(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0092927
(43) 공개일자 2013년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 11/00 (2006.01) *H04N 7/015* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0014538
(22) 출원일자 2012년02월13일
심사청구일자 2012년02월13일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320동 303호
임형묵
경기도 남양주시 도농동 부영아파트 503동 2002호
최원준
서울특별시 도봉구 도봉1동 럭키아파트 102동 205호
(74) 대리인
특허법인태백

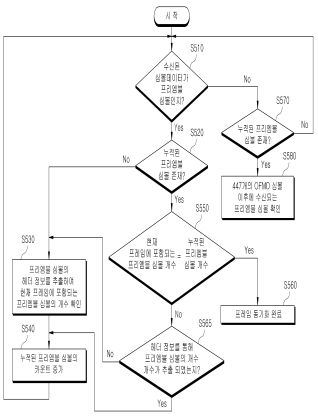
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **DVB-C2 적용을 위한 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

본 발명은 DVB-C2 적용을 위한 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따른 DVB-C2 적용을 위한 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법은 (a) 프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시키는 단계, (b) 파일럿 심볼을 이용하여 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼인지 검사하는 단계, (c) 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인하는 단계, (d) 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하는 단계, 그리고 (e) 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료하는 단계를 포함한다. 이와 같이 본 발명에 따르면, DVB-C2 수신기 구현에 있어서, 여러 심볼에 걸쳐 보호구간을 이용함으로써 더욱 정확한 OFDM 심볼 시간 동기를 구현할 수 있다. 그리고 프리엠블 심볼을 검출하는 방법을 통하여 OFDM 프레임 동기화를 구현할 수 있으며 프리엠블 판별 오류를 최소화할 수 있고 효율성과 경제성을 제고할 수 있다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10035547
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	DVB 2.0 기반 컨버전스 다중화 및 가변 수신 기술 개발
주관기관	전자부품연구원
연구기간	2010.03.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시키는 단계,

(b) 파일럿 심볼을 이용하여 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼인지 검사하는 단계,

(c) 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인하는 단계,

(d) 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하는 단계, 그리고

(e) 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료하는 단계를 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계(b)에서,

상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼이 아닌 것으로 확인된 경우,

누적된 프리엠블이 존재하는지 판단하는 단계, 그리고

누적된 프리엠블이 존재하면 기 설정된 개수의 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하고, 누적된 프리엠블이 존재하지 않으면 다음 번째 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하는 단계를 더 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 단계(c)에서,

누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 경우,

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 단계,

획득한 상기 프리엠블 심볼의 개수 정보를 갱신하는 단계, 그리고

누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보로부터 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하지 못하는 경우,

누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d)에서,

현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하지 않으면 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수가 갱신되었는지 확인하는 단계, 그리고

갱신되지 않은 경우 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정

보를 획득하고, 갱신이 된 경우 누적된 프리엠블의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법.

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 단계는,

상기 헤더정보가 Mode 10인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 4로 설정하고,

상기 헤더정보가 Mode 11인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 8로 설정하며,

상기 헤더정보가 Mode 00 또는 Mode 01인 경우 아래의 수학식을 통하여 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수를 계산하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법:

$$((L1_INFO_SIZE \times 2)+32)/4759$$

여기서 L1_INFO_SIZE는 현재 프리엠블을 통하여 전송되는 L1 signalling의 길이의 반을 나타내고, 32값은 CRC의 길이, 그리고 4759는 한 OFDM 심볼 당 전송 될 수 있는 최대 L1 signalling 의 비트수를 의미한다.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 단계(a)는,

싸이클릭 프리픽스(CP)와 동일한 길이를 갖는 2개의 윈도우를 서로 보호구간과 복사된 샘플 사이의 길이만큼 이격하여 배치하고 샘플 단위로 이동시켜 가면서 심볼 동기를 검출하며,

복수의 심볼을 이용하여 보호구간의 상관값을 다음의 수학식과 같이 누적하여, 누적된 값 r(m)값을 이용하여 심볼의 시작점을 설정하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법:

$$\gamma(m)=\sum_{i=1}^{S}\gamma_i(m)$$

여기서 $\gamma_i(m)$ 는 i번째 심볼에서의 보호구간을 이용하여 계산된 상관값을 의미한다.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 단계(b)는,

다음의 수학식을 만족하는 경우 상기 수신된 심볼 데이터를 프리엠블 심볼로 판별하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법:

$$\sum_{k=0}^{K_{L1}}\left|w_k^P\cdot\widehat{w_k^P}\right|\geq\mu'$$

여기서, $\widehat{w_k^P}$ 는 프리엠블 파일럿에 대해 BPSK 복조를 통해 생성된 수열을 나타내고, w_k^P는 파일럿 스크램블링 수열을 나타내며, μ' 는 임계값(Threshold Factor)을 나타낸다.

청구항 9

프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시키는 OFDM 심볼 시간 동기화부,

파일럿 심볼을 이용하여 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼인지 검사하는 프리엠블 심볼 검사부,

상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인하는 누적 프리엠블 심볼 갱신부,

누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하고, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료하는 제어부, 그리고

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 프리엠블 헤더 분석부를 포함하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼이 아닌 것으로 확인된 경우,

상기 누적 프리엠블 심볼 갱신부는,

누적된 프리엠블이 존재하는지 판단하고,

상기 제어부는,

누적된 프리엠블이 존재하면 기 설정된 개수의 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하고, 누적된 프리엠블이 존재하지 않으면 다음 번째 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 경우,

상기 프리엠블 헤더 분석부는,

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하며,

상기 누적 프리엠블 심볼 갱신부는,

획득한 상기 프리엠블 심볼의 개수 정보를 갱신하고, 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 프리엠블 심볼의 헤더정보로부터 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하지 못하는 경우,

상기 누적 프리엠블 심볼 갱신부는,

누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치.

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 누적 프리엠블 심볼 갱신부는,

현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하지 않으면 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수가 갱신되었는지 확인하고,

갱신되지 않은 경우 상기 프리엠블 헤더 분석부가 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하고, 갱신이 된 경우 누적된 프리엠블의 카운트를 증가시키는 OFDM 기

반의 데이터 동기화 장치.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

상기 프리엠블 헤더 분석부는,

상기 헤더정보가 Mode 10인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 4로 설정하고,

상기 헤더정보가 Mode 11인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 8로 설정하며,

상기 헤더정보가 Mode 00 또는 Mode 01인 경우 아래의 수학식을 통하여 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수를 계산하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치:

$$((L1_INFO_SIZE \times 2)+32)/4759$$

여기서 L1_INFO_SIZE는 현재 프리엠블을 통하여 전송되는 L1 signalling의 길이의 반을 나타내고, 32값은 CRC의 길이, 그리고 4759는 한 OFDM 심볼 당 전송 될 수 있는 최대 L1 signalling 의 비트수를 의미한다.

청구항 15

청구항 9에 있어서,

상기 OFDM 심볼 시간 동기화부는,

싸이클릭 프리픽스(CP)와 동일한 길이를 갖는 2개의 윈도우를 서로 보호구간과 복사된 샘플 사이의 길이만큼 이격하여 배치하고 샘플 단위로 이동시켜 가면서 심볼 동기를 검출하며,

복수의 심볼을 이용하여 보호구간의 상관값을 다음의 수학식과 같이 누적하여, 누적된 값 r(m)값을 이용하여 심볼의 시작점을 설정하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치:

$$\gamma(m)=\sum_{i=1}^{S}\gamma_i(m)$$

여기서 $\gamma_i(m)$ 는 i번째 심볼에서의 보호구간을 이용하여 계산된 상관값을 의미한다.

청구항 16

청구항 9에 있어서,

상기 프리엠블 심볼 검사부는,

다음의 수학식을 만족하는 경우 상기 수신된 심볼 데이터를 프리엠블 심볼로 판별하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치:

$$\sum_{k=0}^{K_{L1}}\left|w_k^P \cdot \widehat{w_k^P}\right| \geq \mu'$$

여기서, $\widehat{w_k^P}$ 는 프리엠블 파일럿에 대해 BPSK 복조를 통해 생성된 수열을 나타내고, w_k^P는 파일럿 스크램블링 수열을 나타내며, μ' 는 임계값(Threshold Factor)을 나타낸다.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 DVB-C2 적용을 위한 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는

수신되는 OFDM 심볼의 시간을 동기화 하고, 다수의 심볼을 포함하는 프레임을 효율적으로 동기화하는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에 무선 환경에서의 고속 데이터 전송에 대한 요구가 점점 증가하면서 주파수 자원의 부족 현상이 예상됨에 따라 주파수 대역의 중요성이 날로 부각되는 가운데 주파수를 공유하여 사용할 수 있는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템이 차세대 무선 멀티미디어 전송 기술로 크게 주목받고 있다. 무선 환경에서는 고속 데이터 전송에 대한 요구와 많은 사용자의 동시 접속의 요구가 커지면서, 한정된 주파수를 좀더 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 특히 OFDM을 기반으로 하는 DVB-C2(Digital Video Broadcasting-Cable version 2)는 차세대 유럽형 디지털 케이블 방송 표준으로서, 디지털 비디오 방송(DVB) 그룹에서 디지털 케이블 방송 규격인 DVB-C의 성능을 개선하여 제정한 디지털 케이블 방송 규격이다. DVB-C2는 DVB-C와 호환을 유지하며 전송 효율을 증가시켰으며, 모드는 VCM(Vatiable Coding & Modulation)과 ACM(Adaptive Coding & Modulation)을 추가하고 있다.

[0004] 이와 같이 OFDM을 기반으로 하는 DVB-C2는 먼저 수신 심볼의 시간 동기를 맞추는 것이 필수적이다. 이때 심볼의 보호구간을 이용하는 방법이 효과적이지만 케이블 전송시 발생할 수 있는 왜곡과 노이즈의 영향으로 그 정밀도가 떨어질 수 있다.

[0005] 그리고 심볼의 동기가 맞추어 지면 DVB-C2 프레임 동기가 필요하다. 이때 프레임을 구성하는 심볼 중 매 프레임의 처음에 존재하는 프리엠블 심볼을 찾음으로 프레임의 동기를 이룰 수 있다.

[0006] 이와 같은 기존 방식의 관련 기술은 특허공개 제2006-0019485호(2006.3.3 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 각각의 OFDM 심볼과 OFDM 프레임에 대해 동기화할 수 있는 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 OFDM 기반의 데이터 동기화 방법은, (a) 프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시키는 단계, (b) 파일럿 심볼을 이용하여 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼인지 검사하는 단계, (c) 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인하는 단계, (d) 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하는 단계, 그리고 (e) 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 단계(b)에서, 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼이 아닌 것으로 확인된 경우, 누적된 프리엠블이 존재하는지 판단하는 단계, 그리고 누적된 프리엠블이 존재하면 기 설정된 개수의 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하고, 누적된 프리엠블이 존재하지 않으면 다음 번째 심볼 데이터가 수신될 때까지 대기하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 단계(c)에서, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 경우, 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 단계, 획득한 상기 프리엠블 심볼의 개수 정보를 갱신하는 단계, 그리고 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보로부터 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하지 못하는 경우, 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 단계(d)에서, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하지 않으면 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수가 갱신되었는지 확인하는 단계, 그리고 갱신되지 않은 경우 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하고, 갱신이 된 경우 누적된 프리엠블의 카운트를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 단계

는, 상기 헤더정보가 Mode 10인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 4로 설정하고, 상기 헤더정보가 Mode 11인 경우 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수를 8로 설정하며, 상기 헤더정보가 Mode 00 또는 Mode 01인 경우 아래의 수학식을 통하여 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수를 계산할 수 있다.

[0014] $((L1_INFO_SIZE \times 2)+32)/4759$

[0015] 여기서 L1_INFO_SIZE는 현재 프리엠블을 통하여 전송되는 L1 signalling의 길이의 반을 나타내고, 32값은 CRC의 길이, 그리고 4759는 한 OFDM 심볼 당 전송 될 수 있는 최대 L1 signalling 의 비트수를 의미한다.

[0016] 상기 단계(a)는, 싸이클릭 프리픽스(CP)와 동일한 길이를 갖는 2개의 윈도우를 서로 보호구간과 복사된 샘플 사이의 길이만큼 이격하여 배치하고 샘플 단위로 이동시켜 가면서 심볼 동기를 검출하며, 복수의 심볼을 이용하여 보호구간의 상관값을 다음의 수학식과 같이 누적하여, 누적된 값 r(m)값을 이용하여 심볼의 시작점을 설정할 수 있다.

[0017] $$\gamma(m)=\sum_{i=1}^{S}\gamma_i(m)$$

[0018] 여기서 $\gamma_i(m)$ 는 i번째 심볼에서의 보호구간을 이용하여 계산된 상관값을 의미한다.

[0019] 상기 단계(b)는, 다음의 수학식을 만족하는 경우 상기 수신된 심볼 데이터를 프리엠블 심볼로 판별할 수 있다.

[0020] $$\sum_{k=0}^{K_{L1}}\left|w_k^P\cdot\widehat{w_k^P}\right|\geq\mu'$$

[0021] 여기서, $\widehat{w_k^P}$ 는 프리엠블 파일럿에 대해 BPSK 복조를 통해 생성된 수열을 나타내고, w_k^P는 파일럿 스크램블링 수열을 나타내며, μ' 는 임계값(Threshold Factor)을 나타낸다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치는, 프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시키는 OFDM 심볼 시간 동기화부, 파일럿 심볼을 이용하여 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼인지 검사하는 프리엠블 심볼 검사부, 상기 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인하는 누적 프리엠블 심볼 갱신부, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하고, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료하는 제어부, 그리고 상기 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득하는 프리엠블 헤더 분석부를 포함한다.

발명의 효과

[0023] 이와 같이 본 발명에 따르면, DVB-C2 수신기 구현에 있어서, 여러 심볼에 걸쳐 보호구간을 이용함으로써 더욱 정확한 OFDM 심볼 시간 동기를 구현할 수 있다. 그리고 프리엠블 심볼을 검출하는 방법을 통하여 OFDM 프레임 동기화를 구현할 수 있으며 프리엠블 판별 오류를 최소화할 수 있고 효율성과 경제성을 제고할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 OFDM 심볼 구조와 보호구간을 나타낸 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 누적된 심볼 개수에 따른 추정 성능을 보여주는 그래프이다.

도 4는 DVB-C2 프레임 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 프레임 동기화 방법의 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 프리엠블 심볼 검사부의 프리엠블 심볼 검사 과정을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치(100)는 OFDM 심볼 시간 동기화부(110), 프리엠블 심볼 검사부(120), 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130), 제어부(140), 프리엠블 헤더 분석부(150)를 포함한다.

[0028] 여기서, OFDM 기반의 데이터 동기화 장치(100)는 직교 주파수 분할 다중 변조(Orthgonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)을 기반으로 하는 유럽형 차세대 디지털 방송 표준 DVB-C2 수신장치에 해당한다.

[0029] 특히 OFDM 심볼 시간 동기화부(110)는 수신되는 각각의 OFDM 심볼에 대하여 동기화시키는 기능을 담당하며, 프리엠블 심볼 검사부(120), 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130), 제어부(140), 프리엠블 헤더 분석부(150)는 수신되는 전체 프레임에 대하여 동기화 시키는 동작을 담당한다.

[0030] 먼저 OFDM 심볼 시간 동기화부(110)는 프레임 단위로 수신된 OFDM 방식의 심볼 데이터를 시간 동기화 시킨다. 프리엠블 심볼 검사부(120)는 파일럿 심볼을 이용하여 수신된 OFDM 심볼이 프리엠블 심볼인지 데이터 심볼인지 여부를 검사한다.

[0031] 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 누적된 프리엠블 심볼을 갱신 및 표시하는 것으로, 수신된 심볼 데이터가 프리엠블 심볼로 확인된 경우, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인한다.

[0032] 제어부(140)는 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수를 비교하고, 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼의 개수가 동일하면 프레임 동기화를 종료시킨다. 프리엠블 헤더 분석부(150)는 프리엠블 심볼의 헤더정보를 추출하여 현재 프레임에 포함된 프리엠블 심볼의 개수 정보를 획득한다.

[0033] 이하에서는 도 2 내지 도 3b를 이용하여 OFDM 심볼 시간 동기화부(110)의 심볼 시간 동기화 방법에 대하여 설명한다.

[0034] 도 2는 OFDM 심볼 구조와 보호구간을 나타낸 도면이다.

[0035] 먼저 도 2에서 보는 것처럼, 시간 영역에서 주기적으로 수신되는 OFDM 심볼은 L개의 샘플의 보호구간 S_{CP}와 N개의 샘플로 구성되는 유효 데이터 구간으로 구성된다. 특히, DVB-C2에서는 보호구간의 샘플은 유효 데이터 구간의 뒷부분에서 L개 만큼의 샘플을 복사하여 사용되는 싸이클릭 프리픽스(CP, Cyclic Prefix)가 적용되어 있다. 수신된 신호가 다중경로 채널과 잡음의 영향으로 연속적인 두 구간의 샘플이 정확히 동일할 수는 없으나 다른 구간의 샘플 값에 비하여 큰 유사성(Correlation)을 가진다.

[0036] 이러한 특성을 바탕으로 본 발명의 실시예에 따르면 L의 길이를 갖는 2개의 윈도우를 서로 보호구간과 복사된 샘플 사이의 길이만큼 이격하여 배치하고 샘플 단위로 이동시켜 가며 심볼 동기를 찾게 된다. 이 때 ML 추정기법(maximum likelihood method)을 이용하는데, 다음의 수학식 1 내지 4와 같다.

수학식 1

[0037]
$$\widehat{\delta_{ML}} = \arg\max_{\delta} \{|\gamma[\delta] - \rho\Phi[\delta]|\}$$

[0038] 여기서 $\gamma(\delta)$와 $\Phi(\delta)$는 다음의 수학식 2와 같이 나타낸다.

수학식 2

$$\gamma(m)=\sum_{k=m}^{m+L-1} r(k)r^{*}(k+N)$$

$$\Phi(m)=\frac{1}{2}\sum_{k=m}^{m+L-1}|r(k)|^2+|r(k+N)|^2$$

[0039]

[0040] 여기서 r(k)는 수신된 시간축의 신호, k는 수신된 신호의 시간 인덱스, N은 한 OFDM 심볼의 길이, m은 현재 추정하고 있는 지점의 인덱스 값을 의미하며, ρ 는 다음 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$\rho=\frac{\sigma_s^2}{\sigma_s^2+\sigma_n^2}=\frac{\sigma_s^2/\sigma_n^2}{\sigma_s^2/\sigma_n^2+\sigma_n^2/\sigma_n^2}=\frac{SNR}{SNR+1}$$

[0041]

[0042] 여기서, σ_s 는 신호의 분산값을 나타내며, σ_n 는 노이즈의 분산값을 나타낸다.

[0043] 연속적으로 심볼이 수신되는 방송 시스템에서 정확하지 않은 초기 심볼 동기는 전체 시스템의 성능에 크게 영향을 미치므로, 더욱 정확한 심볼 동기를 위하여 본 발명의 실시예에 따르면 아래의 수학식 4와 같이 여러 심볼을 이용하여 보호구간의 상관값을 누적하여 심볼의 시작점을 설정하도록 한다.

[0044] 즉, 본 발명의 실시예에 따르면 다음 수학식 4와 같이 누적된 r(m)값을 이용한다.

수학식 4

$$\gamma(m)=\sum_{i=1}^{S}\gamma_i(m)$$

[0045]

[0046] 여기서 $\gamma_i(m)$ 는 i번째 심볼에서의 보호구간을 이용하여 계산된 상관값을 의미한다. 수학식 4를 통하여 계산된 $\gamma(m)$ 를 수학식 1에 적용하여 심볼 동기를 추정한다.

[0047] 이하에서는 표 1, 도 3a 및 도 3b를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 심볼 시간 동기화 효능을 실험적으로 설명한다.

[0048] 먼저 표 1은 도 2에 따른 OFDM 심볼 시간 동기화 장치의 동기화 효능을 실험하기 위한 에코 채널 매개변수를 나타낸 것이다. 왜곡된 채널의 영향을 확인하기 위하여 표 1과 같이 2가지 종류(case1, case2)의 에코 채널 모델을 적용하였다. 표 1에서 case1 및 case2에 대응하는 echo1 및 echo2는 파워(Power) 및 위상(Phase)가 동일하고 시간 지연(delay)만 차이가 있는 것을 알 수 있다.

표 1

[0049]

	Power [dB]	Delay [ns]	Phase [rad]		Power [dB]	Delay [ns]	Phase [rad]
case 1	-11	38	0.95	case 2	-11	162	0.95
	-14	181	1.67		-14	419	1.67
	-17	427	0.26		-17	773	0.26
	-23	809	1.20		-23	1191	1.20
	-32	1633	1.12		-32	2067	1.12
	-40	3708	0.81		-40	13792	0.81

[0050] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 누적된 심볼 개수에 따른 추정 성능을 보여주는 그래프이다. 즉, 도 3a는 case1(echo 1)의 SNR에 따른 MSE를 측정한 그래프이고, 도 3b는 case2(echo 2)의 SNR에 따른 MSE를 측정한 그래프이다.

[0051] 도 3a 및 도 3b를 통해 알 수 있듯이, 하나의 심볼만을 사용했을 때 보다 본 발명의 실시예와 같이 누적하여 사용하는 심볼수가 많아질수록 추정기법의 성능이 향상된 것을 확인할 수 있어 본 발명은 효과적임을 알 수 있다.

[0052] 이하에서는 도 4 내지 도 7을 이용하여 OFDM 기반의 데이터 동기화 장치(100)의 프레임 동기화 방법에 대하여 설명한다. 앞에서 설명하였듯이, OFDM 심볼의 프레임 동기화는 프리엠블 심볼 검사부(120), 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130), 제어부(140), 프리엠블 헤더 분석부(150)가 담당한다.

[0053] 도 4는 DVB-C2 프레임 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0054] 도 4와 같이 DVB-C2의 프레임 구조는 L_P개의 프리엠블 심볼과 L_{Data}개의 데이터 심볼로 구성된다. 한 프레임 당 프리엠블 심볼은 최소 1개에서 최대 8개를 가질 수 있으며, 데이터 심볼의 수는 448개이다. 프리엠블 심볼은 데이터 심볼의 복원 시 필요한 정보 인 L1 signalling을 전송하고 모든 프리엠블 심볼은 동일한 정보를 가지고 있는 프리엠블 헤더를 포함하고 있다. 프리엠블 헤더는 L1_INFO_SIZE와 모드 정보인 L1_TI_MODE 정보와 크기 정보인 L1_INFO_SIZE 정보를 표시한다.

[0055] L1_INFO_SIZE는 프리엠블 심볼이 전송하는 L1 signalling의 비트 단위 길이의 반을 나눈 값을 표시하고, L1_TI_MODE는 프리엠블 심볼의 시간 인터리빙 모드를 표시한다.

[0056] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 프레임 동기화 방법의 순서도이다.

[0057] 먼저 프리엠블 심볼 검사부(120)는 송신단으로부터 수신한 현재의 OFDM 심볼이 프리엠블 심볼인지 데이터 심볼인지 판별한다(S510). 프리엠블 심볼 검사부(120)가 프리엠블 심볼을 판별하는 방법은 도 6을 통하여 후술하기로 한다.

[0058] 만약 프리엠블 심볼로 판별되면 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인한다(S520).

[0059] 만일 누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 것으로 확인을 하면, 프리엠블 헤더 분석부(150)는 프리엠블 헤더 정보인 L1_TI_MODE를 통하여 현재 프레임에 포함된 전체 프리엠블 심볼의 수를 확인한다(S530). DVB-C2의 경우 한 프레임 당 프리엠블 심볼은 최소 1개에서 최대 8개를 가지므로, 현재 프레임에 포함된 전체 프리엠블 심볼의 수는 1 내지 8 중 하나가 된다.

[0060] 여기서, 프리엠블 헤더 분석부(150)는 프리엠블 헤더를 통하여 현재 프레임의 전체 프리엠블 심볼의 수를 다음의 표 2와 같이 추정할 수 있다. 표 2는 L1_TI_MODE 값(VALUE)에 따른 시간 인터리빙 모드를 나타낸 것이다.

표 2

[0061]

VALUE	MODE
00	No time interleaving
01	Best Fit
10	4 OFDM Symbols
11	8 OFDM Symbols

[0062] 표 2에 나타낸 것처럼, L1_TI_MODE가 각각 [10] 또는 [11]인 경우, 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수는 각각 4개 또는 8개이다. 그리고 L1_TI_MODE가 각각 [00] 또는 [01]인 경우 다음 수학식 5를 통하여 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수를 파악한다.

수학식 5

[0063] $$((L1_INFO_SIZE \times 2)+32)/4759$$

[0064] 여기서 L1_INFO_SIZE는 현재 프리엠블을 통하여 전송되는 L1 signalling의 길이의 반을 나타내고, 32값은 CRC의 길이, 그리고 4759는 한 OFDM 심볼 당 전송 될 수 있는 최대 L1 signalling 의 비트수를 의미한다.

[0065] 한편 전체 프리엠블 수가 파악이 되지 않은 경우를 대비하여 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 프레임에 포함되는 프리엠블 수를 최대값인 8로 미리 설정한 후 다음 프리엠블 심볼을 통하여 현재 프레임에 포함된 전체 프리엠블 심볼의 개수를 파악할 수 있다.

[0066] 이와 같이 현재 프레임에 포함된 전체 프리엠블 심볼의 수를 확인하면, 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 현재 프레임에 포함된 전체 프리엠블 심볼의 수를 갱신하여 기록하고, 갱신되었음을 표시할 수 있다.

[0067] 그리고, 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 현재 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키는데(S540), S520에서 누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 것으로 판단된 경우에는 0에서 1로 현재 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시킨다.

[0068] 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키고 난 후, 다음 번째로 수신되는 OFDM 심볼에 대해 상기 S510 내지 S540과 같은 과정을 거치게 된다.

[0069] 다시 S520으로 돌아가서, 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우에는 제어부(140)는 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수와 누적된 프리엠블 심볼 개수를 비교한다(S550). 여기서 누적된 프리엠블 심볼이 존재한다는 것은 해당 프리엠블 심볼이 첫 번째 프리엠블 심볼이 아니라는 것을 나타내므로, 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수는 이미 누적되어 있는 프리엠블 심볼의 헤더 정보로부터 이미 확인된 것이다. 또한 누적된 프리엠블 심볼 개수는 현재 수신된 프리엠블 심볼을 포함하며, 비교결과 동일한 개수인 것으로 판단되면 제어부(140)는 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼이 모두 수신된 것으로 판단하여 프레임 동기화 과정을 종료시킨다(S560).

[0070] 그리고, 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수가 누적된 프리엠블 심볼 개수보다 큰 경우에는 제어부(140)는 전체 프리엠블 심볼이 아직 덜 누적된 것으로 판단하여 누적된 프리엠블 심볼의 카운트를 증가시키고(S540), 다음번째로 수신되는 OFDM 심볼이 프리엠블인지 확인하는 단계(S510)로 이동한다.

[0071] 여기서, 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수가 누적된 프리엠블 심볼 개수보다 큰 경우에는, 누적된 프리엠블에 대해 헤더 정보를 통해 프리엠블 심볼의 개수가 추출되었는지 확인한 후(S565), 갱신된 경우 S540 단계로 이동하게 되고, 갱신이 되지 않은 경우에는 S530 단계로 이동한다. 이는 수신되는 프리엠블에 대해 일일이 헤더정보를 분석하는 것을 방지하여 효율성과 경제성을 높이기 위함이다.

[0072] 한편 S510 단계로 다시 돌아가서, 만약 수신된 OFDM 심볼이 프리엠블 심볼이 아닌 데이터 심볼로 판별되면 누적 프리엠블 심볼 갱신부(130)는 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는지 확인한다(S570). 만일 누적된 프리엠블 심볼이 존재하는 경우, 이는 프리엠블 심볼이 수신되다가 데이터 심볼이 들어온 것을 나타내며, 이전에 몇 개의 프리엠블 심볼을 수신단에서 놓친 것을 의미한다.

[0073] 따라서, 이후에 수신되는 447개는 OFDM 심볼은 데이터 심볼일 것이므로, 제어부(140)는 이후에 수신되는 447개의 OFDM 심볼 이후에 수신되는 프리엠블 심볼부터 다시 S510 단계를 거치도록 한다(S580).

[0074] 그리고, S570 단계에서 누적된 프리엠블 심볼이 존재하지 않는 경우에는, 현재 연속적으로 데이터 심볼이 전송되고 있는 것을 나타내므로, 제어부(140)는 다음 OFDM 심볼에 대해 S510 단계를 거치도록 한다.

[0075] 이하에서는 도 6을 통하여 프리엠블 심볼 검사부(120)가 프리엠블 심볼을 판별하는 방법에 대해 설명한다. 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 프리엠블 심볼 검사부의 프리엠블 심볼 검사 과정을 나타낸 도면이다.

[0076] 먼저 프리엠블 심볼은 데이터 심볼과는 다른 패턴의 프리엠블 파일럿을 포함하며, 프리엠블 심볼 검사부(120)는 프리엠블 파일럿을 확인하여 프리엠블 심볼 여부를 판단할 수 있다. 프리엠블 파일럿은 위치는 다음의 수학식 6과 같이 나타낸다.

수학식 6

[0077] $$k \bmod D_p = 0$$

[0078] 여기서 k는 OFDM 부반송파 인덱스를 의미하고, D_P=6으로 프리엠블 파일럿의 간격을 의미한다. 프리엠블 파일럿은 파일럿 참조 수열 r_k로 만들어지고, 다음 수학식 7을 통하여 파일럿 스크램블링 수열 w_k^P 을 얻을 수 있다.

수학식 7

[0079] $$r_k + r_{k-6} = w_k^P$$

[0080] 도 6과 같이 프리엠블 심볼 검사부(120)는 초기 동기가 이루어진 OFDM 심볼을 FFT를 통하여 변환하여 주파수 축의 신호를 얻어낸다. 그리고 프리엠블 파일럿 위치의 샘플을 모은 후 프리엠블 파일럿 특성에 따라 BPSK 복조(BPSK Demodulation)를 통하여 수열을 생성한다. 프리엠블 심볼 검사부(120)에서는 알고 있는 파일럿 스크램블링 수열 w_k^P 와 BPSK 복조를 통해 생성된 수열을 비교하여(Correlator), 프리엠블 심볼의 여부를 파악할 수 있게 된다. DVB-C2의 프레임 동기를 위하여 프리엠블 파일럿을 통하여 얻어낸 수열 $\widehat{w_k^P}$ 와 파일럿 스크램블링 수열 w_k^P 가 완벽히 일치할 경우 다음과 같은 수학식을 만족한다.

수학식 8

[0081] $$\mu = \sum_{k=0}^{K_{L1}} \left| w_k^P \right|^2 = \sum_{k=0}^{K_{L1}} \left| w_k^P \cdot \widehat{w_k^P} \right|$$

[0082] 그러므로 프리엠블 심볼 검사부(120)는 파일럿 스크램블링 수열 w_k^P 를 이용하여 μ 를 미리 계산해두고, 이후에 프리엠블 심볼 판별에 대한 기준(Reference sequence)으로 사용할 수 있다. $\widehat{w_k^P}$ 와 w_k^P 의 상관값에 대하여 μ 와 같으면 프리엠블 심볼로 판정할 수 있는 것이다. 하지만 케이블에서 발생할 수 있는 왜곡의 효과와 낮은 SNR 환경에서 프리엠블 파일럿에 왜곡이 발생한 경우, 정확한 w_k^P 수열 이 나타나지 않을 수 있다. 이러한 경우 $\widehat{w_k^P}$ 와 w_k^P 의 상관값이 μ 값과 적은 차이를 보인다면 프리엠블로 판별하여 왜곡된 프리엠블 심볼에 대한 판별

성능을 높일 수 있어 다음 수학식을 통하여 임계값을 정한다.

수학식 9

[0083] $$\mu' = \mu - V$$

[0084] 여기서 V는 여분값을 의미하고 μ' 는 임계값(Threshold Factor)를 의미한다. 최종적으로 다음 수학식 10을 만족하는 경우 프리엠블 심볼 검사부(120)는 프리엠블로 판정한다.

수학식 10

[0085] $$\sum_{k=0}^{K_{FI}} \left| w_k^P \cdot \widehat{w_k^P} \right| \geq \mu'$$

[0086] 도 7은 도 6에 따른 에코 채널에 대하여 여분 값 V를 변화시켜가며 프리엠블 판별기법의 성능을 나타낸 그래프이다. 도 7에서 보는 것처럼, 여분 값 V를 사용하지 않았을 때보다 여분 값 V를 사용하였을 때 성능이 더 향상되고 있는 것을 확인할 수 있다. 즉, 여분 값 V가 클수록 프리엠블 검출 오차율(Preamble Detection Error Rate)은 더욱 감소한다는 것을 알 수 있다.

[0087] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, DVB-C2 수신기 구현에 있어서, 여러 심볼에 걸쳐 보호구간을 이용함으로써 더욱 정확한 OFDM 심볼 시간 동기를 구현할 수 있다. 그리고 프리엠블 심볼을 검출하는 방법을 통하여 OFDM 프레임 동기화를 구현할 수 있으며 프리엠블 판별 오류를 최소화할 수 있고 효율성과 경제성을 제고할 수 있다.

[0088] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0089] 100: OFDM 기반의 데이터 동기화 장치,

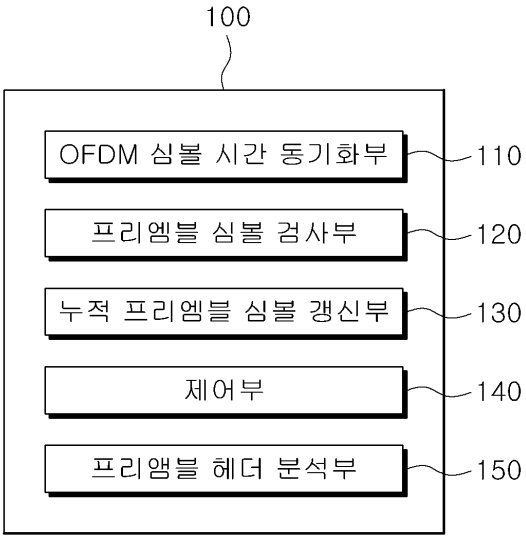
110: OFDM 심볼 시간 동기화부, 120: 프리엠블 심볼 검사부,

130: 누적 프리엠블 심볼 갱신부, 140: 제어부,

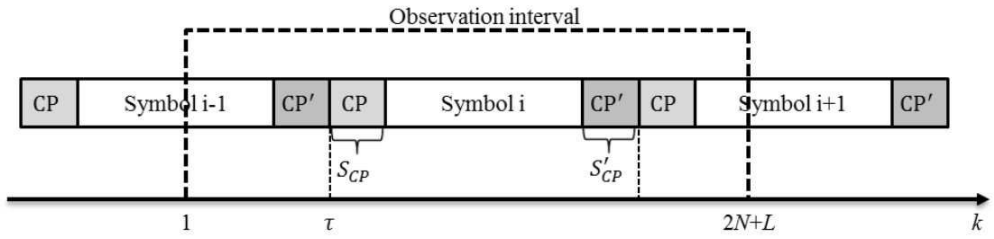
150: 프리엠블 헤더 분석부

도면

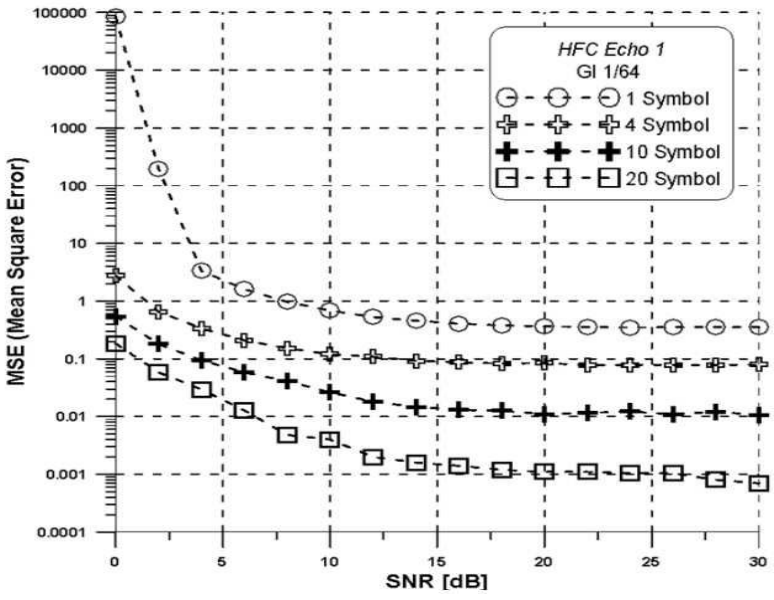
도면1



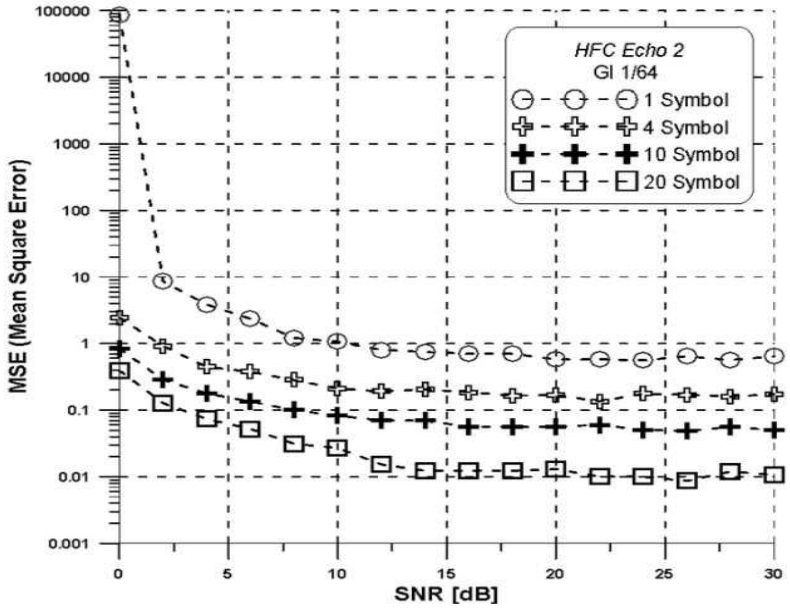
도면2



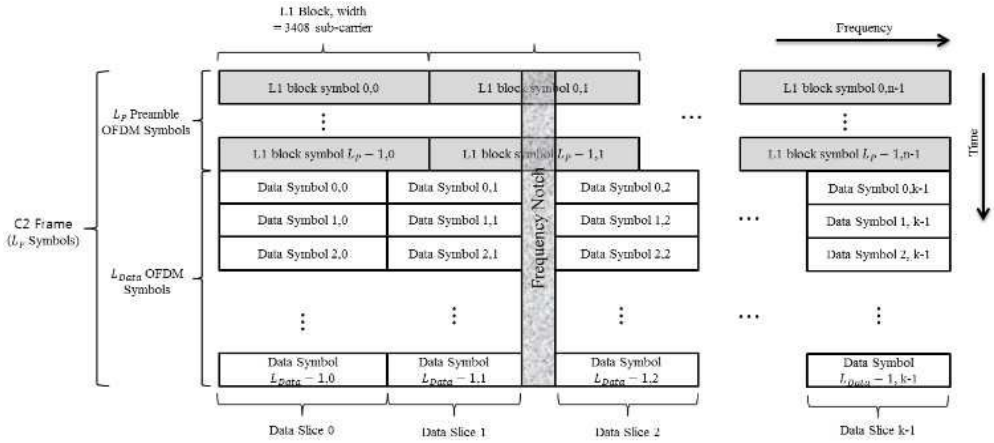
도면3a



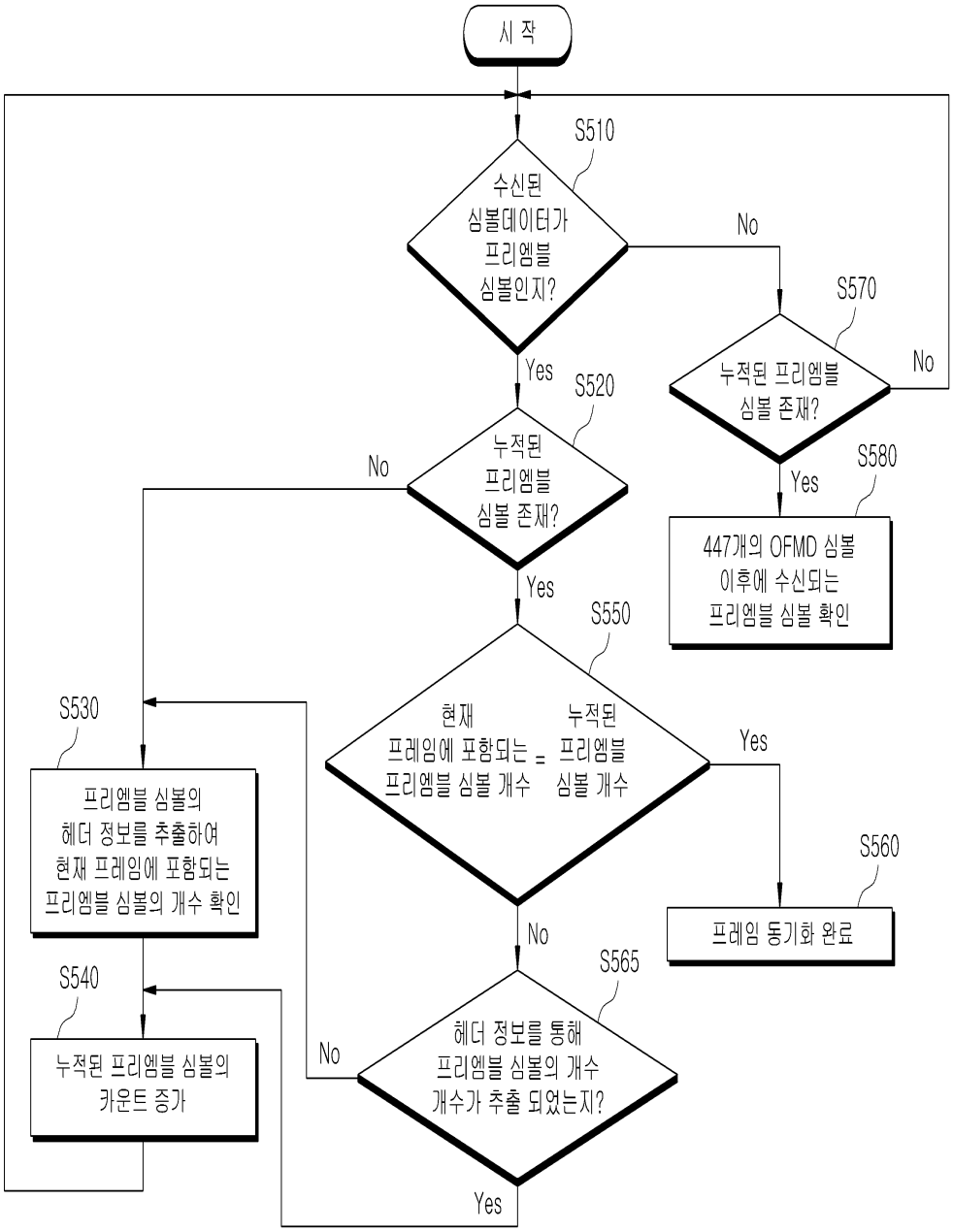
도면3b


HFC Echo 2
GI 1/64
1 Symbol
4 Symbol
10 Symbol
20 Symbol
MSE (Mean Square Error)
SNR [dB]
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0
5
10
15
20
25
30

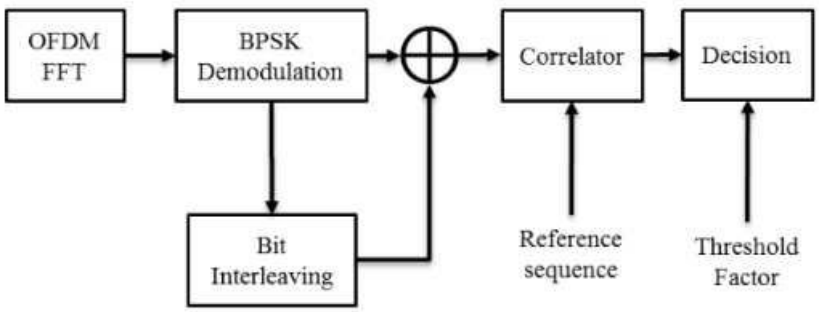
도면4


L1 Block, width = 3408 sub-carrier
Frequency
Time
C2 Frame (L_F Symbols)
L_P Preamble OFDM Symbols
L_{Data} OFDM Symbols
L1 block symbol 0,0
L1 block symbol 0,1
L1 block symbol 0,n-1
L1 block symbol L_P – 1,0
L1 block symbol L_P – 1,1
L1 block symbol L_P – 1,n-1
Data Symbol 0,0
Data Symbol 0,1
Data Symbol 0,2
Data Symbol 0,k-1
Data Symbol 1,0
Data Symbol 1,1
Data Symbol 1,2
Data Symbol 1, k-1
Data Symbol 2,0
Data Symbol 2,1
Data Symbol 2,2
Data Symbol 2, k-1
Frequency Notch
Data Symbol L_{Data} – 1,0
Data Symbol L_{Data} – 1,1
Data Symbol L_{Data} – 1,2
Data Symbol L_{Data} – 1, k-1
Data Slice 0
Data Slice 1
Data Slice 2
Data Slice k-1

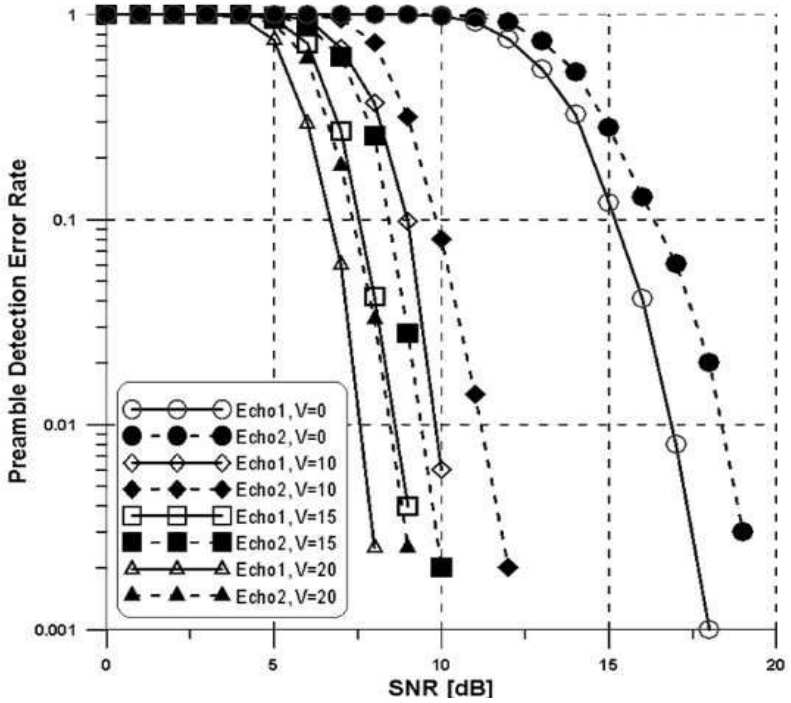
도면5


시 작
S510
수신된 심볼데이터가 프리엠블 심볼인지?
No
Yes
S570
누적된 프리엠블 심볼 존재?
No
Yes
S580
447개의 OFMD 심볼 이후에 수신되는 프리엠블 심볼 확인
S520
누적된 프리엠블 심볼 존재?
No
Yes
S550
현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼 개수 = 누적된 프리엠블 심볼 개수
Yes
S560
프레임 동기화 완료
No
S565
헤더 정보를 통해 프리엠블 심볼의 개수 개수가 추출 되었는지?
No
Yes
S530
프리엠블 심볼의 헤더 정보를 추출하여 현재 프레임에 포함되는 프리엠블 심볼의 개수 확인
S540
누적된 프리엠블 심볼의 카운트 증가

도면6


OFDM FFT
BPSK Demodulation
Correlator
Decision
Bit Interleaving
Reference sequence
Threshold Factor

도면7


Preamble Detection Error Rate
SNR [dB]
1
0.1
0.01
0.001
0
5
10
15
20
Echo1, V=0
Echo2, V=0
Echo1, V=10
Echo2, V=10
Echo1, V=15
Echo2, V=15
Echo1, V=20
Echo2, V=20