



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년04월17일  
(11) 등록번호 10-0893737  
(24) 등록일자 2009년04월09일

(51) Int. Cl.

HO4L 27/26 (2006.01) HO4L 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0132577

(22) 출원일자 2007년12월17일

심사청구일자 2007년12월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010002477 A

KR1020070061027 A

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자

신철호

대전 유성구 송강동 한마을아파트 114-407

김병학

대전 유성구 반석동 반석마을7단지 701-2104

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인지명

전체 청구항 수 : 총 10 항

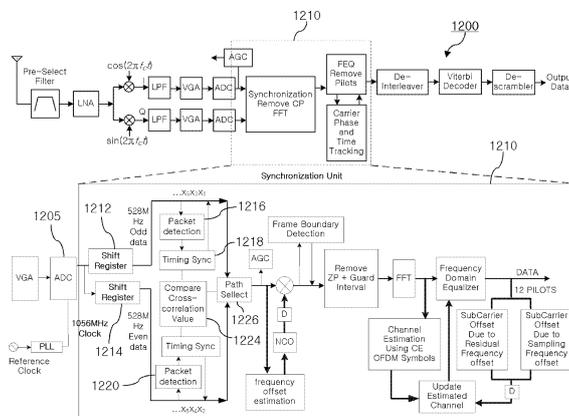
심사관 : 김상철

(54) 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치 및 방법에 관한 것이다. 이와 같은 본 발명은, MB-OFDM UWB 시스템의 수신 장치에 있어서, MB-OFDM 수신 신호를 복원하는데 필요한 최소 샘플링 클럭의 두 배로 샘플링 된 디지털 샘플들을 각각 ODD 데이터 경로 및 EVEN 데이터 경로로 구분하고, 구분된 각 경로에 대해 패킷 검출 및 타이밍 동기화 과정을 수행한 후, 타이밍 동기 지점의 교차상관 값이 더 큰 경로의 데이터를 선택함으로써, 주파수 옵셋이 심한 시스템 환경에서도 안정적인 수신 성능을 보장하며 내부 시스템 클럭은 높이지 않으면서 최소한의 하드웨어 추가 및 구조변경을 통해 프리앰블 구간 내에서 FFT 윈도우 이동 현상이 발생하는 것을 방지할 수 있도록 한다.

대표도



(72) 발명자

**최상성**

대전 유성구 하기동 545 매봉마을1단지아파트 104  
동 1301호

**박광로**

대전 서구 월평2동 한아름아파트 106동 1503호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2006-S-071-02

부처명 정보통신부 및 정보통신연구진흥원

연구사업명 IT성장동력기술개발

연구과제명 초고속 멀티미디어 전송 UWB 솔루션 개발

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2007.03.01~2008.02.29

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

다중대역 직교주파수분할다중화 초광대역(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing Ultra Wide-Band: MB-OFDM UWB) 시스템의 수신장치에 있어서,

아날로그-디지털변환기(Analog to Digital Converter: ADC)에 의해 샘플링 된 디지털 샘플들을 각각 제 1 데이터 경로의 ODD 데이터들과 제 2 데이터 경로의 EVEN 데이터들로 구분하는 두 개의 시프트 레지스터와;

상기 제 1 데이터 경로의 상기 ODD 데이터들과 상기 제 2 데이터 경로의 상기 EVEN 데이터들에 대해 각각 패킷 검출 및 타이밍 동기화를 수행하는 두 개의 패킷 검출기 및 타이밍 동기화기와;

상기 제 1 데이터 경로의 상기 ODD 데이터들과 상기 제 2 데이터 경로의 EVEN 데이터들에서 타이밍 동기 지점의 교차상관값을 비교하는 비교기와;

상기 비교기의 비교 결과에 따라 상기 제 1 데이터 경로와 제 2 데이터 경로 중 교차상관 값이 큰 경로의 데이터를 선택하는 경로 선택기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 디지털 샘플들은

상기 ADC에 의해 MB-OFDM 수신 신호를 복원하는데 필요한 최소 샘플링 클럭의 두 배로 샘플링 되는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

### 청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 최소 샘플링 클럭은

528MHz인 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 ODD 데이터들 및 상기 EVEN 데이터들은 상기 최소 샘플링 클럭을 갖는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 경로 선택기에 의해 교차상관 값이 큰 경로의 데이터가 선택되면, 타이밍 동기 범위는 다음 수학적 식 3과 같이 제한되는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

## 수학적 식 3

$$-0.25t_s \leq \text{타이밍 동기 범위} < 0.25t_s \quad (t_s: \text{동일 샘플 구간})$$

### 청구항 6

제 5항에 있어서, FFT 윈도우의 최대 천이값이

상기 타이밍 동기 범위보다 작은 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치.

### 청구항 7

MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법에 있어서,

MB-OFDM 수신 신호를 복원하는데 필요한 최소 샘플링 클럭의 두 배로 샘플링을 수행하는 단계와;

상기 샘플링된 수신 데이터를 상기 최소 샘플링 클럭을 갖는 제 1 데이터 경로의 ODD 데이터들과 제 2 데이터 경로의 EVEN 데이터들로 각각 구분하는 단계와;

상기 제 1 및 제 2 데이터 경로의 상기 ODD 데이터들 및 상기 EVEN 데이터들 각각에 대해 패킷 검출 및 타이밍 동기 과정을 수행하는 단계와;

상기 제 1 및 제 2 데이터 경로의 상기 ODD 데이터들 및 상기 EVEN 데이터들에서 타이밍 동기 지점의 교차상관 값을 비교하는 단계와;

상기 비교 결과에 따라 제 1 및 제 2 데이터 경로 중 교차상관 값이 큰 경로의 데이터를 선택하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법.

**청구항 8**

제 7항에 있어서, 상기 최소 샘플링 클럭은

528MHz인 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제 7항에 있어서, 경로 선택 단계 이후,

타이밍 동기 범위는 다음 수학적 식 4와 같이 제한되는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법.

**수학적 식 4**

$$-0.25t_s \leq \text{타이밍 동기 범위} < 0.25t_s \quad (t_s: \text{동일 샘플 구간})$$

**청구항 11**

제 10항에 있어서, FFT 윈도우의 최대 천이값이

상기 타이밍 동기 범위보다 작은 것을 특징으로 하는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 다중대역 직교 주파수 분할 다중화 초광대역(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing Ultra Wide-Band: MB-OFDM UWB) 시스템에 관한 것으로, 특히 주파수 오프셋이 심한 시스템 환경에서도 안정적인 수신 성능을 보장할 수 있는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

<2> 본 발명은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: 2006-S-071-02, 과제명: 초고속 멀티미디어 전송 UWB 솔루션 개발].

**배경기술**

<3> 종래의 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 방식 시스템을 적용한

패킷 통신 시스템에서 타이밍 동기 알고리즘은 주로 상관(correlation) 특성이 우수한 시퀀스를 이용하여 프리앰블을 구성한 후 수신단에서 상관 결과 값의 피크(peak) 위치를 추적하는 방법을 이용하였다. 이와 같은 종래의 상관 특성이 우수한 시퀀스를 이용한 타이밍 동기 알고리즘은 주로 IEEE 802.11a 시스템에 적용되었다.

<4> 타이밍 동기 알고리즘은 짧은 훈련 심볼 또는 긴 훈련 심볼을 기준 신호로 사용하여 교차 상관과 피크 검출을 수행하여 짧은 훈련 심볼과 긴 훈련 구간의 경계를 찾는 것으로, Consumer Electronics, 2001에서 발표된 'Optimum frame and frequency synchronization for OFDM systems'라는 논문에는 IEEE 802.11a OFDM 프리앰블 구조를 이용하여 수신단에서 정합 필터(matched filter) 계수와 수신되는 쇼트 시퀀스(short sequence)들의 상관을 통해 프레임 동기를 찾는 방법이 잘 나타나 있으며, TENCON 2003, Conference에서 발표된 'Robust timing synchronization for OFDM based wireless LAN system'이라는 논문에서는 단일 쇼트 심볼에 대한 평균을 이용하여 프레임 동기를 구하는 구체적인 동작 특성이 잘 나타나 있다. 또한 한국특허출원 제10-2003-0016490호에 개시된 '재차 상관과 2차 침두치 비교로 심볼 시간을 동기화하는 무선 랜 시스템의 직교 주파수 분할 다중화 수신기 및 그 심볼 동기화 방법'에 IEEE802.11a의 프리앰블 구조 중 짧은 심볼의 차분 값의 자기 상관값을 기준으로 상기 1차 차분 교차 상관의 출력값에 대하여 재차 상관을 취하며, 상기 재차 상관의 출력값에 대하여 2차에 걸친 침두치 비교를 통하여 빠른 시간 내에 심볼 동기화를 수행하는 방안이 잘 나타나 있다. 이러한 타이밍 동기 기술들은 모두 상관 특성이 우수한 시퀀스를 이용하여 타이밍 동기 알고리즘을 효과적으로 구현하기 위한 것들로서, 아날로그-디지털 변환기(Analog to Digital Converter: ADC)에서 발생할 수 있는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환할 때 발생하는 동일 샘플 구간이라도 임의의 위치에서 샘플링이 시작될 수 있다는 사실과 샘플링 클럭 옵셋에 기반한 고속푸리에변환(Fast Fourier Transform: FFT) 윈도우(Window) 천이 현상을 고려하고 있지는 않다. 즉, 수신되는 프리앰블 심볼들 중 두 OFDM 심볼의 동일 샘플간의 위상 차이를 이용하는 종래의 알고리즘들은 송, 수신단간의 샘플링 클럭 옵셋에 의해 비교가 되는 두 OFDM 심볼 사이에 FFT 윈도우 이동이 발생하여 샘플위치가 어긋나서 오류가 발생하게 되는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

<5> 따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 고안된 것으로, 본 발명의 목적은 주파수 옵셋이 심한 시스템 환경에서도 안정적인 수신 성능을 보장할 수 있는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 다중대역 직교 주파수 분할 다중화 초광대역(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing Ultra Wide-Band: MB-OFDM UWB) 시스템에서의 수신 장치 및 방법을 제공함에 있다.

<6> 본 발명의 다른 목적은 ASIC 설계에 추가적인 부담을 최소화하면서 프리앰블 구간 내에서의 고속푸리에변환(Fast Fourier Transform: FFT) 윈도우(Window)의 이동 현상 발생을 방지할 수 있는 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치 및 방법을 제공함에 있다. 특히, 최소 528MHz의 샘플링 클럭을 요구하는 시간 주파수 도약(Time Frequency(TF) Hopping) 방식을 사용하는 MB-OFDM UWB 시스템의 수신 구조를 설계함에 있어서, 향후 ASIC 설계에 부담을 주지 않도록 내부 시스템 클럭은 높이지 않으면서 최소한의 하드웨어 추가 및 구조변경을 통해 프리앰블 구간 내에서 FFT Window 이동 현상이 발생하는 것을 방지할 수 있는 수신 구조를 제안하는데 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

<7> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치는, 동기화 획득 수단에 있어서, 아날로그-디지털변환기(Analog to Digital Converter: ADC)에 의해 샘플링 된 디지털 샘플들을 각각 제 1 데이터와 제 2 데이터 경로로 구분하는 두 개의 시프트 레지스터와; 상기 제 1 데이터 경로 및 제 2 데이터 경로에 대해 각각 패킷 검출 및 타이밍 동기화를 수행하는 두 개의 패킷 검출기 및 타이밍 동기화기와; 상기 제 1 데이터 경로와 제 2 데이터 경로에서 타이밍 동기 지점의 교차상관값을 비교하는 비교기와; 상기 비교기의 비교 결과에 따라 상기 제 1 데이터 경로와 제 2 데이터 경로 중 교차상관 값이 큰 경로의 데이터를 선택하는 경로 선택기를 포함하여 구성될 수 있다.

<8> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법은, MB-OFDM UWB 시스템의 수신구조에서의 동기화 획득 수단에 있어서, MB-OFDM 수신 신호를 복원하는데 필요한 최소 샘플링 클럭의 두 배로 샘플링을 수행하는 단계와; 상기 샘플링된 수신 데이터를 상기 최소 샘플링 클럭을 갖는 제 1 데이터 경로와 제 2 데이터 경로로 구분하는 단계와; 상기 제 1 및 제 2 데이

터 경로 각각에 대해 패킷 검출 및 타이밍 동기 과정을 수행하는 단계와; 상기 제 1 및 제 2 데이터 경로에서 타이밍 동기 지점의 교차상관 값을 비교하는 단계와; 상기 비교 결과에 따라 제 1 및 제 2 데이터 경로 중 교차상관 값이 큰 경로의 데이터를 선택하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

- <9> 바람직하게, 상기 최소 샘플링 클럭은 528MHz일 수 있다.
- <10> 바람직하게, 상기 제 1 데이터는 ODD 데이터이고, 상기 제 2 데이터는 EVEN 데이터일 수 있다.
- <11> 바람직하게, 교차상관 값이 큰 경로의 데이터가 선택되면, 타이밍 동기 범위는 0.25샘플구간 내로 제한되고, FFT 윈도우의 최대 천이값은 상기 0.25샘플구간 내로 제한된 타이밍 동기 범위를 벗어나지 못하는 것으로 한다.

**효과**

- <12> 본 발명에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치 및 방법은, 시간 주파수 도약 방식을 사용하는 MB-OFDM UWB 시스템에서 수신 신호를 복원하기 위해 2배 높은 ADC 샘플링 클럭과 패킷 검출 및 타이밍 동기를 위한 하드웨어의 추가가 요구되긴 하지만, 모뎀 코어 시스템 클럭을 528MHz로 유지하면서 타이밍 동기 범위를 동일 샘플 구간 내에서도 교차상관 값이 큰 범위로 한정함으로써, 초기 동기 획득 확률을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 프리앰블 구간 내에서 FFT 윈도우 이동 현상이 발생하는 것을 방지하여 시간영역 수신 신호를 이용하는 동기 알고리즘이 훨씬 안정적으로 동작할 수 있는 여건을 제공하는 효과가 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <13> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예들을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- <14> 도 1은 다중대역 직교 주파수 분할 다중화 초광대역(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing Ultra Wide-Band: MB-OFDM UWB) 시스템의 심볼 구조를 나타내는 도면이다. UWB(Ultra Wide Band)는 3.1GHz 내지 10.6GHz의 주파수대역을 사용하는 초고속 무선통신 규격으로서, 주파수 대역을 다수의 528MHz 밴드로 나누어 주파수 도약(frequency hopping)을 하면서 사용하는 MB-OFDM 방식(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 채택하고 있다.
- <15> IEEE802.11a(WLAN)와 같은 다른 OFDM 시스템에서는 다중 경로 채널에 의해 야기되는 ISI(Inter-Symbol Interference)를 피하기 위해 유효 OFDM 심볼의 마지막 1/4 정도의 샘플들을 전송하고자 하는 OFDM 심볼 앞부분에 반복 전송하는 CP(Cyclic Prefix)를 사용한다. 그러나 도 1에 도시된 바와 같이, 송신 출력에 엄격한 제한을 받는 MB-OFDM UWB 시스템은 유효송신출력을 높이기 위해 CP 대신에 32개의 제로(zero)들을 전송하며, 128개의 IFFT 출력 샘플 및 채널 스위칭을 위한 5개의 제로들을 포함하여 총 165개의 샘플로 OFDM 심볼을 구성하며 샘플링 클럭은 528MHz이다.
- <16> 샘플링 클럭 옵셋이 존재할 경우, 전송된 OFDM 심볼을 수신하기 위한 FFT 윈도우는 도 2에서와 같이 이상적인 FFT 윈도우로부터 샘플링 클럭 옵셋에 따라 제로 포인트(Zero Point: ZP) 방향 혹은 가드 간격(Guard Interval) 방향으로 전송 패킷 내에서 OFDM 심볼이 진행함에 따라 이동하게 된다. 도 2는 샘플링 클럭 옵셋에 의한 FFT 윈도우의 천이 현상을 나타낸 도면이다.
- <17> 샘플링 클럭 옵셋에 의한 FFT 윈도우 천이와 FFT 통과 후 심볼당 주파수 최대 회전량을 ADC 샘플링 클럭인 528MHz에 대해 ppm 단위의 클럭 옵셋량에 따라 계산하면 도 3과 같다. 도 3은 샘플링 클럭 옵셋량에 따른 FFT 윈도우의 천이 현상을 수치화한 도표이다.
- <18> 송, 수신 LO 사이에 40ppm의 주파수 옵셋이 있을 경우, 도 3에서 알 수 있듯이 각 OFDM 심볼당 샘플이 어긋나는 값은 0.0066 샘플 구간( $t_s$ )이며, 128 FFT 윈도우 또한 매 OFDM 심볼마다 0.0066 샘플 구간만큼 천이하게 된다.
- <19> MB-OFDM UWB 수신 신호를 복조하기 위해 필요한 ADC의 최소 샘플링 클럭은 528MHz이며, 528MHz로 샘플링된 디지털 샘플들을 이용한 수신 구조는 도 4와 같이 구성될 수 있다. 도 4는 MB-OFDM UWB 시스템의 수신 구조를 나타낸 구성도이다.

- <20> DAC와 RF 단을 거친 후 수신된 도 5a 및 5b의 파형과 같은 아날로그 MB-OFDM UWB 신호는 ADC 단에서 도 6과 같은 디지털 샘플 정보로 변환된다. 도 5a 및 5b는 MB-OFDM UWB 시스템의 아날로그 신호 파형을 나타내며, 도 6은 ADC에서 샘플링 된 디지털 샘플들을 나타낸다.
- <21> 도 7은 도 4에 따른 타이밍 동기 알고리즘 수행 결과의 예를 나타내는 것으로서, ADC 단 이후 528MHz로 샘플링 된 도 6과 같은 디지털 샘플들 중 프리앰블 구간 신호와 이미 규격에 의해 알고 있는 패킷 동기 시퀀스간의 교차상관(cross-correlation)을 수행한 결과를 도시하고 있으며, 기준치보다 높은 교차상관 값에 의해 패킷 검출(packet detection)을 수행하고 일정 구간 내에서 교차상관 값 중 최대치를 검출하는 128 FFT 윈도우 시작지점을 찾기 위한 타이밍 동기를 수행한 결과를 보이고 있다.
- <22> 도 5b와 같은 아날로그 수신 신호로부터 ADC 단에서 도 6과 같은 디지털 샘플 정보를 얻기 위한 샘플링 시작 위치는 매 패킷마다 달라질 수 있다. 도 5b와 같은 아날로그 신호를 도 8과 같이 528MHz보다 20배 높은 샘플 구간으로 분류한 후, 동일 샘플 내의 20개의 구간 중 하나를 시작 위치로 하여 ADC 샘플링을 수행하고, 샘플링 된 디지털 수신 정보를 이용하여 도 7과 같은 타이밍 동기 과정을 수행한 후, 동일 샘플 구간 내의 20개 구간 각각에서 구한 타이밍 동기 획득 지점의 교차상관 값들을 도시하면 도 9와 같다. 도 8은 도 5b와 같은 아날로그 수신 신호에서 동일 샘플 구간을 20개의 디지털 샘플 구간으로 분류한 예를 나타내고, 도 9는 도 8에서 분류한 20개의 동일 샘플 구간 내의 샘플링 위치에 따른 타이밍 동기 획득 지점에서의 교차상관 값과 타이밍 동기 범위를 나타낸다.
- <23> 도 9의 결과로부터 매 패킷마다 타이밍 동기에 의해 구해지는 128 FFT 윈도우 시작 위치는 동일 샘플 구간 ( $t_s$ )의 중앙을 기준으로 수학적 1과 같은 범위에서 동일 샘플 구간 내의 어느 구간이라도 동일한 확률을 가지고 존재할 수 있음을 알 수 있다.

**수학적 1**

$$-0.5t_s \leq \text{타이밍 동기 범위} < 0.5t_s$$

- <24>
- <25> 이러한 타이밍 동기에 의한 128 FFT 윈도우 시작 위치와 더불어 도 3에서 계산한 샘플링 클럭 옵셋에 의한 FFT 윈도우 천이현상을 고려하면, 타이밍 동기에 의해 검출된 128 FFT 윈도우의 정확한 위치는 전송 패킷 내에서 OFDM 심볼이 진행함에 따라 이동될 수 있음을 알 수 있다. 특히 이러한 FFT 윈도우 이동 현상이 정확한 128 FFT 윈도우를 유지해야 하는 시간영역의 동기 알고리즘을 수행해야 하는 24개의 프리앰블 구간 내에서 발생한다면 오히려 동기 알고리즘에 의한 오류가 확대되어 시스템 성능에 치명적인 작용을 할 수 있다.
- <26> 예컨대, 송, 수신 LO(Local Oscillator) 사이에 40ppm의 주파수 옵셋이 있을 경우, TFC(Time Frequency Code) 모드 1, 3의 주파수 옵셋을 추정하기 위한 두 OFDM 심볼간의 간격은 3심볼이다. 주파수 옵셋을 추정하기 위한 두 OFDM 심볼의 FFT 윈도우가 동일해야 정확한 주파수 옵셋을 추정할 수 있으며, 만약 두 OFDM 심볼의 FFT 윈도우 사이에 샘플링 클럭 옵셋에 의한 FFT 윈도우 이동이 발생하여 비교 대상이 되는 두 OFDM 심볼의 샘플들이 틀어지게 되면 정확한 주파수 옵셋을 추정하는 것이 매우 어렵게 된다. 40ppm의 주파수 옵셋이 있을 경우 도 3에서 알 수 있듯이 각 OFDM 심볼 당 샘플이 어긋나는 값은 0.0066 샘플 구간이며, TFC 모드 1, 3의 경우 주파수 옵셋을 추정하기 위해 사용될 동일한 주파수로 전송되는 OFDM 심볼 간격이 3이므로, 두 OFDM 심볼간에는 최대 0.0198 샘플 구간이 어긋나게 된다. 128 FFT 입력단이 될 FFT 윈도우는 각 OFDM 심볼마다 약간씩 달라지며, 최악의 경우 도 10과 같이 주파수 옵셋을 추정하기 위한 두 OFDM 심볼 사이에서도 FFT 윈도우를 형성하는 샘플의 위치가 달라질 수 있다. 도 10은 샘플링 클럭 옵셋에 의해 비교가 되는 두 OFDM 심볼 사이에 FFT 윈도우 천이에 따른 FFT 윈도우 이동 현상이 발생한 경우의 예를 나타낸다.
- <27> 주파수 옵셋의 추정은 동일 주파수로 전송되는 두 OFDM 심볼의 동일 샘플 위치의 상대적인 위상 오차를 검출하여 추정하는 것이므로, 이러한 비교가 되는 동일 샘플 위치의 값이 다르게 되면 주파수 옵셋에 큰 오류를 발생하게 된다. 비교가 되는 동일 샘플 위치의 값이 변화했을 경우에 AWGN 환경에서 주파수 옵셋(Frequency Offset: FO)이 0ppm일 경우의 SNR 별 추정되는 주파수 옵셋량을 시뮬레이션을 통해 구해보면 도 11과 같다. 도 11은 FFT 이동 유무에 따른 주파수 옵셋 추정 에러에 대한 시뮬레이션 분석표로서, 부과된 FO량이 0ppm이므로 도 11에서 추정된 FO량 자체가 FO의 에러량과 동일함을 알 수 있다.
- <28> 도 11에 도시된 바와 같이, 주파수 옵셋량을 추정할 때 시뮬레이션 상에서 부과된 FO량이 0ppm이므로, 추정된

FO 값도 0ppm 근방이어야 하나, 비교가 되는 두 OFDM 심볼의 동일 샘플 위치의 값이 틀어질 경우 표준편차 측면에서 추정된 주파수 오프셋에 큰 오류가 발생함을 알 수 있다.

- <29> 도 4의 수신 구조에서 FFT 윈도우 이동에 따른 영향을 받는 알고리즘은 FO 추정 알고리즘과 비슷한 알고리즘을 이용하는 채널추정(Channel Estimation: CE) 시퀀스를 구분하기 위한 프레임 경계 검출(Frame boundary detection) 알고리즘이다. 이러한 FFT 전의 시간영역 수신 신호를 이용하는 동기 알고리즘들에서의 FFT 윈도우 이동에 따른 오류를 방지하기 위해서는 프리앰블 구간 내에서 FFT 윈도우 이동이 발생하지 않도록 수신구조를 설계하는 것이 중요하다.
- <30> 이러한 프리앰블 구간 내에서 FFT 전의 시간영역 수신 신호를 이용하는 동기 알고리즘들에서의 동기 오류를 방지하기 위해 본 발명은 도 12와 같은 새로운 수신 구조를 제안한다.
- <31> 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치의 구성을 나타내는 구성도이다.
- <32> 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치(1200)는, ADC(1205)에 의해 샘플링 된 디지털 샘플들을 각각 ODD 데이터와 EVEN 데이터 경로로 구분하는 두 개의 시프트 레지스터(1212, 1214)와; 상기 ODD 데이터 경로 및 EVEN 데이터 경로에 대해 각각 패킷 검출 및 타이밍 동기화를 수행하는 두 개의 패킷 검출기(1216, 1220) 및 타이밍 동기화기(1218, 1222)와; 상기 ODD 데이터 경로와 EVEN 데이터 경로에서 타이밍 동기 지점의 교차상관값을 비교하는 비교기(1224)와; 상기 비교기(1224)의 비교 결과에 따라 상기 ODD 데이터 경로와 EVEN 데이터 경로 중 교차상관 값이 큰 경로를 선택하는 경로 선택기(1226)를 포함하여 구성되는 동기화부(1210)를 포함할 수 있다.
- <33> 이하 상기 유닛들의 동작은 도 16을 참조하여 설명하기로 한다. 도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법의 절차를 나타내는 흐름도로서, 이에 도시된 바와 같이, MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치(1200)의 동기화부(Synchronization Unit)(1210)에 있어서 S1610 단계에서 ADC(1205)에 의해 1056MHz로 샘플링 된 디지털 샘플들은, S1620 단계에서 두 개의 시프트 레지스터(1212, 1214)에 의해 각각 528MHz의 ODD 데이터 경로와 EVEN 데이터 경로로 구분되어, S1630 단계 및 S1640 단계에서 각 패킷 검출기(1216, 1220) 및 타이밍 동기화기(1218, 1222)에 의해 각각 패킷 검출 및 타이밍 동기가 수행된 후, S1650 단계에서 상기 비교기(1224)에 의해 ODD 데이터 경로와 EVEN 데이터 경로 중에서 타이밍 동기 지점의 교차상관 값이 더 큰 경로가 어느 것인지 비교되고, S1660 단계에서 상기 경로 선택기(1226)에 의해 타이밍 동기를 획득한 지점들의 교차상관 값들 중 더 큰 값을 갖는 경로의 데이터가 선택된다.
- <34> 도 12의 수신 구조는 도 4의 수신 구조에 비해 ADC 샘플링 클럭이 2배 높고 패킷 검출과 타이밍 동기를 위한 추가 하드웨어가 필요하기는 하지만, 프리앰블 구간내에서 FFT 윈도우 이동 현상이 발생하는 것을 방지함으로써 동기 알고리즘에 의한 오류를 방지할 수 있다는 장점을 갖는다.
- <35> 도 12에서 ADC(1205) 후의 디지털 정보는 도 13과 같이 528MHz 샘플링 클럭을 갖는 ODD와 EVEN 데이터들로 구분될 수 있다. 도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 528MHz로 샘플링된 ODD와 EVEN 데이터 경로의 디지털 정보들을 나타낸다.
- <36> 도 13과 같은 ODD와 EVEN 데이터들을 이용하여 타이밍 동기 알고리즘을 수행하면 도 14와 같은 결과를 얻을 수 있고, 도 14의 타이밍 동기를 획득한 지점들의 교차상관 값들 중 더 큰 값을 갖는 경로의 데이터를 선택하면, 제안된 수신 구조에 의해 구해진 FFT 윈도우 시작 위치를 나타내는 타이밍 동기 범위는 도 15와 같이 제안되며, 수학적 2와 같이 표현될 수 있다. 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 ODD와 EVEN 데이터 경로에서의 타이밍 동기 결과 예제를 나타내고, 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 제한된 동일 샘플 구간 내의 타이밍 동기 범위를 나타낸다.

**수학적 2**

<37> 
$$-0.25t_s \leq \text{타이밍 동기 범위} < 0.25t_s, \quad (t_s: \text{동일 샘플 구간})$$

<38> 송, 수신단간에 허용된 최대 샘플링 클럭 오프셋인 40ppm에서 각 OFDM 심볼당 샘플이 어긋나는 값은 0.0066 샘플 구간이므로, 30개의 OFDM 심볼로 구성된 프리앰블 구간동안 발생할 수 있는 128 FFT 윈도우 천이 값은 최대 0.198(0.0066\*30) 샘플구간이다. 이 값은 새로운 수신 구조에서도 도 15와 같이 구한 타이밍 동기 범위를 고려

할 때, FFT 윈도우가 동일 샘플 구간을 벗어나기 위해 필요한 0.25 샘플구간보다 작으므로, 새롭게 제시한 수신 구조를 이용할 경우 FFT 윈도우 이동에 따른 시간영역 수신신호 정보를 이용하는 동기 알고리즘에 의한 오류를 방지할 수 있음을 알 수 있다.

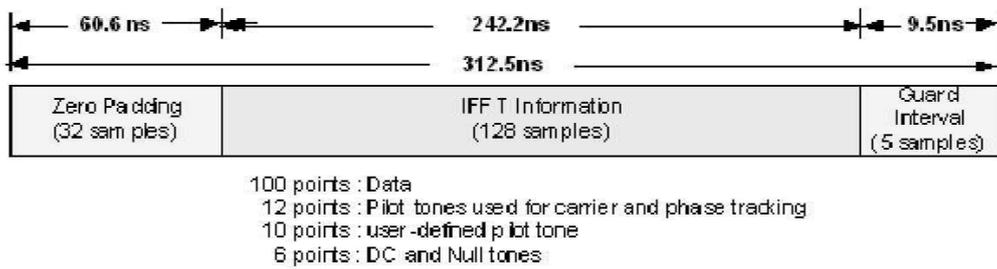
<39> 이상에서는 본 발명에서 특정의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 또한 설명하였다. 그러나 본 발명은 상술한 실시 예에 한정되지 아니하며, 특허 청구의 범위에서 첨부하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능할 것이다. 예컨대, 이상의 설명에 있어서 구체적으로 기재된 수치는 본 발명의 설명의 편의를 위한 것으로 전송방식 및 설계 방법에 따라 달라질 수 있다는 것은 본 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

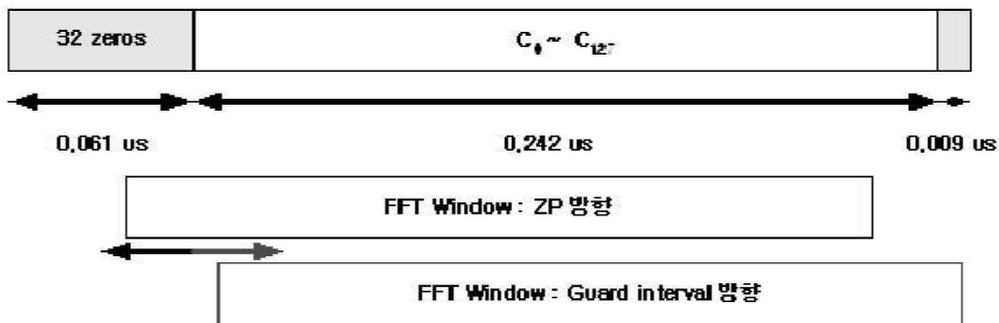
- <40> 도 1은 MB-OFDM UWB 시스템의 심볼 구조를 나타내는 도면.
- <41> 도 2는 샘플링 클럭 옵셋에 의한 FFT 윈도우의 천이 현상을 나타낸 도면.
- <42> 도 3은 샘플링 클럭 옵셋량에 따른 FFT 윈도우의 천이 현상을 수치화한 도표.
- <43> 도 4는 MB-OFDM UWB 시스템의 수신 구조를 나타낸 구성도.
- <44> 도 5a 및 5b는 MB-OFDM UWB 시스템의 아날로그 신호 파형을 나타내는 도면.
- <45> 도 6은 ADC에서 샘플링 된 디지털 샘플들을 나타내는 도면.
- <46> 도 7은 도 4에 따른 타이밍 동기 알고리즘 수행 결과의 예를 나타내는 도면.
- <47> 도 8은 도 5b와 같은 아날로그 수신 신호에서 동일 샘플 구간을 20개의 디지털 샘플 구간으로 분류한 예를 나타내는 도면.
- <48> 도 9는 도 8에서 분류한 20개의 동일 샘플 구간 내의 샘플링 위치에 따른 타이밍 동기 획득 지점에서의 교차상관 값과 타이밍 동기 범위를 나타내는 도면.
- <49> 도 10은 샘플링 클럭 옵셋에 의해 비교가 되는 두 OFDM 심볼 사이에 FFT 윈도우 천이에 따른 FFT 윈도우 이동 현상이 발생한 경우의 예를 나타내는 도면.
- <50> 도 11은 FFT 이동 유무에 따른 주파수 옵셋 추정 에러에 대한 시뮬레이션 분석표.
- <51> 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 장치의 구성을 나타내는 구성도.
- <52> 도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 528MHz로 샘플링된 ODD와 EVEN 데이터 경로의 디지털 정보들을 나타내는 도면.
- <53> 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 ODD와 EVEN 데이터 경로에서의 타이밍 동기 결과 예제를 나타내는 도면.
- <54> 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 제한된 동일 샘플 구간내의 타이밍 동기 범위를 나타내는 도면.
- <55> 도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 동기 범위 제한을 위한 MB-OFDM UWB 시스템에서의 수신 방법의 절차를 나타내는 흐름도.

도면

도면1



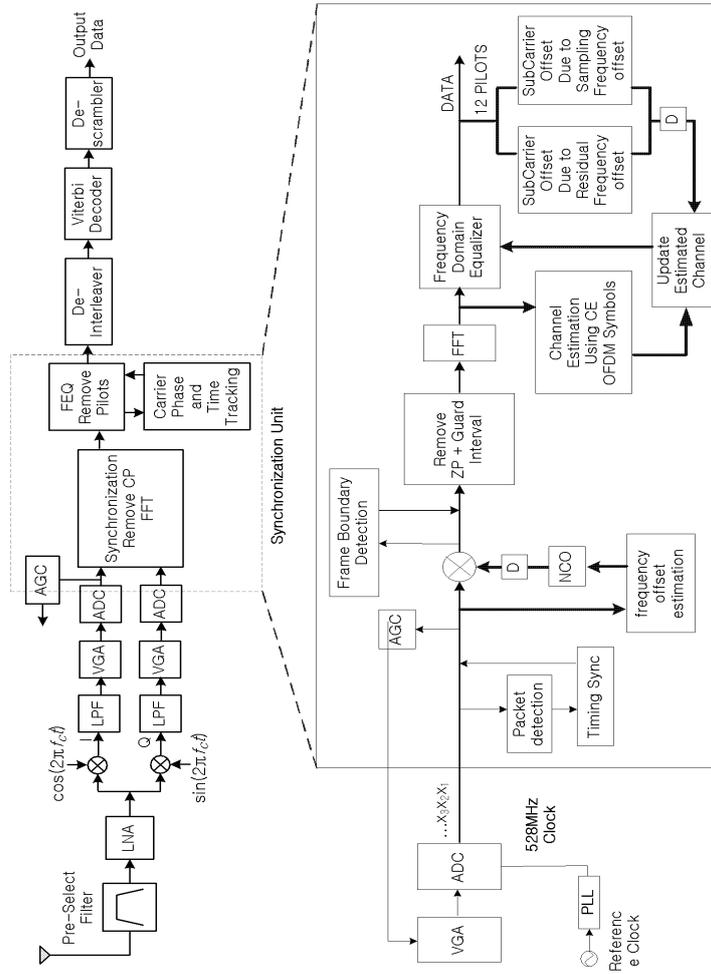
도면2



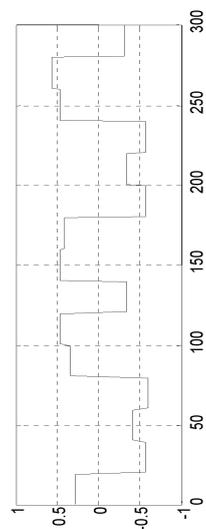
도면3

ppm	Sampling clock offset (KHz)	1 sample이 어긋나는 시간 (us)	1 sample이 어긋나는 샘플수 (Symbols)	심볼당 어긋나는 Sampling 구간 ( $t_s$ )	심볼당 어긋나는 최대 위상차 (도)
1	0.528	1893.939394	6060.606061	0.000165	0.0297
10	5.28	189.3939394	606.0606061	0.00165	0.297
40	21.12	47.34848485	151.5151515	0.0066	1.188

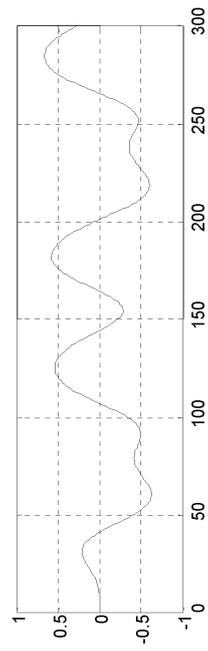
도면4



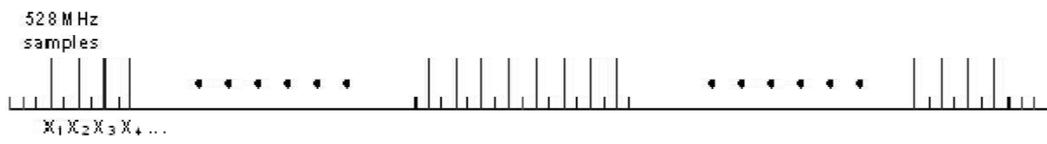
도면5a



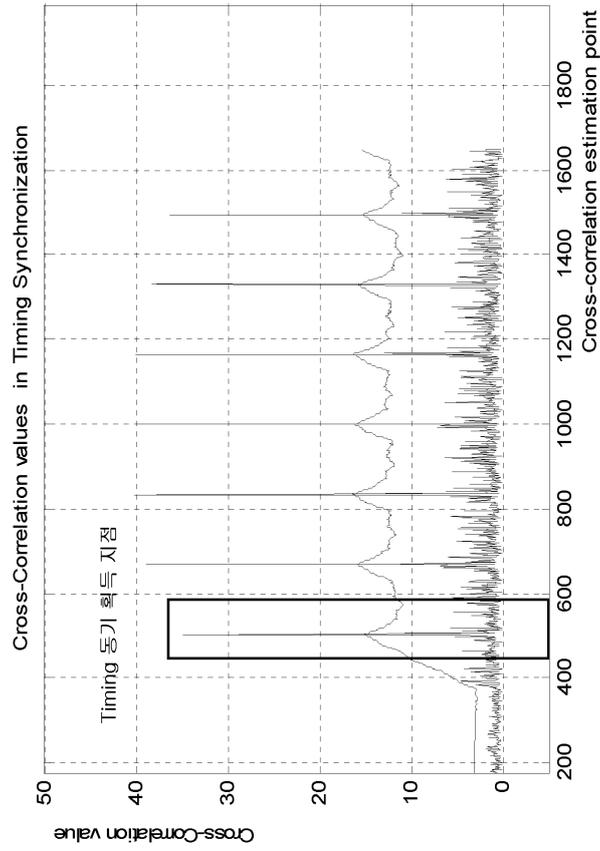
도면5b



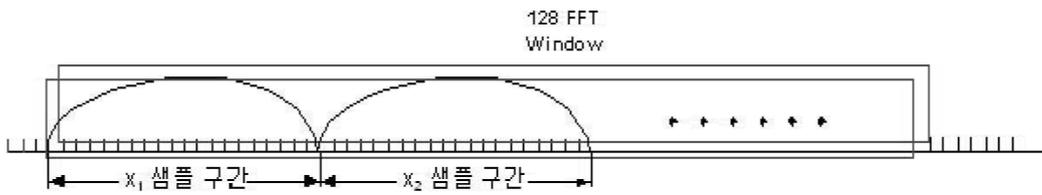
도면6



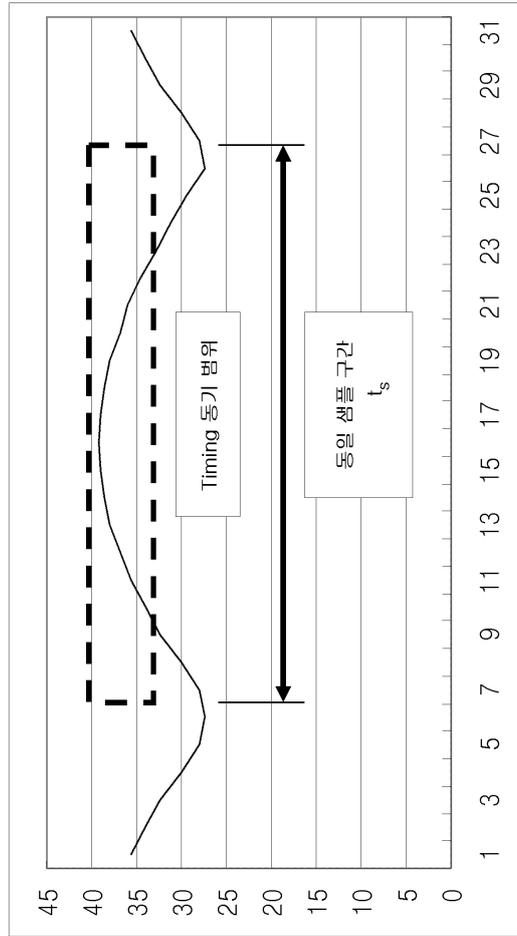
도면7



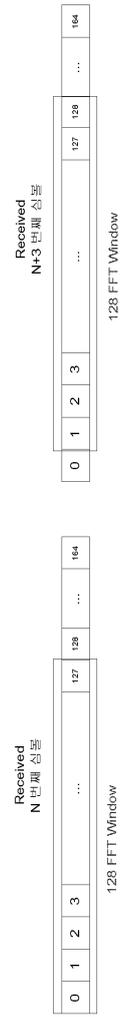
도면8



도면9



도면10

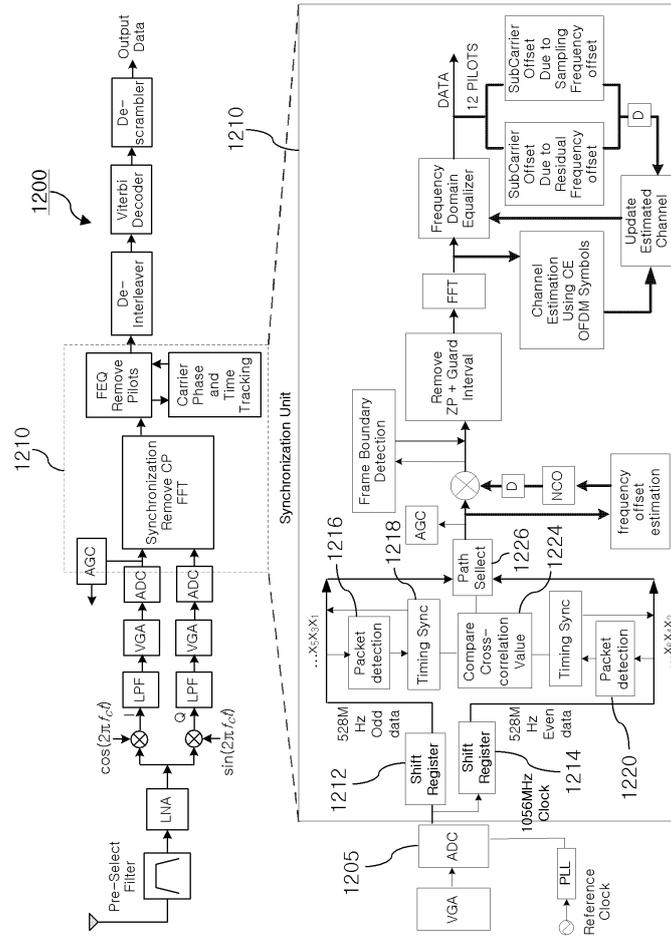


도면11

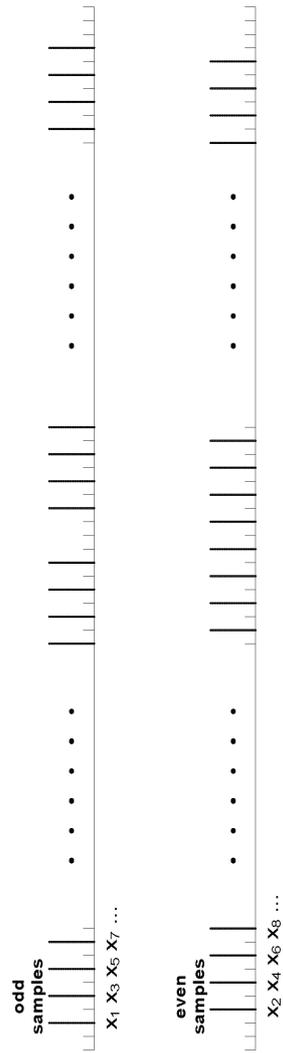
FFT Window 이동현상 발생유무	구분	SNR(Signal to Noise Ratio)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
무	평균	0.30	-0.15	0.18	-0.07	0.04	0.60	0.14	0.08	-0.09
	표준편차	4.45	3.17	2.92	3.00	2.03	1.94	1.74	1.43	1.44
유	평균	-5.82	4.45	1.03	3.29	0.06	-0.79	-0.87	-1.10	-0.74
	표준편차	27.68	24.61	25.19	18.09	16.93	17.95	11.52	11.44	8.67

단위 : ppm

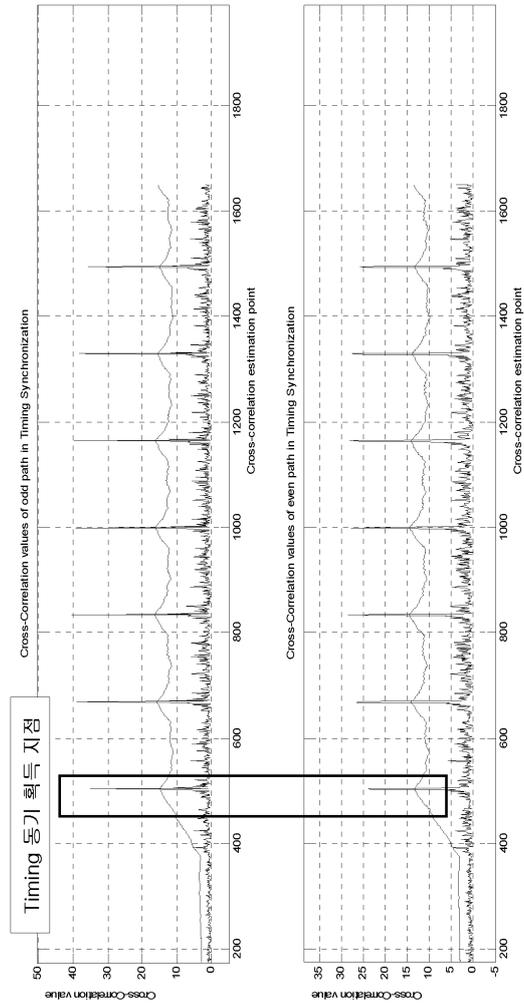
도면12



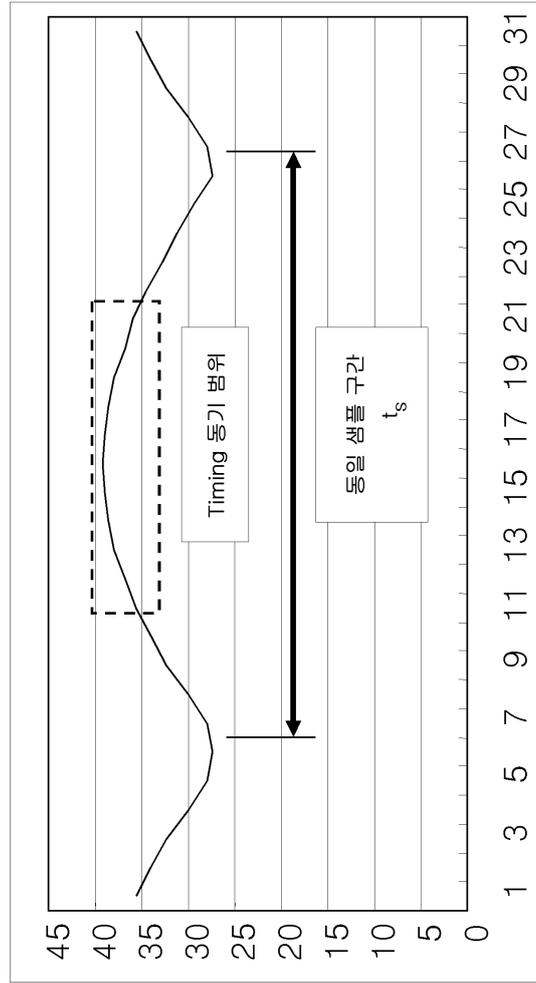
도면13



도면14



도면15



도면16

