

논문 2005-42TC-4-4

가변 길이의 보호 구간을 가지는 주파수 영역 등화 사용 단일 반송파 시스템

(Single-Carrier with Frequency-Domain Equalization with
Variable-length Guard Intervals)

임 민 중*

(Minjoong Rim)

요 약

IEEE802.16의 물리계층 중 하나인 SC-FDE (Single Carrier with Frequency-Domain Equalization)는 OFDM과 비슷한 성능 및 복잡도를 유지하면서 OFDM에 비해 비선형성 전력 증폭기에 덜 민감하다는 장점을 가지고 있다. SC-FDE의 보호구간은, OFDM의 경우와 같이, 최대 지연확산에 의해서 결정된다. 대부분의 무선통신 환경에서 지연확산은 작은 값을 가지지만 산악지방이나 중계기의 영향 등에 의해서 매우 큰 지연확산이 발생할 수 있다. 이 논문에서는 가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE를 제안한다. 제안하는 방법은 각 셀에 따라 혹은 각 가입자에 따라서 보호구간의 길이를 결정할 수 있다.

Abstract

SC-FDE (Single Carrier with Frequency-Domain Equalization), one of physical layers of IEEE802.16, is less sensitive to nonlinear power amplifiers than OFDM while its complexity and performance is comparable. The guard interval length in SC-FDE should be greater than the maximal delay spread. While a delay spread is small in most wireless communication environments, a very large delay spread can be possibly encountered in the mountain areas or due to the repeaters. This paper proposes SC-FDE with variable-length guard intervals. In the proposed method the guard interval length can be determined per each cell or per each subscriber stations.

Keywords: SC-FDE, Guard Interval, Delay Spread

I. 서 론

OFDM은 평균전송전력 대비 최대전송전력이 높다는 단점을 가지고 있으며 OFDM의 이러한 단점을 극복하는 한 가지 방법은 IEEE802.16 등에서 사용되고 있는 SC-FDE이다^[1-6]. OFDM은 그림 1 (a)와 같이 송신기에서는 데이터를 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)

를 한 후 Cyclic Prefix를 붙여서 전송하고 수신기에서는 수신한 데이터에서 Cyclic Prefix를 제거하고 FFT(Fast Fourier Transform)를 한 후 주파수 영역 등화를 하는 방식이다. 이에 반해서 SC-FDE는 OFDM과 비교했을 때 그림 1 (b)에서 보는 것과 같이 송신측의 FFT가 수신측으로 이동한 형태를 가지고 있으며 OFDM에 버금가는 성능과 비슷한 효율성, 복잡도를 유지하면서 OFDM에 비해 비선형성 전력 증폭기에 덜 민감하다는 장점을 가진다. SC-FDE는 OFDM에서와 같이 FFT 크기의 블록의 뒷부분을 블록의 앞부분에 덧붙이는 Cyclic Prefix의 형태를 가지는 방법(그림 2(a))과 FFT 크기의 블록의 뒤 부분을 Unique Word로 구성된 파일

* 평생회원, 동국대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communication
Engineering, Dongguk University)

※ 이 논문은 한국과학재단 특정기초 연구과제

[R01-2001-000-00349-0]의 지원결과입니다.

접수일자: 2004년11월8일, 수정완료일: 2005년4월16일

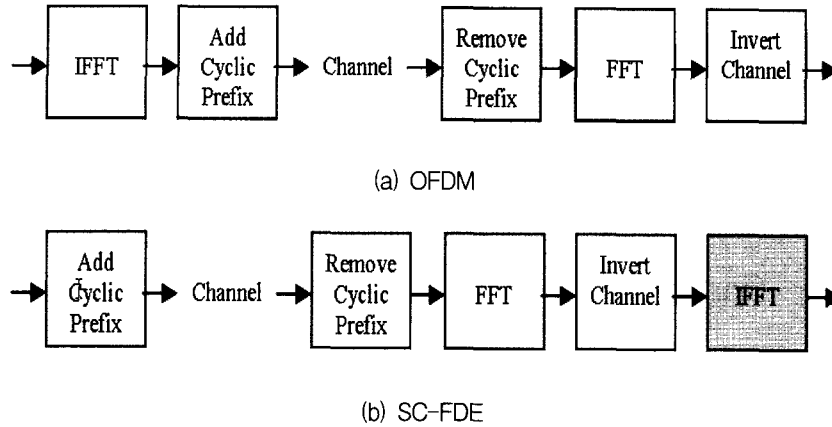


그림 1. OFDM과 SC-FDE
Fig. 1. OFDM and SC-FDE.

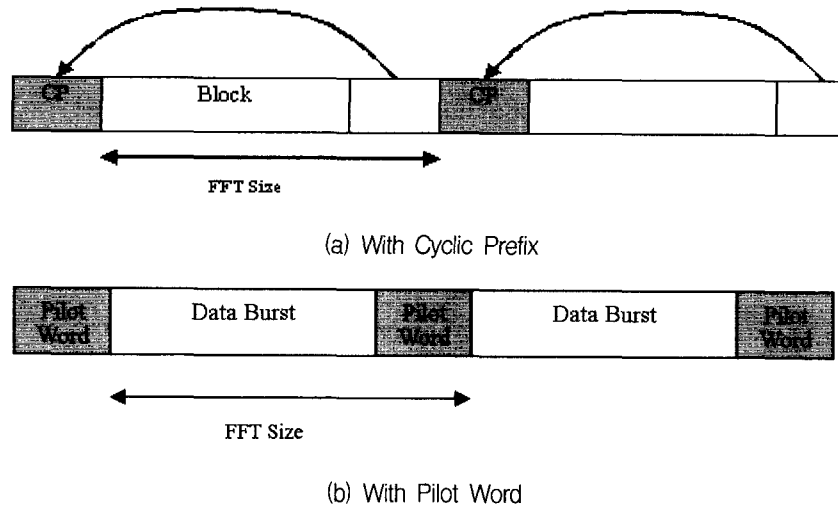


그림 2. SC-FDE의 두 가지 형태
Fig. 2. Two different forms of SC-FDE.

릿 워드(Pilot Word)라고 불리는 정해진 시퀀스로 만드는 방법(그림 2(b))의 두 가지 방법이 있다. 이 논문에서는 그림 2(b)와 같은 주기적으로 파일럿 워드가 들어가는 SC-FDE를 고려한다.

IEEE802.16은 광대역 무선접속 시스템으로 이동통신과는 달리 반드시 전국망을 가정하고 있는 것은 아니었으나, 최근 IEEE802.16d와 e의 표준화가 진행되면서 전국망의 요구사항이 대두되게 되었으며 IEEE802.16도 이동통신의 경우와 마찬가지로 다양한 환경에서 동작할 수 있어야 하게 되었다. 존재할 수 있는 다양한 환경에서 SC-FDE를 동작시키기 위해서는 적절한 보호구간(Guard Interval, GI)과 FFT 크기가 정해져야 한다. 보호구간은 최대 지연확산보다 커야 하지만 다양한 환경을 가정할 경우 보호구간의 길이를 결정하는 것은 간단하지 않다. 광대역 무선접속 시스템이 주로 사용될 도

심 등의 무선통신 상황에서의 지연확산은 대부분 수 μs 이하이지만 드물게 산악지방 등에서 큰 지연확산이 존재할 수 있다^[7]. 또한 중계기가 사용되는 상황에서는 중계기에 의한 지연으로 인해 단말이 겪게 되는 지연확산은 무선통신 채널 환경의 지연확산보다 매우 커질 수 있다^[8]. 중계기를 사용할 때의 문제점은 셀 내의 대부분의 단말기는 작은 지연확산을 겪게 되지만 원래의 셀과 중계기의 셀이 중첩되는 제한된 지역의 단말기는 큰 지연확산을 가질 수 있다는 것이다. 지연확산은 셀의 고유한 변수가 아니라 단말기의 위치에 따라서 변하거나 중계기가 추가되면서 변할 수 있는 변수이며 대부분의 무선 환경에서 작은 값이면 충분하지만 그 최대값은 보통의 경우에 비해서 매우 클 수 있다.

SC-FDE의 보호 구간은 지연 확산보다 커야 한다. 최악의 환경의 큰 지연 확산을 지원하기 위해서는 보호

구간을 증대시키면 되지만 보호 구간의 증가는 유효구간의 비율을 감소시켜 전송속도를 떨어뜨리거나, FFT 크기를 증가시켜 구현이 복잡해지고 주파수 오프셋에 대해 민감해져 고속 이동 단말을 지원하기 힘들게 한다. 산악지방의 경우나 중계기의 영향 등으로 인한 매우 큰 지연확산이 발생하는 확률이 작다고 가정한다면 무선 환경에서 발생할 수 있는 일반적인 지연확산에 맞추어 보호구간을 설정하고 셀에 따라 혹은 단말기에 따라 보호구간을 증대시킬 수 있는 방법이 필요하다. 이 논문에서는 가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE 물리계층을 제안한다. 이 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 SC-FDE의 동작에 대해서 설명하며 III장에서는 가변 보호구간을 가지는 SC-FDE를 제안한다. IV장에서는 모의실험을 통해 제안된 방법의 우수성을 입증하며 V장에서는 결론을 맺는다.

II. SC-FDE

채널부호화와 인터리빙, 그리고 심벌 매핑이 된 후, 프레임의 길이를 L , FFT의 크기가 N , 보호구간의 길이가 K 이며 전송하는 데이터의 i 번째 심벌(QAM, PSK 등)을 $s(i)$, 파일럿 워드의 i 번째 심벌을 $PW(i)$ 라고 할 때 SC-FDE는 식 (1)과 같이 데이터를 전송한다.

$$x(i) = \begin{cases} s(i) & \text{mod}(i, N) < N - K \\ PW(i - N + K) & N - K \leq \text{mod}(i, N) < N \end{cases} \quad (0 \leq i < L) \quad (1)$$

데이터와 파일럿은 σ_s^2 의 분산을 가진다고 가정한다. 보호구간의 길이 K 이하의 지연확산을 가지는 다중경로를 통과한 후 수신된 데이터는 $r(i)$ 는, $h(k)$ ($0 \leq k \leq K$)를 다중경로 채널, $w(i)$ 를 σ_w^2 의 분산을 가지는 백색잡음이라고 할 때, 식 (2)와 같이 표현된다.

$$r(i) = \sum_{k=0}^K x(i-k)h(k) + w(i) \quad (0 \leq i < L) \quad (2)$$

수신기는 N 크기의 블록 단위로 처리하며 n 번째 블록을 처리할 때 수신 신호는 식 (3)과 같은 벡터 형태로 쓰여질 수 있다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{w} \quad (3)$$

식 (3)에서 \mathbf{r} 은 $(N \times 1)$ 수신벡터이며 \mathbf{H} 는 $(N \times (N + K))$ 채널행렬, \mathbf{x} 는 $((N + K) \times 1)$ 송신 벡터, \mathbf{w} 는 $(N \times 1)$ 잡음벡터로서 다음과 같다.

$$\mathbf{r}(i) = r(nN + i) \quad (0 \leq i < N) \quad (4)$$

$$\mathbf{H}(i, j) = \begin{cases} h(K + i - j) & j - K \leq i \leq j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0 \leq i < N, 0 \leq j < N + K) \quad (5)$$

$$\mathbf{x}(i) = x(nN + i - K) \quad (0 \leq i < N + K) \quad (6)$$

$$\mathbf{w}(i) = w(nN + i) \quad (0 \leq i < N) \quad (7)$$

송신벡터 \mathbf{X} 는 식 (8)과 같이 처음 K 개와 마지막 K 개는 파일럿 워드로서 같다.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{PW} \\ \mathbf{s} \\ \mathbf{PW} \end{bmatrix} \quad (8)$$

따라서 식 (3)은 다음과 같이 다시 쓰여질 수 있다.

$$\mathbf{r} = \tilde{\mathbf{H}}\tilde{\mathbf{x}} + \mathbf{w} \quad (9)$$

식 (9)에서 $\tilde{\mathbf{H}}$ 와 $\tilde{\mathbf{x}}$ 는 다음과 같다.

$$\tilde{\mathbf{H}}(i, j) = \begin{cases} \mathbf{H}(i, j + K) + \mathbf{H}(i, j + K - N) & j > N - K \\ \mathbf{H}(i, j + K) & \text{otherwise} \end{cases} \\ = \begin{cases} h(i - j) & j \leq i \leq j + K \\ h(i - j + N) & j \leq i + N \leq j + K \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ = \begin{cases} h(\text{mod}(i - j, N)) & 0 \leq \text{mod}(i - j, N) \leq K \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0 \leq i < N, 0 \leq j < N) \quad (10)$$

$$\tilde{\mathbf{x}}(i) = \mathbf{x}(i + K) \quad (0 \leq i < N) \quad (11)$$

채널행렬 $\tilde{\mathbf{H}}$ 는 circulant 특성을 가지는 $(N \times N)$ 행렬이므로 다음과 같이 쓰여질 수 있다.

$$\tilde{\mathbf{H}} = \mathbf{Q}'\mathbf{\Lambda}\mathbf{Q} \quad (12)$$

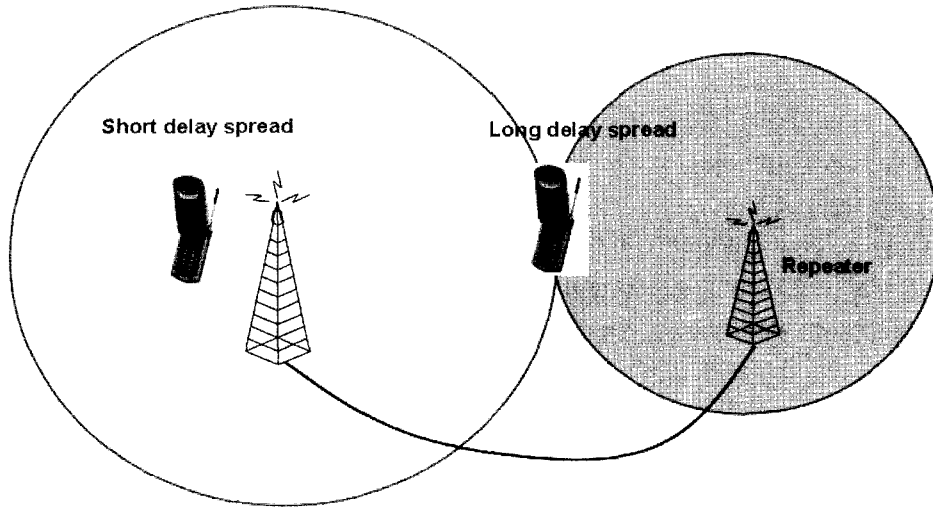


그림 3. 중계기에 의한 지연 확산
Fig. 3. Delay spread due to a repeater.

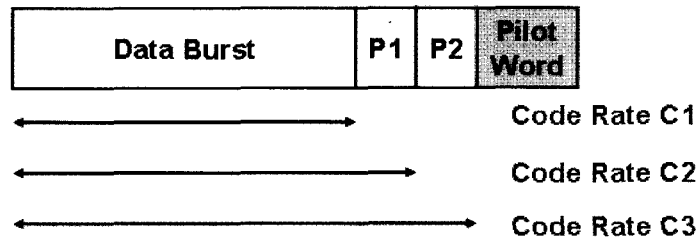


그림 4. 가변 보호구간을 가지는 SC-FDE
Fig. 4. SC-FDE with variable guard intervals.

식 (12)에서 \mathbf{Q} 는 DFT(Discrete Fourier Transform) 행렬이며 \mathbf{Q}' 는 \mathbf{Q} 의 복소전치행렬이고 Λ 는 주파수 축의 채널응답값을 나타내는 대각선 행렬이다. SC-FDE 수신기는 수신된 길이 N 의 벡터 \mathbf{r} 을 FFT 변환하여 주파수축에서 등화를 하는 방식이다. 식 (9)를 주파수축에서 다시 나타내면 식 (13)과 같다.

$$\mathbf{R} = \Lambda \mathbf{X} + \mathbf{W} \tag{13}$$

식 (13)에서 $\mathbf{R} = \mathbf{Q}\tilde{\mathbf{r}}$, $\mathbf{X} = \mathbf{Q}\mathbf{x}$, $\mathbf{W} = \mathbf{Q}\tilde{\mathbf{w}}$ 이다. SC-FDE에서 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방법을 사용할 때 주파수 영역에서 등화된 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{Y} = \left(\Lambda' \Lambda + \frac{1}{SNR} \mathbf{I} \right)^{-1} \Lambda' \mathbf{R} \tag{14}$$

식 (14)에서 $SNR = \sigma_s^2 / \sigma_w^2$ 이다. 수신기는 식 (14)의 신호를 IFFT하여 시간축의 신호를 얻는다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{Q}' \mathbf{Y} \tag{15}$$

III. 가변 보호구간을 가지는 SC-FDE

제안하는 SC-FDE는 그림 4와 같이 채널부호화된 데이터 버스트(Data Burst) 뒤에 추가로 패리티(Parity)가 붙어 있는 모양을 가져서 데이터의 어느 부분까지 사용하느냐에 따라 부호화율이 변하도록 한다. 그림의 예에서 데이터 버스트만 전송하면 채널부호화율은 C1이며 데이터 버스트와 P1을 전송하면 채널부호화율 C2, 데이터 버스트와 P1, P2를 전송하면 채널부호화율이 C3로 변하도록 한다.

채널부호화가 터보 부호라면 Systematic Bit들이 앞에 오고 그 뒤로 Parity Bit들이 오는 형태이며 길썬 부호라면 P1, P2는 천공이 되는 부분이다. 제안하는 SC-FDE는 그림 5와 같이 지연확산이 작은 경우에는 일반적인 SC-FDE와 같으나 지연확산이 큰 환경에서는 P2 또는 P1, P2의 데이터의 전송을 중지하여 뒤의 FFT 블록으로 간섭이 넘어가는 것을 방지한다.

가변보호구간을 가지는 SC-FDE는 채널환경이 지연확산이 보호구간 내에 들어갈 경우는 일반적인 SC-FDE와 같다. 그러나 지연확산이 큰 환경에서는 패

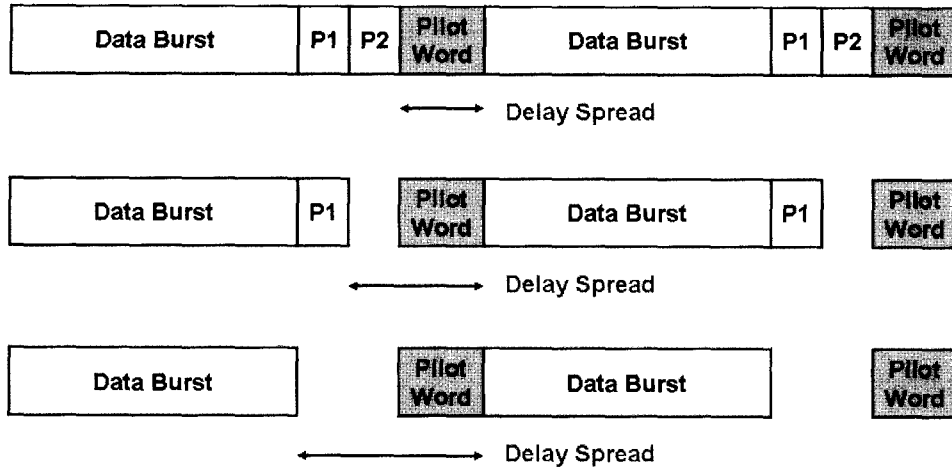


그림 5. 지연 확산에 따른 데이터 전송 방법
 Fig. 5. Different data transmissions according to the delay spread.

러티에 해당하는 부분의 전송을 중지함으로써 보호구간을 늘린다. 지연확산이 $K + M$ 이라고 할 때 M 의 길이의 데이터를 전송 중지하여 보호구간을 $K + M$ 으로 늘리게 되며 이때 가변보호구간을 가지는 SC-FDE는 다음과 같이 표현된다.

$$x(i) = \begin{cases} s(i) & \text{mod}(i, N) < N - K - M \\ 0 & N - K - M \leq \text{mod}(i, N) < N - K \\ PW(i - N + K) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0 \leq i < L) \quad (16)$$

다중경로를 통과한 후 수신된 데이터 $r(i)$ 는, $h(k)$ ($0 \leq k \leq K + M$)가 다중경로 채널을 나타낼 때, 다음과 같이 표현된다.

$$r(i) = \sum_{k=0}^{K+M} x(i-k)h(k) + w(i) \quad (0 \leq i < L) \quad (17)$$

수신기는 N 크기의 블록 단위로 처리하며 n 번째 블록을 처리할 때 수신 신호는 다음과 같은 벡터 형태로 쓰여질 수 있다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{w} \quad (18)$$

식 (18)에서 \mathbf{r} 은 $(N \times 1)$ 수신벡터이며 \mathbf{H} 는 $(N \times (N + K + M))$ 채널행렬, \mathbf{x} 는 $((N + K + M) \times 1)$ 송신벡터, \mathbf{w} 는 $(N \times 1)$ 잡음벡터로서 다음과 같다.

$$\mathbf{r}(i) = r(nN + i) \quad (0 \leq i < N) \quad (19)$$

$$\mathbf{H}(i, j) = \begin{cases} h(K + M + i - j) & j - K - M \leq i \leq j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0 \leq i < N, 0 \leq j < N + K + M) \quad (20)$$

$$\mathbf{x}(i) = x(nN + i - K - M) \quad (0 \leq i < N + K + M) \quad (21)$$

$$\mathbf{w}(i) = w(nN + i) \quad (0 \leq i < N) \quad (22)$$

송신벡터 \mathbf{x} 의 처음 $M + K$ 개와 마지막 $M + K$ 개는 0과 파일럿 워드로 구성되어 있으므로 두 부분은 동일하다.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{PW} \\ \mathbf{s} \\ 0 \\ \mathbf{PW} \end{bmatrix} \quad (23)$$

따라서 식 (18)은 다음과 같이 다시 쓰여 질 수 있다.

$$\mathbf{r} = \tilde{\mathbf{H}}\tilde{\mathbf{x}} + \mathbf{w} \quad (24)$$

식 (24)에서 $\tilde{\mathbf{H}}$ 와 $\tilde{\mathbf{x}}$ 는 다음과 같다.

$$\tilde{\mathbf{H}}(i, j) = \begin{cases} \mathbf{H}(i, j + K + M) + \mathbf{H}(i, j + K + M - N) & j > N - K - M \\ \mathbf{H}(i, j + K + M) & \text{otherwise} \end{cases} \\ = \begin{cases} h(i - j) & j \leq i \leq j + K + M \\ h(i - j + N) & j \leq i + N \leq j + K + M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ = \begin{cases} h(\text{mod}(i - j, N)) & (0 \leq \text{mod}(i - j, N) \leq K + M) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0 \leq i < N, 0 \leq j < N) \quad (25)$$

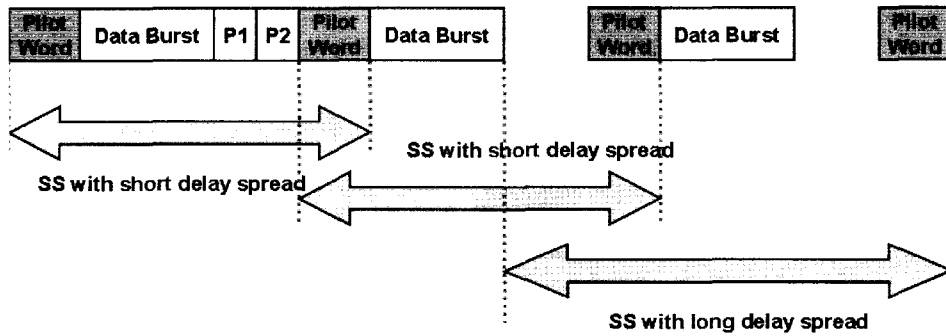


그림 6. 단말기에 따라 다른 보호 구간
Fig. 6. Different guard intervals according to subscriber stations.

$$\tilde{\mathbf{x}}(i) = \mathbf{x}(i + K + M) \quad (0 \leq i < N) \quad (26)$$

채널행렬 $\tilde{\mathbf{H}}$ 는 circulant 특성을 가지는 $(N \times N)$ 행렬이며 이하의 동작은 SC-FDE의 경우와 같다.

제안하는 방법이 일반적인 SC-FDE와 다른 점은 지연확산이 커질 때 전송중지 구간이 발생한다는 것과 함께, 이렇게 전송이 중지되어도 단말기에서 데이터를 수신하는 데 문제가 없도록 하는 데 있다. 전송이 되지 않는 부분은 단지 채널부호화율을 변하게 하는 것이며 데이터의 수신 방법에는 큰 차이가 없다. 기지국은 단말기에서 송신하는 레인징 신호를 검출하여 지연확산을 예측하고 보호구간을 결정한다. 단말기는 메시지를 통해서 전송시의 보호구간에 대한 정보를 얻게 되거나, 혹은 보호구간에 대한 정보를 얻지 못했을 경우, 모든 경우를 시도하여 최적의 성능을 얻을 수 있다. 그러나 보호구간을 작게 예측하거나 크게 예측하여도 약간의 성능 감소만 일어날 뿐 데이터를 수신하는 데는 큰 문제가 없다. 그림 6은 단말기마다 다른 보호구간을 지원하는 예를 나타낸다. 작은 지연확산을 가지는 단말기와 큰 지연확산을 가지는 단말기가 혼재하여 있다면 작은 지연확산을 가지는 단말기의 경우 Parity 부분을 모두 전송해도 되지만 큰 지연확산을 가지는 단말기의 경우는 Parity 부분의 전송을 중지함으로써 보호구간을 늘리도록 한다. 이 때 자신의 데이터 부분뿐만 아니라 앞의 데이터의 Parity 부분의 데이터 전송도 중지하여야만 Cyclic Property를 만족시킬 수 있다.

IV. 컴퓨터 시뮬레이션

실험에서는 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE와 가변 길이를 가지는 SC-FDE의 성능을 비교하였다. 가변 길이를 가지는 SC-FDE는 무선 환경에서 흔히 발

표 1. 지연확산에 따른 보호구간과 부호화율
Table 1. Guard intervals and coding rates according to delay spreads.

		Delay Spread / FFT Size		
		1/8	1/4	3/8
SC-FDE	Guard Interval / FFT Size	1/4	1/4	1/4
	Code Rate	2/3	2/3	2/3
Proposed	Guard Interval / FFT Size	1/8	1/4	3/8
	Code Rate	4/7	2/3	4/5

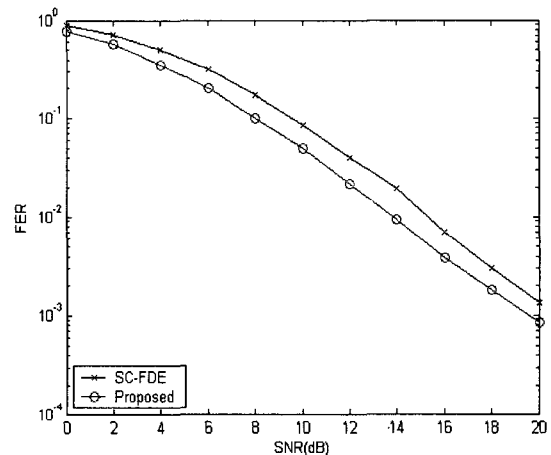


그림 7. 작은 지연확산의 경우
Fig. 7. When the delay spread is small.

생할 수 있는 지연확산을 지원하는 보호구간을 가지며 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE는 큰 지연확산을 지원할 수 있는 보호구간으로 결정해야 한다. 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE의 경우에도 발생 가능성이 희박한 매우 큰 지연확산을 지원하도록 보호구간을 가져가기는 힘들며 대부분의 경우를 지원할 수 있는 크기를 가져가게 된다. 두 SC-FDE의 FFT 크기는 64이며

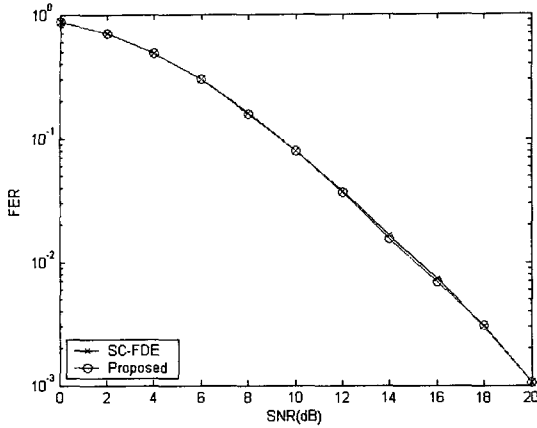


그림 8. 큰 지연확산의 경우
Fig. 8. When delay spread is large.

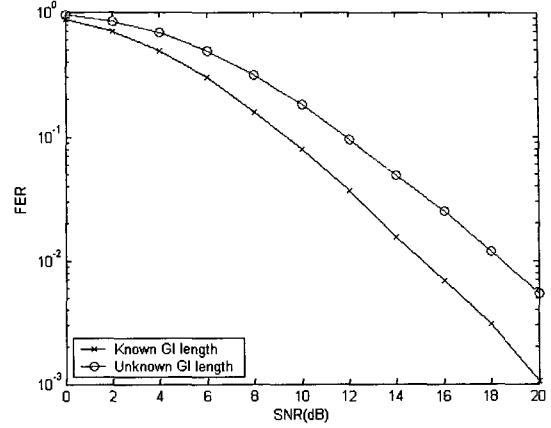


그림 10. 수신기에서 보호구간의 길이를 모를 때
(송신: 긴 보호구간, 수신: 짧은 보호구간)
Fig. 10. When a GI length is not known at the receiver.
(TX: long GI, RX: short GI)

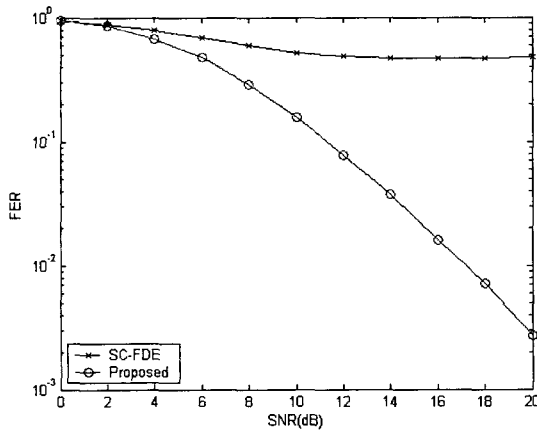


그림 9. 매우 큰 지연확산의 경우
Fig. 9. When delay spread is extraordinarily large.

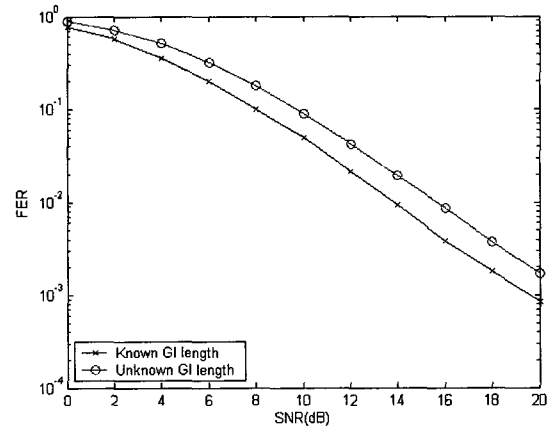


그림 11. 수신기에서 보호구간의 길이를 모를 때
(송신: 짧은 보호구간, 수신: 긴 보호구간)
Fig. 11. When a GI length is not known at the receiver.
(TX: short GI, RX: long GI)

파일럿 워드의 길이는 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE는 FFT 크기의 1/4, 가변 길이를 가지는 SC-FDE는 1/8로 하였고 변조방식은 QPSK, 채널부호화는 길쌈부호를 사용하였다. 실험은 표 1에 정리한 것과 같이, 작은 지연확산(FFT 크기의 1/8), 큰 지연확산(FFT 크기의 1/4), 매우 큰 지연확산(FFT 크기의 3/8)의 two-ray 다중 경로에 대해서 행하였으며 제안하는 방법에서는 지연확산에 맞추어 보호구간을 가변시킨다. 그림 7은 작은 지연확산(1/8)을 가질 때의 실험 결과이다. 대부분의 무선 환경의 경우로 생각되는 작은 지연확산을 가질 때, 가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE는 보호구간을 작게 가져가므로 고정된 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE보다 좋은 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다. 그림 8은 큰 지연확산(1/4)을 가질 때의 실험결과이다. 가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE는 이 경우 보호구간을 늘리게 되며, 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE와 같은 성능을 내는 것을

볼 수 있다. 그림 9는 매우 큰 지연확산(3/8)을 가질 때이며 지연확산이 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE의 보호구간을 넘어가고 있다. 가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE는 지연확산이 매우 커질 때 보호구간을 더 늘림으로써 해결할 수 있으나 고정된 보호구간을 가지는 SC-FDE는 지연확산이 보호구간을 넘어감으로 인해 성능이 매우 떨어짐을 볼 수 있다.

가변 길이의 보호구간을 가지는 SC-FDE는 기지국에서 단말기의 채널상황에 따라서 보호구간을 변화시킬 수 있다. 일반적으로 메시지 등을 통해 보호구간에 대한 정보가 주어지겠지만 만일 별도의 정보가 없다면 단말기는 모든 경우를 시도하거나 보호구간을 예측해야 한다. 단말기는 지연확산의 정도에 따라서 보호구간을

예측할 수 있지만 기지국이 판단하는 지연확산과 차이가 있을 수 있다. 단말기가 보호구간을 잘 못 예측할 경우 성능의 감소가 불가피하다. 그림 9는 보호구간을 크게(1/4)하여 전송하였을 때 보호구간이 작은 것(1/8)으로 잘 못 판단하여 수신한 경우이다. 데이터가 없는 부분을 수신함으로써 잡음의 증가로 인해 성능의 감소가 발생한다. 그림 10은 보호구간을 작게(1/8)하여 전송하였을 때 보호구간이 큰 것(1/4)으로 잘 못 판단하여 수신한 경우이다. 이 경우는 채널부호화율의 증가로 인해 성능의 감소가 발생한다. 보호구간을 잘 못 판단하여 수신을 할 경우 약간의 성능 감소는 발생하지만 수신할 때의 큰 문제는 없는 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

SC-FDE에서 보호구간은 최대 지연확산보다 커야 한다. 그러나 발생할 가능성이 있는 큰 지연확산을 지원하기 위해서 보호구간을 무리하게 늘릴 필요는 없으며 가변적인 보호구간을 지원하는 방법을 통하여 다양한 환경을 최적으로 지원할 수 있다. 이 논문에서 제안하는 방법은 SC-FDE의 파일럿 워드의 길이를 무선채널의 일반적인 경우에 해당되는 작은 크기로 고정하며 지연확산의 크기에 따라서 데이터의 일부 구간의 전송을 중지하는 방법에 의해서 셀에 따라, 혹은 단말기에 따라 다른 보호구간의 길이를 가질 수 있도록 하는 것이다. 제안하는 방법은 주어진 무선 환경에서 최적의 보호구간을 결정함으로써 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 한다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Standard 802.16a: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layer Specifications for 2-11GHz, IEEE.
- [2] H. Witschnig, T. Mayer, A. Springer, A. Koppler, "A Different Look on Cyclic Prefix for SC/FDE," PIMRC, pp.824-828, September 2002.
- [3] H. Witschnig, G. Ossberger, A. Springer, A. Koppler, L. Maurer, M. Huemer, R. Weigel, "The Effect of Blockwise Transmission on Higher-Order Modulation Schemes for SC/FDE," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp.27-30, October 2002.
- [4] N. Al-Dhahir, "Single-Carrier Frequency-Domain Equalization for Space-Time Block-Coded Transmissions over Frequency-Selective Fading Channels," IEEE Communications Letters, Vol.5, No.7, pp.304-306, July 2001.
- [5] D. Falconer, S. L. Ariyavisitakul, A. Benyamin-Seeyar, B. Eidson, "Frequency Domain Equalization for Single-Carrier Broadband Wireless Systems," IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.4, pp.58-66, April 2002.
- [6] A. Gusmao, R. Dinis, J. Conceicao, N. Esteves, "Comparisons of Two Modulation Choices for Broadband Wireless Communications," VTC, pp.1300-1305, May 2000.
- [7] 3GPP TS 25.101, "UE Radio Transmission and Reception (FDD)," December 2002.
- [8] IEEE C802.20-03/75, "Repeater Issues for MBWA," September 2003.

저 자 소 개



임민중(평생회원)

1987년 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사).

1993년 University of Wisconsin-Madison, Electrical and Computer Engineering (공학박사).

1993년~2000년 삼성전자 선임연구원.

2000년~현재 동국대학교 정보통신공학과 조교수.

<주관심분야: 이동통신, 무선통신, 통신 VLSI, 통신 소프트웨어>