



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년12월17일  
 (11) 등록번호 10-0874011  
 (24) 등록일자 2008년12월08일

(51) Int. Cl.  
 H04L 27/26 (2006.01) H04L 27/01 (2006.01)  
 H04J 11/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2007-0033617  
 (22) 출원일자 2007년04월05일  
 심사청구일자 2007년04월05일  
 (65) 공개번호 10-2008-0090615  
 (43) 공개일자 2008년10월09일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020050059721 A  
 KR1020020091885 A  
 KR1020040110038 A  
 KR1020050034117 A

(73) 특허권자  
 한국전자통신연구원  
 대전 유성구 가정동 161번지  
 (72) 발명자  
 좌혜경  
 대전광역시 유성구 신성동 대림두레아파트 108동 1008호  
 김영훈  
 대전 유성구 도룡동 431-6 현대아파트 102동 501호  
 방승찬  
 대전광역시 서구 월평동 누리아파트 111동 1102호  
 (74) 대리인  
 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

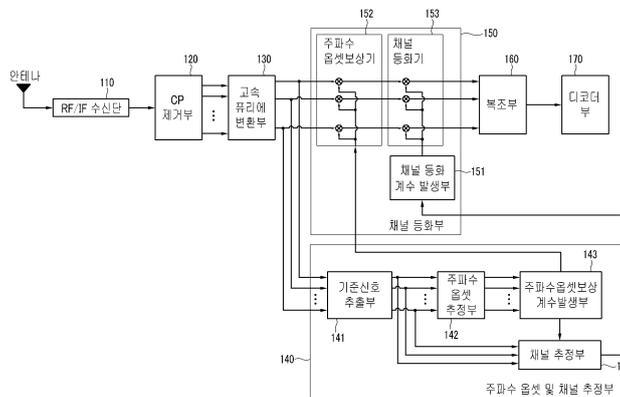
심사관 : 김남인

**(54) 무선 통신 시스템에서의 주파수 읍셋 보상 장치 및 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 무선 통신 시스템에서 주파수 읍셋 보상 방법 및 장치에 관한 것이다. 수신된 시간 영역 신호를 푸리에 변환을 하여 주파수 영역 신호로 변환한다. 상기 주파수 영역 신호의 기준 신호를 추출하여 각 사용자별 주파수 읍셋 보상 계수를 계산하고 상기 기준 신호에 상기 주파수 읍셋 보상을 곱하여 기준 신호의 주파수 읍셋을 보상한 후, 채널 추정 알고리즘을 이용하여 채널을 추정한다. 채널 추정 결과로부터 채널 등화 계수를 계산하고, 상기 주파수 영역 신호에 주파수 읍셋 보상 계수와 채널 등화 계수를 곱하여 주파수 읍셋을 보상 및 채널 등화를 수행한다.

**대표도 - 도1**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

무선 통신 시스템의 수신기의 주파수 오프셋 보상 방법에 있어서,  
 시간 영역의 수신 신호를 주파수 영역 신호로 변환하는 단계;  
 상기 주파수 영역 신호의 기준 신호로부터 각 사용자에 대한 주파수 오프셋을 추정하는 단계;  
 상기 각 사용자에 대한 주파수 오프셋 및 보호 구간의 길이를 이용하여 각 사용자 별 주파수 오프셋 보상 계수를 계산하는 단계; 및  
 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 이용하여 상기 주파수 영역 신호의 주파수 오프셋을 보상하는 단계를 포함하는 주파수 오프셋 보상 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,  
 상기 주파수 오프셋을 보상하는 단계는,  
 상기 기준 신호에 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 곱하여 상기 기준 신호의 주파수 오프셋을 보상하는 단계;  
 상기 주파수 오프셋이 보상된 기준 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계; 및  
 상기 추정된 채널과 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 이용하여 상기 주파수 영역 신호에 대해서 채널 등화 및 주파수 오프셋 보상을 수행하는 단계  
 를 포함하는 주파수 오프셋 보상 방법.

**청구항 3**

제2항에 있어서,  
 상기 채널 등화 및 주파수 오프셋 보상을 수행하는 단계는,  
 상기 채널 추정 결과로부터 채널 등화 계수를 계산하는 단계; 및  
 상기 주파수 영역 신호에 상기 주파수 오프셋 보상 계수 및 상기 채널 등화 계수를 곱하는 단계를 포함하는 주파수 오프셋 보상 방법.

**청구항 4**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 시간 영역의 수신 신호는 보호 구간이 제거된 수신 신호인 주파수 오프셋 보상 방법.

**청구항 5**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

$$e^{j2\pi\frac{N_0}{N}\epsilon^{(p)}} e^{j\pi\frac{N}{N-1}\epsilon^{(p)}} \frac{\sin(\pi\epsilon^{(p)})}{\sin(\pi\epsilon^{(p)}/N)}$$

상기 각 사용자 별 주파수 오프셋 보상 계수는  $\frac{\sin(\pi\epsilon^{(p)})}{\sin(\pi\epsilon^{(p)}/N)}$  으로 결정되며, N은 전송대역폭을 나타내는 값이고,  $N_0$ 는 상기 보호 구간의 이산 시간 샘플 수이고,  $\epsilon^{(p)}$ 는 부반송파 간격에 대한 정규화된 주파수 오프셋인 주파수 오프셋 보상 방법.

**청구항 6**

무선 통신 시스템의 주파수 오프셋 보상 방법에 있어서,  
 수신 신호로부터 순환 전치 심볼을 제거하는 단계;

시간 영역의 수신 신호를 주파수 영역 신호로 변환하는 단계;  
 상기 주파수 영역의 수신 신호로부터 기준 신호를 추출하는 단계;  
 상기 기준 신호로부터 각 사용자 별 주파수 옵셋을 추정하는 단계;  
 상기 각 사용자에게 대한 주파수 옵셋 및 상기 순환 전치 심볼이 형성한 보호 구간의 길이를 이용하여 각 사용자 별 주파수 옵셋 보상 계수를 계산하는 단계; 및  
 상기 주파수 옵셋 보상 계수를 적용하여 상기 주파수 영역의 수신 신호의 주파수 옵셋을 보상하는 단계를 포함하는 주파수 옵셋 보상 방법.

**청구항 7**

무선 통신 시스템의 주파수 옵셋 보상 장치에 있어서,  
 시간 영역의 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역의 신호로 변환하는 고속 푸리에 변환부;  
 상기 주파수 영역의 신호로부터 기준 신호를 추출하여 주파수 옵셋 보상 계수를 발생시키고 채널을 추정하는 주파수 옵셋 및 채널 추정부; 및  
 상기 채널 추정부의 채널 추정 결과와 상기 주파수 옵셋 보상 계수를 토대로 채널 등화 및 주파수 옵셋을 보상하는 채널 등화부를 포함하는 주파수 옵셋 보상 장치.

**청구항 8**

제7항에 있어서,  
 상기 주파수 옵셋 및 채널 추정부는,  
 주파수 영역의 수신 신호로부터 기준 신호를 추출하는 기준 신호 추출부;  
 상기 기준 신호로부터 각 사용자별 주파수 옵셋을 추정하는 주파수 옵셋 추정부; 및  
 상기 주파수 옵셋을 이용하여 각 사용자별 주파수 옵셋 보상 계수를 계산하는 주파수 옵셋 보상 계수 발생부를 포함하는 주파수 옵셋 보상 장치.

**청구항 9**

제8항에 있어서,  
 상기 주파수 옵셋 보상 계수 발생부는 보호 구간의 길이 및 상기 각 사용자별 주파수 옵셋을 이용하여 상기 각 사용자별 주파수 옵셋 보상 계수를 계산하는 주파수 옵셋 보상 장치.

**청구항 10**

제7항 또는 제8항에 있어서,  
 수신 신호에서 순환 전치 심볼을 제거하여 상기 시간 영역의 신호를 출력하는 순환 전치 심볼 제거부를 더 포함하는 주파수 옵셋 보상 장치.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

<6> 본 발명은 무선 통신 시스템에서 주파수 옵셋 보상 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히 직교 주파수 분할 다중 접속(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, 이하 OFDMA) 방식을 사용하는 시스템 혹은 단일 주파수 분할 다중 접속(Single Carrier Frequency Division Multiple Access, 이하 SC-FDMA) 방식을 사용하는 무선 통신 시스템에서 주파수 옵셋을 보상하는 방법에 관한 것이다.

- <7> 최근 각광을 받고 있는 휴대 인터넷 통신을 위한 IEEE 802.16 및 Wibro 시스템 등이 OFDMA 방식의 기술을 이용하고 있으며, 또한 셀룰러 통신을 위해서는 3GPP에서 표준화 작업이 진행 중이며 SC-FDMA 기술을 채택한바 있다. 이 두 기술 모두 무선 채널의 임펄스 응답(impulse response)의 길이보다 긴 순환 전치 심볼(Cyclic Prefix, 이하 "CP"라 함)을 사용하여 다중 경로 페이딩(Multipath Fading)에 강하며, 수신기에서는 주파수 영역에서 윈 탭 등화기로 채널 보상이 가능하다.
- <8> OFDMA 방식 및 SC-FDMA 방식 모두 상호간 직교성을 가지는 다수의 부반송파에 전송하고자 하는 정보를 실어 보내는 기술로, 송신기 주파수와 수신기 주파수가 동기화가 이루어지지 않거나, 송신기가 빠른 속도로 이동하게 되면 도플러 주파수만큼의 주파수 오프셋이 발생한다. 주파수 오프셋이 발생하는 경우 각 부반송파 사이의 직교성이 유지되지 않아 인접 부반송파간의 간섭 현상이 발생하여 수신 신호의 위상뿐만 아니라 진폭도 변화시켜 시스템의 복호 성능을 크게 저하시키게 된다.
- <9> OFDMA 혹은 SC-FDMA 방식을 채택한 시스템에서 주파수 오프셋을 보상하는 종래 기술로는 수신단에서 CP를 제거 후, 추정된 주파수 오프셋을 이용하여 시간 영역에서 보상을 한 후, 고속 푸리에 변환을 하여 주파수 영역으로 변환하는 방법이 있었다. 이는 상향 링크와 같이 다중 사용자의 신호가 더해져 수신되는 경우, 각 사용자 별로 주파수 오프셋이 다르기 때문에, 사용자 별로 시간 영역에서 주파수 오프셋을 보정한 후에 사용자 별로 고속 푸리에 변환을 하여야 하므로, 사용자 수만큼의 고속 푸리에 변환 모듈을 필요로 하게 된다.
- <10> 또 다른 종래 기술로는 고속 푸리에 변환을 한 후에 주파수 영역에서 주파수 오프셋을 보상하는 방법으로, 보통 주파수 영역에서 주파수 오프셋을 보상하기 위해서는 고속 푸리에 변환 크기만큼의 순환 컨볼루션(circular convolution) 연산이 필요하나, 이 기술에서는 사용자 할당 방법을 제한하고, 주파수 오프셋 보상 계수의 탭을 제한하여 순환 컨볼루션 연산을 줄이는 방법이 있었다. 그럼에도 불구하고 순환 컨볼루션 연산은 매우 연산량이 크기 때문에 구현이 어려워진다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <11> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 무선 통신 시스템에서 구조가 간단하여 용이하게 구현할 수 있고 성능도 우수한 주파수 오프셋 보상 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- <12> 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 하나의 특징에 따른 무선 통신 시스템의 수신기의 주파수 오프셋 보상 방법은 시간 영역의 수신 신호를 주파수 영역 신호로 변환한 후, 상기 주파수 영역 신호의 기준 신호를 이용하여 각 사용자별 주파수 오프셋 보상 계수를 계산하는 단계하고, 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 이용하여 상기 주파수 영역 신호의 주파수 오프셋을 보상한다.

- <13> 본 발명의 다른 특징에 따른 무선 통신 시스템의 수신기의 주파수 오프셋 보상 방법은 시간 영역의 수신 신호를 주파수 영역 신호로 변환한 후, N은 고속 푸리에 변환 크기로 전송대역폭을 나타내는 값이고, N<sub>G</sub>는 보호 구간의 이산 시간 샘플 수이고,  $\epsilon^{(p)}$ 는 부반송파 간격에 대한 정규화된 주파수 오프셋일 때, 각 사용자에 대한 주파수 오프셋 보상 계수는

$$e^{j2\pi \frac{N_G}{N} \epsilon^{(p)}} e^{j\pi \frac{N}{N-1} \epsilon^{(p)}} \frac{\sin(\pi \epsilon^{(p)})}{\sin(\pi \epsilon^{(p)} / N)}$$

으로 결정하고, 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 이용하여 상기 주파수 영역 신호의 주파수 오프셋을 보상한다.

- <14> 본 발명의 또 다른 특징에 따른 무선 통신 시스템의 주파수 오프셋 보상 장치는 시간 영역의 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역의 신호로 변환하는 고속 푸리에 변환부, 상기 주파수 영역의 신호로부터 기준 신호를 추출하여 주파수 오프셋 보상 계수를 발생시키고 채널을 추정하는 주파수 오프셋 및 채널 추정부 및 상기 채널 추정부의 채널 추정 결과와 상기 주파수 오프셋 보상 계수를 토대로 채널 등화 및 주파수 오프셋을 보상하는 채널 등화부를 포함한다.

- <15> 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- <16> 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- <17> 이제 본 발명의 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서의 주파수 옵셋 보상 장치 및 방법에 대하여 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.
- <18> 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템의 수신기의 블록도이다.
- <19> 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 수신기는 RF(Radio Frequency)/IF(Intermediate Frequency) 수신단(110), CP 제거부(120), 고속 푸리에 변환부(130), 주파수 옵셋 및 채널 추정부(140), 채널 등화부(150), 복조부(160) 및 디코더부(170)를 포함한다.
- <20> RF/IF 수신단(110)은 안테나를 통해 수신된 신호를 디지털 기저 대역 신호로 바꾼다. CP 제거부(120)는 심볼 타이밍을 입력 받아 디지털 기저 대역 신호에서 CP를 제거한다. 고속 푸리에 변환부(130)는 CP가 제거된 시간 영역 심볼을 고속 푸리에 변환 크기만큼 모아 주파수 영역의 신호로 변환한다.
- <21> 주파수 옵셋 및 채널 추정부(140)는 기준 신호 추출부(141), 주파수 옵셋 추정부(142), 주파수 옵셋 보상 계수 발생부(143) 및 채널 추정부(144)를 포함한다. 기준 신호 추출부(141)는 변환된 주파수 영역의 신호에서 기준 신호를 추출하고, 주파수 옵셋 추정부(142)는 추출된 기준 신호로부터 주파수 옵셋을 추정한다. 주파수 옵셋 보상 계수 발생부(143)는 추정된 주파수 옵셋으로부터 주파수 옵셋 보상을 계산하고, 채널 추정부(144)는 추출된 기준 신호와 주파수 옵셋 보상을 곱하여 기준 신호의 주파수 옵셋을 보정한 후, 채널을 추정한다. 기준 신호(reference signal)는 파일럿과 같이 송신기와 수신기가 미리 알고 있고 있는 신호를 의미한다.
- <22> 채널 등화부(150)는 채널 등화 계수 발생부(151), 주파수 옵셋 보상기(152) 및 채널 등화기(153)를 포함한다. 채널 등화 계수 발생부(151)는 주파수 옵셋 및 채널 추정부(140)로부터 입력되는 채널 추정 결과로부터 채널 등화 계수를 계산하고, 주파수 옵셋 보상기(152)는 푸리에 변환부(130)로부터 입력 받은 데이터 심볼과 주파수 옵셋 보상 계수를 곱하여 주파수 옵셋을 보상하고, 채널 등화기(153)는 주파수 옵셋이 보상된 데이터 심볼과 채널 등화 계수를 곱하여 채널 등화를 수행한다.
- <23> 복조부(160)는 채널 등화 처리된 신호를 복조하고, 디코더부(170)는 복조된 신호를 디코딩한다.
- <24> 다음, 본 발명의 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 주파수 옵셋을 보상하는 방법에 대하여 도 2, 도 3a 및 도 3b를 참조하여 상세하게 설명한다.
- <25> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 주파수 옵셋 보상 방법을 나타낸 순서도이다. 도 3a는 하나의 부반송파에 대한 주파수 옵셋을 보상할 때의 정규화된 주파수 옵셋 보상을 나타낸 도면이고, 도 3b는 도 3a를 확대한 도면이다.
- <26> P명의 사용자가 있는 환경에서 수신된 시간 영역의 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 1**

$$y_n = \sum_{p=1}^P x_n^{(p)} e^{j2\pi f_{off}^{(p)} n T_s} + w_n = \sum_{p=1}^P x_n^{(p)} e^{j2\pi \epsilon^{(p)} n / N} + w_n, \quad n = 0, 1, \dots, N + N_G - 1$$

- <27>
- <28> 여기서,  $f_{off}^{(p)}$  는 p번째 사용자의 주파수 옵셋이고,  $T_s$ 는 샘플링 구간, N은 고속 푸리에 변환 크기로 전송대역폭을 나타내는 값이 되며,  $N_G$ 는 보호 구간의 이산 시간 샘플 수, 즉 CP의 길이이다.
- <29> 부반송파 간격을  $\Delta f$  라 하면 수학식 1에서  $f_{off}^{(p)} T_s = f_{off}^{(p)} / (N \cdot \Delta f)$  가 되므로, 부반송파 간격에 대한 정규화된 주파수 옵셋을  $\epsilon^{(p)} = f_{off}^{(p)} / \Delta f$  라 하면, 시간 영역의 신호는 수학식 1의 오른쪽 항이 된다. 또한,  $x_n^{(p)}$  는 주파수 옵셋이 없는 경우에 p번째 사용자의 송신 신호가 채널을 통과한 신호로 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$x_n^{(p)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k^{(p)} H_k^{(p)} e^{j2\pi(N-N_G+n)k/N} & n = 0, 1, \dots, N_G - 1 \\ \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k^{(p)} H_k^{(p)} e^{j2\pi(n-N_G)k/N} & n = N_G, N_G + 1, \dots, N + N_G - 1 \end{cases}$$

<30>

<31> 여기서,  $H_k^{(p)}$  는 p번째 사용자의 k번째 부반송파에 대한 채널 주파수 응답이고,  $x_k^{(p)}$ 는 p번째 사용자의 송신 심볼이 k번째 부반송파에 매핑된 신호로 OFDMA 시스템에서는 이  $x_k^{(p)}$ 가 실제 전송하는 데이터 심볼이 되며, SC-FDMA 시스템에서는  $x_k^{(p)}$ 이 전송하는 데이터 심볼을 이산 푸리에 변환을 한 심볼이 된다.

<32> 도 2에 도시한 바와 같이, CP 제거부(120)가 수신 신호( $y_n$ )에서 CP를 제거한 후(210), 고속 푸리에 변환부(130)가 CP가 제거된 수신 신호( $y_{n+N_G}$ )를 고속 푸리에 변환한다(220). 이때, 수학식 1에서 심볼 타이밍이 맞았다고 가정하면, 고속 푸리에 변환한 신호( $Y_m$ )은 수학식 3과 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} y_{n+N_G} e^{-j2\pi m n / N}, \quad m = 0, 1, \dots, N-1 \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{p=1}^P x_{n+N_G}^{(p)} e^{j2\pi \varepsilon^{(p)}(n+N_G)/N} + w_{n+N_G} \right\} e^{-j2\pi m n / N}, \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{p=1}^P \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k^{(p)} H_k^{(p)} e^{j2\pi \varepsilon^{(p)}(n+N_G)/N} e^{j2\pi m k / N} e^{-j2\pi m n / N} + W_m \\ &= \frac{1}{N} \sum_{p=1}^P \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} X_k^{(p)} H_k^{(p)} e^{j2\pi \varepsilon^{(p)}(n+N_G)/N} e^{j2\pi m k / N} e^{-j2\pi m n / N} + W_m \\ &= \frac{1}{N} \sum_{p=1}^P X_m^{(p)} H_m^{(p)} e^{j2\pi \frac{N_G}{N} \varepsilon^{(p)}} \sum_{n=0}^{N-1} e^{j2\pi \varepsilon^{(p)} n / N} + I_m + W_m \\ &= \frac{1}{N} \sum_{p=1}^P X_m^{(p)} H_m^{(p)} e^{j2\pi \frac{N_G}{N} \varepsilon^{(p)}} e^{j\pi \frac{N}{N-1} \varepsilon^{(p)}} \frac{\sin(\pi \varepsilon^{(p)})}{\sin(\pi \varepsilon^{(p)} / N)} + I_m + W_m \end{aligned}$$

<33>

$$I_m = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^P \sum_{\substack{k=0 \\ m \neq k}}^{N-1} X_k^{(p)} H_k^{(p)} e^{j2\pi \frac{N_G}{N} \varepsilon^{(p)}} e^{j\pi \frac{N}{N-1} (m-k + \varepsilon^{(p)})} \frac{\sin(\pi(m-k + \varepsilon^{(p)}))}{\sin(\pi(m-k + \varepsilon^{(p)}) / N)}$$

<34> 여기서,  $w_m$ 은 AWGN(Additive White Gaussian Noise,  $w_m$ )을 고속 푸리에 변환한 것이다. 이고,  $w_m$ 은 AWGN(Additive White Gaussian Noise,  $w_m$ )을 고속 푸리에 변환한 것이다.

<35> 수학식 3을 살펴보면, 주파수 옵셋에 의해 수신 신호는 주파수 옵셋이 없는 경우에 비해서  $\frac{\sin(\pi \varepsilon^{(p)})}{\sin(\pi \varepsilon^{(p)} / N)}$ 만큼 신호

의 크기가 작아지고,  $\left(\frac{N_G}{N} + \frac{N}{2(N-1)}\right) \varepsilon^{(p)}$  만큼의 위상 천이가 생길 뿐 아니라,  $I_m$ 와 같이 인접 부반송파로부터 오는 간섭 신호도 포함한다.

<36> 종래 기술에서는 수학식 3을 유도함에 있어 CP의 이산 시간 샘플에 대해 고려를 하지 않았다. 수학식 3을 살펴보면 CP로 인해 추가적으로 위상 천이가 되며, 이는 해당 사용자의 원래 부반송파 심볼뿐만 아니라 인접 부반송파 간섭 신호에도 같은 주파수 천이가 나타남을 알 수 있다.

<37> 주파수 옵셋을 정확히 보상하기 위해서 수학적 식 3으로부터 각 부반송파에 포함되어 있는 자기 부반송파에 해당되는 심볼에 대해 크기 및 위상을 보정한 것과 나머지 N-1개의 부반송파에 퍼져 있는 심볼에 대해 크기 및 위상을 보정한 것을 모두 더해 줘야 한다. 즉, 주파수 옵셋 보상 계수 N개를 구한 후, N개의 부반송파에 대해 순환 컨볼루션을 하여야 한다. 그러나 순환 컨볼루션 연산은 매우 연산량이 크기 때문에 구현이 어려운 문제점이 있다.

<38> 도 3a의 그래프는 전송대역폭(N)을 2048이라 하고, 정규화된 주파수 옵셋( $\epsilon^{(p)}$ )을 0.1이라 할 때, 1024번째 부반송파에 대한 주파수 옵셋을 보정할 때의 정규화된 주파수 옵셋 보상 계수를 나타내고 도 3b는 1024번째 부반송파 근방을 확대한 것이다. 도 3b에 도시한 바와 같이, 1024번째 부반송파에 대한 정규화된 주파수 옵셋 보상 계수가 1이고, 1024번째 부반송파 부근의 2~3개 정도만이 정규화된 주파수 보상 계수가 0.1이고 나머지는 0에 가까운 것을 알 수 있다.

<39> 이를 근거로, 본 발명의 실시예에서는 복잡한 순환 컨볼루션을 사용하는 대신 수학적 식 4를 이용하여 해당 부반송파에 하나의 주파수 옵셋 보상 계수를 적용한다. 즉, 주파수 옵셋 및 채널 추정부(140)는 기준 신호로부터 주파수 옵셋을 추정하고, 수학적 식 3에 나타난 수신 신호( $Y_m$ )중에서 p번째 사용자의 임의의 부반송파에 대한 성분으로부터 주파수 옵셋 보상 계수를 계산한다(230). 구체적으로, 수학적 식 4와 같이, p번째 사용자의 임의의 부반송파에 대한 성분에서 데이터 심볼과 채널 주파수 응답을 제외한 값이 p번째 사용자의 주파수 옵셋 보상 계수로 계산된다. 따라서 사용자 별로 일정한 주파수 옵셋 보상 계수를 가지게 되고, 그 값은 주파수 옵셋에 의해 결정된다. 그리고 기준 신호로부터 주파수 옵셋을 추정하는 방법은 당업자라면 용이하게 알 수 있으므로 이에 대한 설명은 생략한다.

**수학적 식 4**

$$w_{fo}^{(p)} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{j2\pi\epsilon^{(p)}(n+N_G)/N} = e^{j2\pi\frac{N_G}{N}\epsilon^{(p)}} e^{j\pi\frac{N}{N-1}\epsilon^{(p)}} \frac{\sin(\pi\epsilon^{(p)})}{\sin(\pi\epsilon^{(p)}/N)}$$

<40>

<41> 다음으로, 수신기에서 주파수 영역의 채널 등화를 위해 기준 신호를 이용하여 채널 추정을 한다(240). 수신된 기준 신호를 각 사용자 별로 수학적 식 4에서 구한 주파수 옵셋 보상 계수를 곱하여 주파수 옵셋을 보정한 후, 채널 추정을 한다.

<42> 채널 등화 계수 발생부(151)는 채널 추정 결과로부터 채널 등화 계수를 계산한다(250). p번째 사용자의 m번째 부반송파에 대한 채널 등화 계수를  $w_{eq,m}^{(p)}$  라고 하면, 다음 식과 같이 주파수 영역의 등화기에서 채널 등화를 수행하면서 함께 주파수 옵셋 보상이 가능하다(260).

**수학적 식 5**

$$Z_m^{(p)} = Y_m \times w_{fo}^{(p)} \times w_{eq,m}^{(p)}, \quad m = 0, 1, \dots, N-1$$

<43>

<44> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 채널 등화 및 주파수 옵셋 보상 방법의 패킷 에러율(Packet Error Rate)을 나타낸 도면이다. 도 4의 그래프는 주파수 옵셋이 없는 경우(No FO)와 본 발명의 실시예에 따른 한 부반송파에 하나의 주파수 옵셋 보상 계수를 사용한 경우(1 Tap 보상기)와 3개의 주파수 옵셋 보상 계수를 사용하여 순환 컨볼루션을 한 경우(3 Tap 보상기)를 나타내고 있다. 도 4는 OFDMA 시스템에서 무선채널 모델은 전형적인 도심형 6경로 모델(Typical Urban 6path model)을 사용하였고, 변조 방식은 직교 위상 편이 변조(Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)이고, 하나의 단말이 사용한 부반송파 개수는 600이고, 제1 단말은 주파수 옵셋을 1.6kHz를 주었고 제2 단말은 주파수 옵셋을 -1.6kHz를 주었으며 부호율(Coding Rate)은 1/3로 설정한 그래프이다. 그리고 부반송파 간격은 15kHz이므로 정규화된 주파수 옵셋은  $\pm 0.1$ 이다. 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 주파수 옵셋 보상 계수를 사용한 것이 3개의 주파수 옵셋 보상 계수를 사용하여 순환 컨볼루션을 한 것보다 성능이 좀 더 좋게 나오는데, 이는 인접한 3개의 부반송파에 있는 자기 신호 성분을 보상하여 합해지는 과정에서 오히려 간섭 신호와 잡음이 더 올라가기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

<45> 본 발명의 실시예는 이상에서 설명한 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도

있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

<46> 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

**발명의 효과**

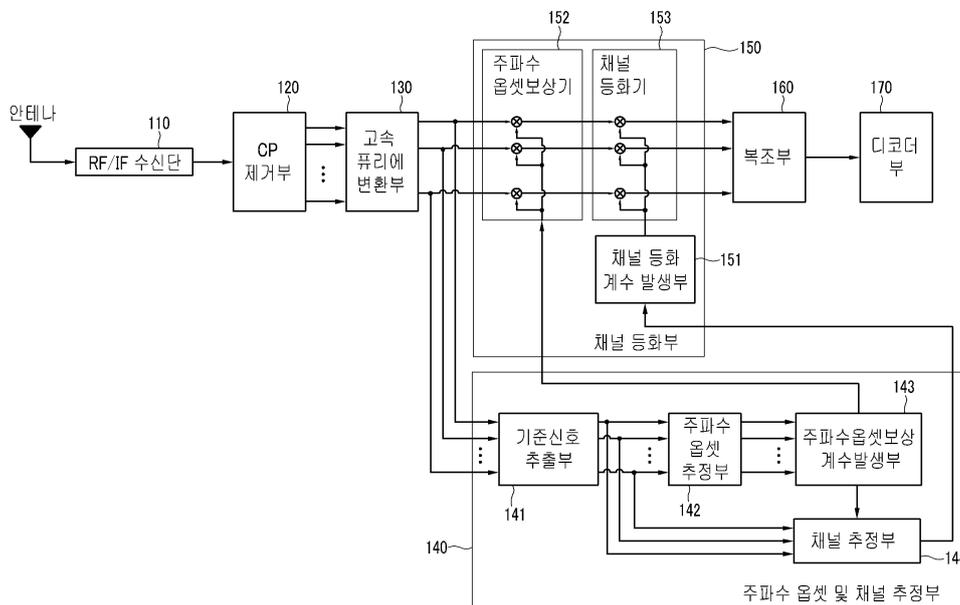
<47> 이상과 같이 본 발명에 의하면, 무선 통신 시스템에서 주파수 영역에서 각 부반송파 당 한 개의 보상 계수를 가지도록 하여 간단한 구조의 주파수 옵셋을 보상하는 장치 및 방법을 제공하므로 보상 장치를 용이하게 구현할 수 있고, 한 부반송파 당 여러 개의 보상 계수를 가진 구조보다 성능 또한 우수하다.

**도면의 간단한 설명**

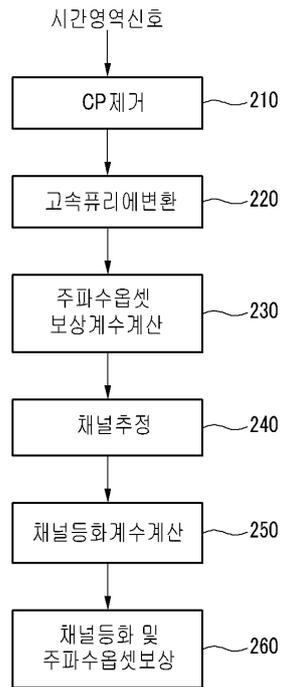
- <1> 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템의 수신기의 블록도이다.
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 주파수 옵셋 보상 방법을 나타낸 순서도이다.
- <3> 도 3a는 하나의 부반송파에 대한 주파수 옵셋을 보상할 때의 정규화된 주파수 옵셋 보상 계수를 나타낸 도면이다.
- <4> 도 3b는 도 3a의 한 부분을 확대한 도면이다.
- <5> 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 채널 등화 및 주파수 옵셋 보상의 패킷 에러율을 나타낸 도면이다

**도면**

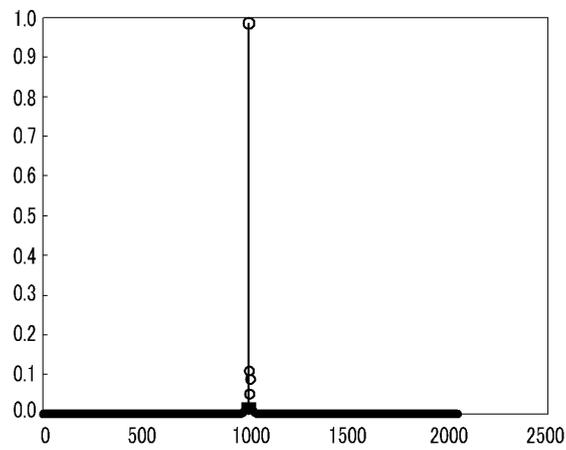
**도면1**



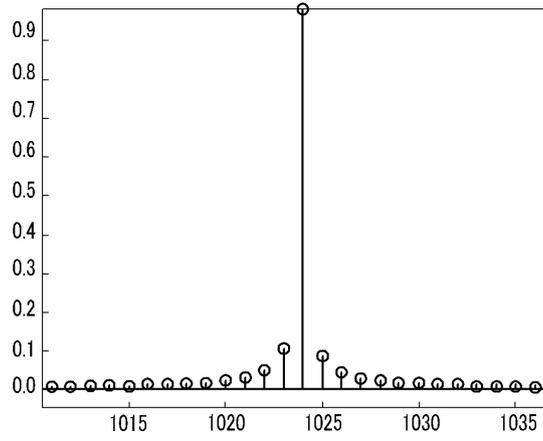
도면2



도면3a



도면3b



도면4

