



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0063643
(43) 공개일자 2008년07월07일

(51) Int. Cl.

H04J 11/00 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0000291

(22) 출원일자 2007년01월02일

심사청구일자 2007년01월02일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

양현

서울 광진구 군자동 368번지 201호

유영환

서울 송파구 가락동 140 가락쌍용아파트 101-1501

송형규

경기 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320-303

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

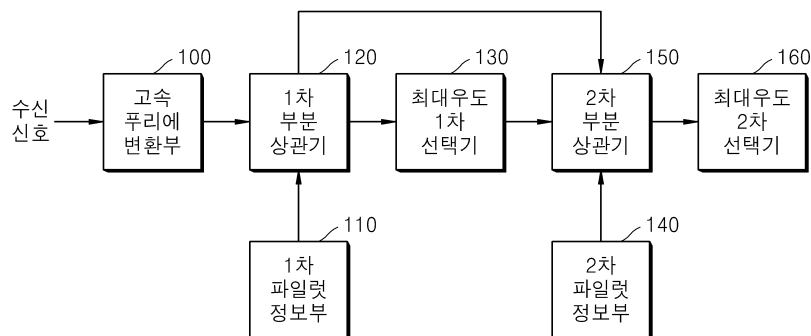
(54) 주파수의 오차 추정 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 주파수의 오차 추정 장치 및 그 방법을 개시한다.

본 발명에 의하면, 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 변환하여 신호를 처리하고, 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하며, 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하고, 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 계산된 상관값과 합하며, 선택된 후보값들에 대해서 합해진 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하여, ML기법을 적용한 오차 추정 방법을 두 단계로 나누어, 첫 번째 단계에서 추정하고자 하는 값들의 범위를 줄여 두 번째 단계에서는 줄여진 범위 내에 존재하는 값들을 다시 고려함으로써, 첫 번째 단계와 두 번째 단계 모두에서 동일한 성능을 가지면서도 감소가 가능한 만큼의 계산 복잡도를 줄여 실제 구현 시 발생하는 높은 비용 및 사용되는 하드웨어의 수를 줄일 수 있는 효과를 제공한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10557
부처명	서울특별시
연구사업명	기술기반 구축 사업
연구과제명	차세대 PMP 콘텐츠 산업 클러스터 사업
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2006년 12월 01일 ~ 2007년 11월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 FFT 변환하여 신호를 처리하는 고속푸리에변환부;

상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 1차 파일럿정보부;

상기 1차파일럿정보부에서 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하는 1차부분상관기;

상기 1차부분상관기에서 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하는 최대우도1차선택기;

상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 2차 파일럿정보부;

상기 2차파일럿정보부에서 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 상기 1차부분상관기에서 계산된 상관값과 합하는 2차부분상관기; 및

상기 최대우도1차선택기에서 선택된 후보값들에 대해서 상기 2차부분상관기에서 합하여 출력되는 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하는 최대우도2차선택기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신된 신호에 삽입되어 있는 파일럿 심볼은 연속되는 OFDM 신호를 통해 생성되는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최대우도1차선택기는 상관값의 실수값만을 취하고 내림차순으로 정렬한 후 그 중의 최대값을 포함하여 주파수 오차 후보 값들을 결정하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 장치.

청구항 4

(a) 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 변환하여 신호를 처리하는 단계;

(b) 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하는 단계;

(c) 상기 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하는 단계;

(d) 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 상기 (b) 단계에서 계산된 상관값과 합하는 단계; 및

(e) 상기 (c) 단계에서 선택된 후보값들에 대해서 상기 (d) 단계에서 합해진 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 고속 푸리에 변환을 사용하여 신호를 변환하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 수신된 신호에 삽입되어 있는 파일럿 심볼은 연속되는 OFDM 신호를 통해 생성되는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산할 때에 최대 발생 가능한 주파수 오차 범위 내에서 하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상관값의 실수값만을 취하고 내림차순으로 정렬한 후 그 중의 최대값을 포함하여 주파수 오차 후보 값들을 결정하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

청구항 9

제4항 또는 제7항에 있어서,

상기 (d) 단계에서 주파수 오차의 후보들에 대하여 모든 파일럿 정보들의 이용한 상관값을 구할 때, 필요한 일부분의 상관값은 상기 (b) 단계에서 계산된 상관값을 이용하는 것을 특징으로 하는 주파수의 오차 추정 방법.

명세서**발명의 상세한 설명****발명의 목적****발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <7> 본 발명은 통신분야에 관한 것으로서, 주파수의 오차를 추정하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 특히 본 발명은 직교 주파수 분할 다중 변조(Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 이하 OFDM) 방식을 사용하는 일반적인 OFDM시스템에서 사용될 수 있다.
- <8> 주파수 오차는 전체적인 시스템의 성능을 결정하는 민감한 부분들 중 하나이다. 주파수 오차는 도플러 효과나 수신단에 존재하는 발진기의 불안정성으로 인하여 발생하게 되고, 발생하는 주파수 오차는 크게 정수배 주파수 오차와 소수배 주파수 오차로 나뉘진다.
- <9> 통신 신호의 수신단에서 주파수 오차의 발생으로 생기는 영향들을 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform)과정 이후에서 살펴보면, 발생한 정수배 주파수 오차만큼 부 반송파들의 위치가 이동되고 소수배 주파수 오차의 영향으로 인접 부 반송파들 간의 간섭(Inter-Carrier Interference : 이하 ICI)이 발생하여 각 부 반송파들 간의 직교성을 잃는다.
- <10> 이러한 주파수 오차를 추정하기 위한 방법들 중 정수배 주파수 오차를 추정하기 위하여 파일럿 신호를 이용한 최대 우도(Maximum Likelihood : ML) 추정 방법이 종래에 제시되었는데, 최대 우도법의 경우 높은 계산 복잡도가 요구되어 실제 구현 시 많은 비용 및 하드웨어의 높은 복잡성이 예상되는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <11> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제, 상기의 문제점들을 해결하기 위해, 최대 우도 추정 방법을 사용하여 주파수의 오차를 추정할 때에 야기되는 높은 복잡도를 감소시킬 수 있는 주파수의 오차를 추정하는 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

- <12> 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한, 주파수의 오차 추정 장치는, 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 FFT 변환하여 신호를 처리하는 고속푸리에변환부; 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 1차파일럿정보부; 상기 1차파일럿정보부에서 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하는 1차부분상관기; 상기 1차부분상관기에서 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하는 최대우도1차선택기; 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 2차파일럿정보부; 상기 2차파일럿정보부에서 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 상기 1차부분상관기에서 계산된 상관값과 합하는 2차부분상관기; 및 상기 최대우도1차선택기에서 선택된 후보값들에 대해서 상기 2차부분상관기에서 합하여 출력되는 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하는 최대우도2차선택기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <13> 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한, 주파수의 오차 추정 방법은, (a) 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 변환하여 신호를 처리하는 단계; (b) 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하는 단계; (c) 상기 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하는 단계; (d) 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 상기 (b) 단계에서 계산된 상관값과 합하는 단계; 및 (e) 상기 (c) 단계에서 선택된 후보값들에 대해서 상기 (d) 단계에서 합해진 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <14> 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예를 상세히 설명한다.
- <15> 도 1은 본 발명에 따른 주파수 오차 추정 장치의 구성의 예를 블록으로 도시한 것이다.
- <16> 종래의 ML 기법을 사용하는 Morelli & Mengali(이하 M&M) 방법에서는 모든 경우의 주파수 오차 가능 값들에 대해서 추정하고자 하는 주파수 오차 값을 찾아내는 방법을 사용한다. 본원 발명에서는 그와 대조적으로 M&M에서 적용하는 상관기를 2개의 부분(120,150)로 나누어서 2번의 파일럿 심볼들(110,140)과 상관을 취한 후, 최종적으로 정확한 주파수 오차 값을 추정해내는 방법을 사용한다.
- <17> 도 1의 추정장치는, 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 FFT 변환하여 신호를 처리하는 고속푸리에변환부(100), 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 1차파일럿정보부(110), 1차파일럿정보부(110)에서 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하는 1차부분상관기(120), 1차부분상관기(120)에서 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하는 최대우도1차선택기(130), 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하는 2차파일럿정보부(140), 2차파일럿정보부(140)에서 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 1차부분상관기(120)에서 계산된 상관값과 합하는 2차부분상관기(150) 및 최대우도1차선택기(130)에서 선택된 후보값들에 대해서 2차부분상관기(150)에서 합하여 출력되는 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하는 최대우도2차선택기(160)를 포함한다.
- <18> 이때에 상기 수신된 신호에 삽입되어 있는 파일럿 심볼은 연속되는 OFDM 신호를 통해 생성되며, 최대우도1차선택기(130)는 상관값의 실수값만을 취하고 내림차순으로 정렬한 후 그 중의 최대값을 포함하여 주파수 오차 후보값들을 결정한다.
- <19> 도 2는 본 발명에 따른 주파수 오차 추정 방법의 흐름을 도시한 것이다. 이 방법은 도 1의 장치에 의해 실행된다.
- <20> 이 방법은 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 변환하여 신호를 처리하고(200 단계), 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며(210 단계), 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하며(220 단계), 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택한다(230 단계).
- <21> 이 경우 220 단계에서 상기 (b) 단계에서 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산할 때에는 최대 발생 가능한 주파수 오차 범위 내에서 그 계산을 실행한다.

<22> 그리고 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며(240 단계), 상기 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와 상관을 계산하여, 상기 220 단계에서 계산된 상관값과 합하고(250 단계), 230 단계에서 선택된 후보값들에 대해서 250 단계에서 합해진 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택한다(260 단계).

<23> 이때에 250 단계에서 주파수 오차의 후보들에 대하여 모든 파일럿 정보들의 이용한 상관값을 구할 때, 필요한 일부분의 상관값은 220 단계에서 계산된 상관값을 이용한다.

<24> 본 발명에 따른 구체적인 실시예를 다음과 같은 수학적식 1 내지 수학적식 7을 참조하여 설명한다.

<25> 도 1에서 수신되는 신호를 송신하는 장치의 송신단에서 N개의 부 반송파를 가지는 OFDM신호를 역 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform : IFFT)의해 발생시키며, 연속된 두 개의 OFDM 신호에는 송신단과 본 발명에 따른 도 1의 장치가 포함된 신호의 수신단에서 각각 알고 있는 위치에 파일럿 심볼이 삽입되어 있다. 여기서 두개의 연속되는 파일럿 심볼에 대한 식은 다음과 같다.

수학적식 1

<26>
$$X_l(k)X_{l+1}^*(k)=D_l(k), \quad k \in S_p$$

<27> 여기서 X_l 과 X_{l+1} 은 각각 연속되는 1번째 심볼과 1+1번째 심볼이고, S_p 는 파일럿 심볼 위치에 대한 집합이다. $\{D_l(k); k \in S_p\}$ 는 수신단에서 알고 있는 의사 랜덤 잡음 신호이다.

<28> 송신단에서의 생성되는 심볼들의 역 고속 푸리에 변환(IFFT) 이후의 송신 신호는 다음과 같다.

수학적식 2

<29>
$$x_{l+m}(n)=\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_{l+m}(k)e^{j2\pi kn/N}, \quad 0 \leq n \leq N-1, \quad m=0,1$$

<30> 여기서 각각의 OFDM 심볼은 N개의 부 반송파를 사용하며, N_g 는 인접 심볼간의 간섭(Inter-Symbol Interference : ICI)을 방지하기 위하여 채널 충격 응답보다 길게 설정한 해당 심볼의 순환전치 구간이다.

<31> 수신단에서 상기 심볼신호를 수신하게 되면 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학적식 3

<32>
$$y_{l+m}(n)=\sum_{i=0}^{L-1} h_{l+m}(i)x_{l+m}(n-i-\epsilon)e^{j2\pi(n+m \cdot N_g)\Delta/N} + w_{l+m}(n), \quad m=0,1$$

<33> 여기서 N_e 는 $N+N_g$ 이고, $\{h(i)\}_{i=0}^{L-1}$ 는 최대 지연 길이가 L인 채널 충격 응답이며 ϵ 은 발생한 시간 동기 오차 값이다. Δ 는 부 반송파 간격만큼 정규화 된 주파수 오차이며, 발생한 주파수 오차는 정수배 주파수 오차 Δ_i 와 소수배 주파수 오차 Δ_j 로 나뉘고, $w_{l+m}(n)$ 는 전체 심볼 구간에서 평균이 0인 복소 가산성 백색 가우시안 잡음(complex Additive White Gaussian Noise : AWGN)이다.

<34> OFDM 시스템에서 고속푸리에변환부(100)에서의 변환 과정 후에 ICI를 유발하므로, OFDM 시스템에서 시간 동기 오차와 소수배 주파수 동기 오차는 정수배 주파수 오차를 추정하기 전 훈련 심볼을 통하여 보상이 되어야 하는

데, 이는 종래의 여러 방법들을 통하여 보상이 된 것으로 가정하여 이하의 설명을 진행한다.

<35> 본 발명은 FFT 과정 후 주파수 축에서 이루어지는 ML 기법을 기반으로 하는 M&M 방법의 개선을 통하여 복잡도를 줄이게 된다. 이에 따라 소수배 주파수 오차 및 시간 동기 오차는 완벽하게 보상이 되었을 때의 주파수 축에서의 OFDM 심볼은 다음과 같이 표현된다.

수학식 4

$$<36> Y_{l+m}(k) = e^{j2\pi m \Delta_i N_e / N} H_{l+m}(k - \Delta_i) X_{l+m}(k - \Delta_i) + W_{l+m}(k), \quad m=0,1$$

<37> 여기에서 $X_{l+m}(k - \Delta_i)$ 은 $X_{l+m}(k)$ 의 Δ_i 만큼 순환 이동된 심볼이고, $H_{l+m}(k)$ 은 채널의 주파수 응답이며, $W_{l+m}(k)$ 은 평균이 0인 복소 가산성 백색 가우시안 잡음이다. 주파수 오차는 두 개의 연속되는 파일럿 심볼 간의 차이 관계에 의하여 추정되어진다.

<38> 본 발명에서 종래의 방법의 복잡도를 낮추기 위하여 S_p 는 파일럿 심볼의 부 반송파가 짝수 번째와 홀수 번째 위치한 두 개의 집합인 $S_{e,p}$ 와 $S_{o,p}$ 로 각각 나뉜다.

<39> 여기에서 각각 짝수 번째 부 반송파 위치에 있는 파일럿 심볼들은 1차파일럿정보부(110)에서 집합으로 구성되고, 홀수 번째 부 반송파 위치에 있는 파일럿 심볼들은 2차파일럿정보부(140)에서 집합으로 구성된다(각각 210 단계, 240 단계).

<40> 이때 본 발명에 따른 주파수 추정기에서 관찰되는 상기 수신 신호의 고려를 통해 후보가 가능한 값들로부터 가장 큰 상관값을 포함한 K개의 큰 상관값들을 순서대로 선택하고, 정확한 주파수 오차에 대한 K개의 후보들 $f_i (1 \leq i \leq K)$ 는 다음과 같이 수학식 5를 통하여 선택된다(230 단계).

수학식 5

$$<41> \{f_1, f_2, \dots, f_K\} = \arg \max_{|f| \leq M} \{ \text{Re} \{ \sum_{k \in S_{e,p}} Z_l(k+f) \} \}$$

<42> 여기서 $\arg \max_K \{x\}$ 는 도 1에서 최대우도1차선택기(130)의 의한 선택 과정을 나타내고, 1차부분상관기(120)로부터 계산된 상관값들을 기준으로 내림차순 정렬한 주파수 오차 후보 집합에서 미리 설정된 추정기 변수 K개만큼의 주파수 오차 후보들을 뽑아낸다.

<43> 한편, $\text{Re}\{x\}$ 는 x의 실수 값, f는 Δ_i 의 실험 값, $S_{e,p}$ 의 원소들의 개수는 $N_p/2$ 을 나타내고 M은 전송 단 또는 수신단 발진기 안정성에 의존적인 주파수 오차 값에 대한 가장 큰 기댓값이다.

<44> 한편, $Z_l(k+f)$ 는 파일럿 심볼과 수신된 신호의 관계식이며 다음의 수학식으로 표현된다.

수학식 6

$$<45> Z_l(k+f) = D_l(k) Y_l^*(k+f) Y_{l+1}(k+f) e^{-j2\pi f N_e / N}$$

<46> 여기서, N_e 는 $N+N_g$, $Y_l(k)$ 와 $Y_{l+1}(k)$ 은 각각 1번째, 1+1번째 수신 신호이고 $D_l(k)$ 는 수신단에서 알고 있는 파일럿 심볼이다.

<47> 참조번호 260 단계에서는 첫 번째 단계인 상기 수학식 5를 통하여 임시적으로 선택된 주파수 오차 후보들을 대상으로 파일럿 심볼의 개수를 늘려서 상관값을 구한 후 정확한 주파수 오차 값 추정을 시도한다. 260 단계에 대한 수학식은 다음과 같이 표현된다.

수학식 7

<48>
$$\hat{\Delta}_i = \arg \max_{f \in \{f_1, f_2, \dots, f_K\}} \left\{ \text{Re} \left\{ \sum_{k \in S_{e,p} \cup S_{o,p}} Z_l(k+f) \right\} \right\}$$

<49> 이 단계에서는 $S_{e,p}$ 집합에 대한 상관은 이미 첫 번째 단계에서 수행하였으므로 추가적으로 $S_{o,p}$ 집합의 부 반송파들 간에 대한 상관값만을 요구한다.

<50> 구체적으로, 도 1에서 1차부분상관기(120)에서 계산된 상관값을 2차부분상관기(150)에서 2차파일럿심볼(140)과 계산된 상관값과 더하면 최종적으로는 모든 파일럿 심볼의 정보를 이용하게 된다.

<51> 따라서 2차부분상관기(150)에서 합해진 상관값은 최대우도1차선택기(130)에 의해 선택되어진 후보값들에 대해 최대우도2차선택기(160)에서 ML기법을 적용하는데 사용되고, 최대우도2차선택기(160)에서는 추정하고자 하는 정확한 주파수 오차 값을 구할 수 있다. 다시 말하면, 2차부분상관기(150)에서는 최대우도1차선택기(130)에 의해 선택되어진 주파수 오차 후보들만을 대상으로 하여 모든 파일럿 심볼 정보를 이용한 최종적인 상관값을 계산하고, 최대우도2차선택기(160)에서는 계산된 최종적인 상관값들을 대상으로 ML기법을 적용하여 주파수 오차 후보들 중 가장 큰 상관값을 가질 때의 주파수 오차 후보 값을 선택하는 것이다.

<52> 본 발명은 상기 수학식 5에서 나타내는 것과 같이 주파수 오차 추정기에 요구되는 계산 복잡도는 K값에 의하여 달라진다.

<53> 이하 상기와 같은 본원 발명에 따른 처리 방법을 도 2의 순서에 따라 간단하게 요약해서 부연한다.

<54> 210 단계에서는 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들만을 이용해서 최대 발생 가능한 주파수 오차 범위인 M 이내에서 상관값을 모두 취하는 것이다. 예를 들면 절반의 파일럿 정보만을 가지고 M=10일 때 -10부터 +10까지의 모든 경우를 다 계산해서 상관값을 구한다.

<55> 상관값이 클수록 그 때의 주파수 오차 값이 최종적으로 추정하고자 주파수 오차 값(f)이 될 가능성이 큰 경우이므로, 230 단계에서는 후보들을 K개만큼 뽑습니다. 예를 들어 K=5 일 때, -5, -3, 0, 1, 8 후보들이 생성된다.

<56> 250 단계에서는 최대우도1차선택기(130)에서 뽑혀진 후보들 중에서 모든 파일럿 정보들의 이용하여 상관값을 취하여야 하는데, 처음 절반의 파일럿 정보들을 이용한 상관값은 이미 1차에서 계산되었기 때문에 나머지 절반의 파일럿 정보들을 이용한 상관값만을 계산하여 더하는 것이다.

<57> 260 단계에서는 모든 상관값들 중 최대우도법을 적용하여 제일 큰 상관값을 가지게 하는 주파수 오차 후보를 하나 선택한다.

<58> 따라서 230 단계에서 선택된 후보값들을 가지고 그 줄어든 범위인 후보값들에 대해서 250 단계에서 상관값을 계산하고, 260 단계에서 상기 계산된 상관값들에 대해 ML기법을 적용하여 가장 큰 상관값을 가지는 최종적인 주파수 오차 값 하나를 선택하게 되는 것이다.

<59> 도 3은 계산 복잡도를 본 발명에 따른 방법과 종래의 M&M 방법을 비교하여 도표화한 것이다. 만약 복소수의 곱과 합에 대한 연산이 같은 수준의 복잡도를 가진다면 본 발명에 따른 방법의 결과 종래의 M&M 방법보다 복잡도가 낮기 위해서는 K값이 2M+1 미만이어야 하는 것을 알 수 있다.

<60> 본 발명은 이러한 사항들을 통하여 ML 기법을 사용하면서 실제 구현 시 복잡도를 종래의 방법보다 낮출 수 있다. 즉, 1차부분상관기(120)에서 절반의 파일럿 정보만 가지고 발생 가능한 모든 주파수 오차 범위 내의 상관

값을 구하며, 2차부분상관기(150)에서는 나머지 절반의 파일럿 심볼에 대한 정보를 가지고 최대우도1차선택기(130)에서 선택된 주파수 오차 후보들과의 상관값만을 계산하고, 또한 최대우도1차선택기(130)에서의 오차 후보들의 개수를 결정하는 추정기 변수 K의 값을 작게 하여 최대우도2차선택기(160)에서 적은 범위에서의 ML 기법을 적용함으로써 실제 구현시의 복잡도를 종래보다 낮출 수 있다.

<61> 도 4는 본 발명에 따른 정수배 주파수 오차 추정 방법에 대해 M&M 방법의 시뮬레이션 결과를 보여주는 그래프이다. 도 4에서는, M이 10일 때, 소수배 주파수 오차가 없는 경우와 잔여 소수배 주파수 오차가 존재할 경우에 본 발명에 따른 방법과 종래의 M&M 방법에 대한 주파수 오차 추정 실패 확률을 보여준다(본 발명에 따른 방법을 적용한 결과는 Proposed라고 기재된 부분이다).

<62> 도 4로부터, 본 발명에 따른 방법은 K의 값이 증가함에 따라 M&M 방법의 성능과 동일한 성능을 나타내는 것을 볼 수 있으나 K의 값이 어느 정도 이상 커지게 되면 성능의 향상은 M&M 방법에 수렴하게 된다.

<63> 도 5는 본 발명에 따른 정수배 주파수 오차 추정 방법에 대해 M&M 방법의 시뮬레이션 결과를 보여주는 그래프이다. 도 5에서는, 소수배 주파수 오차가 존재하지 않는 경우에 본 발명에 따른 방법의 성능이 K의 값의 변화에 따라 M&M 방법의 성능과 근접하게 되는 K의 값을 확인 할 수 있다. 한편, M의 값이 변하게 되더라도 같은 성능을 보여주는 K의 값을 선택하는 경우, 본 발명에 따른 방법이 M&M 방법에 비하여 복잡도가 감소하는 것을 알 수 있다.

<64> 도 6은 본 발명에 따른 추정 방법과 종래의 M&M 방법의 복잡도 감소 비율을 도표화 한 것으로, 더 구체적으로는 상기에 설명된 것과 같은 요인들을 고려하여 근사한 성능을 낼 때의 M과 K의 값을 선택한 후 본 발명에 따른 추정 방법과 종래의 M&M 방법의 복잡도 감소 비율을 도표화 한 것이다.

<65> 본 발명에서는, 파일럿 심볼의 개수 $N_{\{p\}}$, M과 K의 값에 따라 복잡도가 결정되는데, 일반적으로 파일럿 심볼의 개수는 통신 시스템에서 지정된 사양에 따르며 ML 추정기법의 매개변수 M은 수신단에서의 발진기의 불안정성에 의존적이다. 그리고 본 발명에서 사용된 매개변수 K는 복잡도 비교를 위하여 종래의 M&M 방법과 동일한 성능을 만족시키는 경우의 값이 선택되었다.

<66> 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 본 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 상기의 설명에 포함된 예들은 본 발명에 대한 이해를 위해 도입된 것이며, 이 예들은 본 발명의 사상과 범위를 한정하지 않는다. 또한 본 발명에 따른 상기의 각 단계는 일반적인 프로그래밍 기법을 이용하여 소프트웨어적으로 또는 하드웨어적으로 다양하게 구현할 수 있다는 것은 이 분야에 통상의 기술을 가진 자라면 용이하게 알 수 있는 것이다.

<67> 그리고 본 발명의 일부 단계들은, 또한, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, CD-RW, 자기 테이프, 플로피디스크, HDD, 광 디스크, 광자기 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 저장되고 실행될 수 있다.

발명의 효과

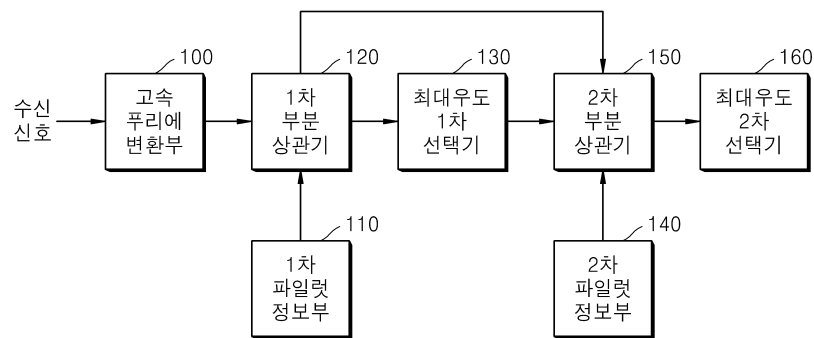
<68> 본 발명에 의하면, 수신된 신호를 시간축에서 주파수 축으로 변환하여 신호를 처리하고, 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 짝수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 파일럿 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신 신호와의 상관값을 계산하며, 계산된 상관값의 실수 값만을 취하여 미리 결정된 개수만큼 주파수 오차 후보값들을 선택하고, 상기 수신된 신호의 전체 파일럿 심볼 중 홀수 번째 부 반송파에 위치한 파일럿 심볼들의 집합을 구성하며, 상기 구성된 심볼들과 연속된 2개의 OFDM 수신신호와의 상관값을 계산하여, 계산된 상관값과 합하며, 선택된 후보값들에 대해서 합해진 상관값을 이용한 최대 우도 방법을 적용하여 최종적인 정확한 주파수오차 값을 선택하여, ML기법을 적용한 오차 추정 방법을 두 단계로 나누어, 첫 번째 단계에서 추정하고자 하는 값들의 범위를 줄여 두 번째 단계에서는 줄어든 범위 내에 존재하는 값들을 다시 고려함으로써, 첫 번째 단계와 두 번째 단계 모두에서 동일한 성능을 가지면서도 감소가 가능한 만큼의 계산 복잡도를 줄여 실제 구현 시 발생하는 높은 비용 및 사용되는 하드웨어의 수를 줄일 수 있는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

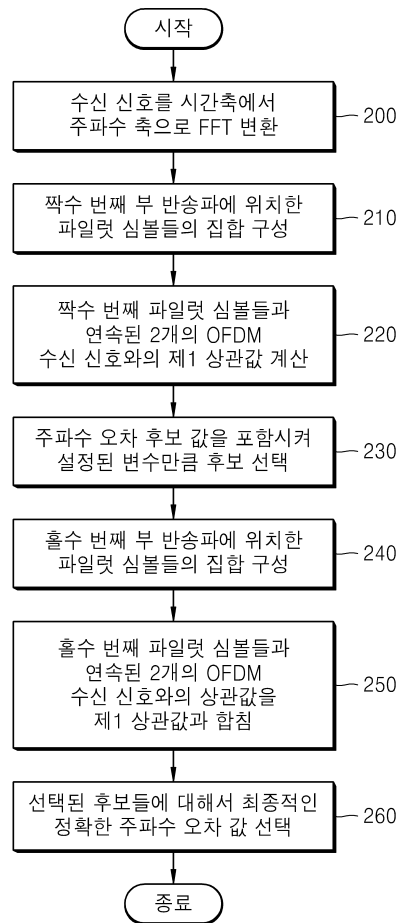
- <1> 도 1은 본 발명에 따른 주파수 오차 추정 장치의 구성의 예를 블록으로 도시한 것이다.
- <2> 도 2는 본 발명에 따른 주파수 오차 추정 방법의 흐름을 도시한 것이다.
- <3> 도 3은 계산 복잡도를 본 발명에 따른 방법과 종래의 M&M 방법을 비교하여 도표화한 것이다.
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 정수배 주파수 오차 추정 방법에 대해 M&M 방법의 시뮬레이션 결과를 보여주는 그래프이다.
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 정수배 주파수 오차 추정 방법에 대해 M&M 방법의 시뮬레이션 결과를 보여주는 그래프이다.
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 추정 방법과 종래의 M&M 방법의 복잡도 감소 비율을 도표화 한 것이다.

도면

도면1



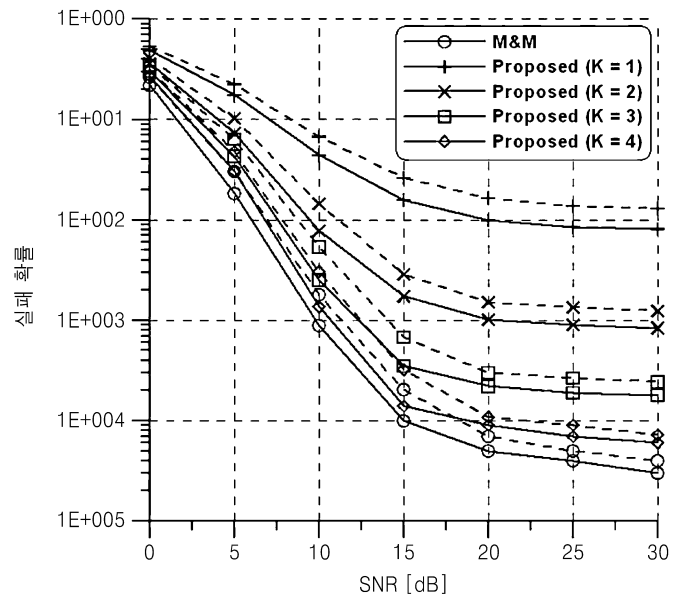
도면2



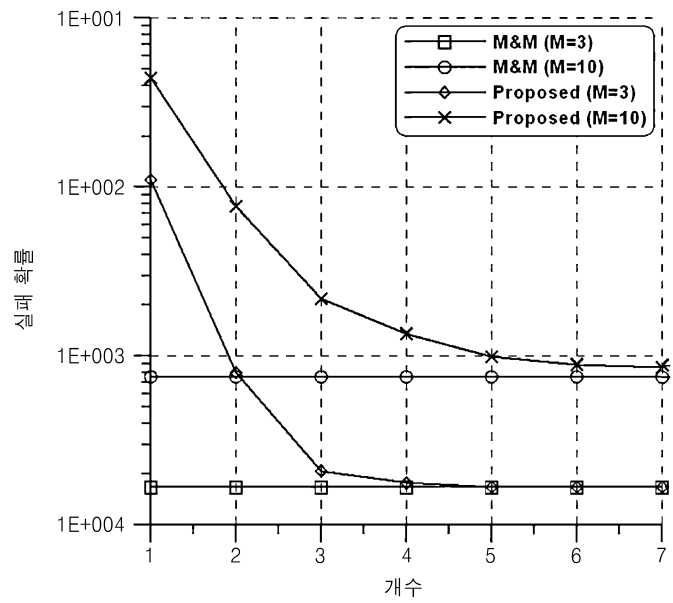
도면3

구분	복소수 합의 개수	복소수 곱의 개수
M&M	$(N_p - 1)(2M + 1)$	$N_p(2M + 1)$
본 발명	$(N_p/2 - 1)(2M + 1) + N_p/2 \cdot K$	$N_p(M + K/2 + 1/2)$

도면4



도면5



도면6

M, K의 값 (M,K)	복소수 합의 개수	복소수 곱의 개수
(3,3)	30.1%	28.6%
(4,3)	35.1%	33.3%
(5,3)	38.3%	36.4%
(6,4)	36.4%	34.6%
(7,4)	38.6%	36.7%
(8,4)	40.3%	38.2%
(9,6)	36%	34.2%
(10,6)	37.6%	35.7%
(11,6)	38.9%	35.7%