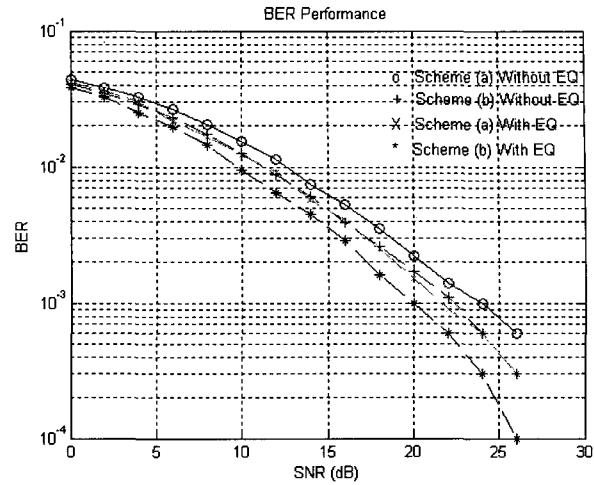


그림 7. BER 성능 특성

Fig. 7. Performance Characteristics of BER.

신호점의 위상 복원 및 신호점의 직경도 적어짐을 알 수 있어서 성능의 개선 효과를 얻을 수 있었으며 Scheme (a) 가 (b) 보다 우월하였다. 이는 Scheme (a)에서는 비교적 긴 톤을 전송하므로 채널 추정의 결과와 등화후 양호한 신호 성상도를 얻을 수 있으며 Scheme (b) 의 경우 데이터 전송중에서도 톤을 수신하여 채널의 재추정을 수행해야하므로 채널 추정 결과와 등화 성능은 떨어지게 된다.

그림 7은 마지막 성능 비교를 위하여 2 가지 톤의 전송 방법에 대한 BER 특성을 신호대 잡음비를 0 ~ 26dB 까지 변화시키면서 간섭 제거 수행후와 적응 등화후를 대상으로 수행하였다. 그림에서 알 수 있듯이 BER 특성 곡선에서는 Scheme (b) 가 (a) 보다 우월한데 이는 톤을 데이터와 간헐적으로 전송하므로 채널 추정 결과와 신호 성상도에서는 상대적으로 좋지 못하였지만 전송 데이터만을 고려하게되는 BER 특성에서는 우월함을 시뮬레이션으로 확인할 수 있었다. 즉 파일럿 톤 기반의 Wibro 중계기에서 파일럿 톤의 전송 방법에 따른 채널 추정 결과, 간섭 제거후와 등화후의 복원 신호 성상도 및 BER 특성에서 모두 우월한 방식은 서로 Tradeoff 관계가 성립됨을 알 수 있다. 톤의 삽입 전송 방식에 따라 Wibro 중계기의 시스템 성능에서 차이가 있으므로 전송 데이터 트래픽의 허용 비트율을 고려하여 적절한 전송 방식이 선정되어야 할 것이다.

IV. 결 론

논문에서는 OFDMA 신호를 이용한 Wibro 중계기의 성

능을 개선키위하여 파일럿 톤을 이용한 채널 추정과 트래킹 및 적응 등화기를 사용하는 구조를 제안하였다. 특히 중계기에서 발생될 수 있는 여러 간섭 요인 중에서 송신기와 수신기의 근접에 의해 발생되는 루프 간섭을 대상으로 하였고 기저 대역에서 16-QAM 신호를 이용한 성능 개선 효과를 시뮬레이션으로 확인하였다. OFDMA 수신기에서 동기 검출을 위해 삽입되는 파일럿 톤의 방법을 두 가지 Scheme 으로 나누어 성능 개선 결과를 보이기위 해 각각의 방법에 대한 채널 추정 결과, 간섭 제거후와 등화 출력 신호의 성상도 비교 및 신호대 잡음비를 0~26dB 까지 변화시키면서 BER 분포 특성을 이용하였다. 특히 신호 성상도에서 두가지 Scheme 모두 간섭 제거후 완전한 위상 복원 결과를 얻지 못 하였으므로 CMA 적응 등화기를 이용하여 이를 해결할 수 있었다.

또한 파일럿 톤의 추가 방법에 따라 채널 추정 결과와 신호 성상도는 BER 분포 특성과 서로 상반된 결과를 얻을 수 있었다. BER 분포에서 우월한 Schme (b) 의 방법은 채널 추정 결과와 신호 성상도에서는 Scheme (a) 보다 조금 열악한 결과를 얻었다. 즉 톤을 지속적으로 전송하느냐 간헐적으로 전송하느냐에 따라 중계기의 성능에서는 Tradeoff 관계가 있으므로 향 후 Wibro 중계기에서 이를 고려해야 될 것으로 판단된다. 그러나 향후 고속 휴대 인터넷 서비스를 위한 중계기의 보급 확대 및 single hop 보다는 multi hop 전송 환경의 구축이 증대될 것이므로 간섭 제거 후 발생되는 위상의 불완전한 보상과 전체적인 성능 개선을 위해 관련 분야의 기술 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE C802.16-05/013, "Mobile Multihop Relay Networking in IEEE 802.16", July 2005.
- [2] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System", Oct. 2004.
- [3] A.J.Coulson," Narrowband Interference in Pilot Symbol assisted OFDM System", IEEE Trans. on Wireless Com., pp.2277~2287, Vol.No.6, Nov., 2004.
- [4] K.Imamura, K.Shibuya, M.Sasaki, "A Basic Study for SFN-Measurement of Coupling between Transmitting and Receiving Antenna", ITE Technical Report, Vol.22, No.34, pp.13~18, Jun. 1998.
- [5] Y. Harada, T. Kimura, K. Hayashi, "An Implementation of OFDM · Receiver for Digital Terrestrial Television Broadcasting and Its Technologies", IEE, International Broadcasting Conference, No.447, Sep. 1997.
- [6] T.C.Hewavithana, D.M.Brookes, "Blind Adaptive Channel Equalization for OFDM Using the Cyclic Prefix Data", IEEE Global Conf., Vol.3, pp.2376~2380, Oct., 2004.
- [7] T.Tang, R.W.Heath, "Space-Time Interference Cancellation in MIMO-OFDM Systems", IEEE Trans. on V.T., Vol.54, No.5, pp.1802~1816, Sep., 2005.
- [8] N.Benvenuto, S.Tomasin, L.Tomba, "Equalization Methods in OFDM and FMT Systems for Broadband Wireless Communications", IEEE Trans. on Com., Vol.50, No.9, pp.1413~1418, Sep, 2002.
- [9] M.Hosseinpour, M.Waeze, "Mitigating Phase Noise effect in OFDM System Using Partial IFFT/FFT and Adaptive Filtering", The 14th Inter. symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Com. Proceeding, No.6, pp.540~544, May 2003.
- [10] 조용수, "무선 멀티미디어 통신을 위한 OFDM 기초", 대영사, 2000.
- [11] 차재상, 이종현외 2인, "최신 이동통신 시스템", 도서출판 힐그린, 2005.
- [12] 강창언, "디지털통신입문", 복斗출판사, 1996.
- [13] 김영일, 신정채외 3인, "IEEE802.16 MMR 동향", 전자통신동향분석, 제21권, 3호, pp.91~99, June 2006.

저자소개



이 종 현(정회원)

1985년 한양대학교 (공학사)
 1987년 Michigan Techonology University (공학석사)
 2002년 한국과학기술원(공학박사)
 1990년 ~1995년 한국전자통신 연구원 선임연구원

2003년 3월 ~ 2006년 2월 서경대학교 전임강사
 2006년 3월 ~ 현재 제주대학교 해양과학대학
 해양공학부 조교수

<주관심분야 : 신호처리, 이동 통신 시스템, 차세대 이동 통신, 디지털방송>



임 승 각(정회원)

1983년 8월 숭실대학교 전자공학과 공학 학사
 1985년 8월 경희대학교 전자공학과 공학 석사
 1997년 2월 경희대학교 전자공학과 공학 박사

1993년 12월 정보 통신 기술사
 1997년 3월 ~ 2004년 2월 국립천안공업대학
 부교수

2004년 3월 ~ 현재 국립 공주대학교
 정보통신공학부 부교수 재직

<주관심분야 : 통신 시스템, 통신 신호 처리, 이동 통신>