(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0009058
(43) 공개일자 2009년01월22일

(51) Int. Cl.[9]
H04L 7/027 (2006.01) *H04L 1/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0072499
(22) 출원일자 2007년07월19일
심사청구일자 2007년07월19일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
곽경섭
인천 남구 용현3동 인하대학교 벤처창업관 401호
최형진
서울 송파구 잠실동 86번지 아시아선수촌 아파트 10-405
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 10 항

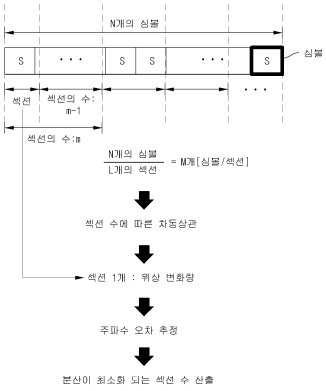
(54) ＩＲ－ＵＷＢ 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법

(57) 요 약

본 발명은 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 SHR 프리앰블 중 Sync 필드를 BLUE 방식을 적용하여 주파수 오차를 추정하고, 수신 환경에 유연하게 적용할 수 있는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 제공하기 위한 것이다.

그 기술적 구성은 IR - UWB 시스템 내의 동기를 획득하기 위하여, 송신부에서 확산시켜 RF 대역으로 전송한 SHR 프리앰블을 포함한 프레임은 RF 처리부에서 주파수 하향 변환되어 A/D 변환부에서 디지털로 변환되는 제1 단계; 상기 A/D 변환기에서 변환된 SHR 프리앰블 중 Sync 필드를 역확산시켜 심볼을 복조하고, 상기 심볼을 일정 개수의 섹션으로 나누는 제2 단계; 상기 섹션 수에 따른 차동 상관을 연산하여 각각의 위상차로 섹션에 포함된 심볼의 위상 변화량을 산출하는 제3 단계; 상기 산출된 위상 변화량으로 주파수 오차를 추정하여 주파수 동기를 수행하는 제4 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도7



(72) 발명자

임세빈

경기 수원시 권선구 세류3동 성원아파트 103-203

문종건

경기 수원시 장안구 천천동 268-28 201호

특허청구의 범위

청구항 1

IR - UWB 시스템 내의 동기를 획득하기 위하여, 송신부에서 확산시켜 RF 대역으로 전송한 SHR 프리앰블을 포함한 프레임은 RF 처리부에서 주파수 하향 변환되어 A/D 변환부에서 디지털로 변환되는 제1 단계;

상기 A/D 변환기에서 변환된 SHR 프리앰블 중 Sync 필드를 역확산시켜 심볼을 복조하고, 상기 심볼을 일정 개수의 섹션으로 나누는 제2 단계;

상기 섹션 수에 따른 차동 상관을 연산하여 각각의 위상차로 섹션에 포함된 심볼의 위상 변화량을 산출하는 제3 단계;

상기 산출된 위상 변화량으로 주파수 오차를 추정하여 주파수 동기를 수행하는 제4 단계;

를 포함하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제 4단계는

추정된 주파수 값의 분산이 최소가 되는 변수를 산출하는 과정;

을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 섹션 수는 변수로 한정되는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 변수와, 섹션 수와, 전체 섹션 수에 따라 상기 주파수 오차 추정값이 변경되는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 추정된 주파수 값의 분산이 최소가 되는 변수는 전체 섹션 수의 1/2 인 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 변수는 전체 섹션 수 미만으로 설정되는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 4 단계의 주파수 오차 측정 방법은 최소 자승 오차를 가지는 BLUE(Best Linear Unbiased Estimation)인 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 측정 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 각 섹션에 포함된 심볼의 개수는 동일한 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 제3 단계의 차동 상관은 주파수 오차에 의해 발생한 수신 신호 간 차를 이용하되, 각 섹션에 포함된 심볼에 따라 연산되는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

제4 단계는

최소자승오차의 제곱근값인 RMSE를 이용하여 주파수 오차 추정에 대한 오차를 산출하는 과정;

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법에 관한 것으로, 특히 LR - WPAN을 위한 IR - UWB 시스템에서 SHR 프리앰블의 Sync 필드를 이용하여 주파수 오차를 추정할 수 있는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법에 관한 것이다.

<11> 일반적으로, LR - WPAN(Low Rate - Wireless Personal Area Network)시스템은 근거리 통신 서비스를 지원하는 시스템으로서, 기기 상호 간에 무선으로 데이터를 송, 수신하는데, 송, 수신 기기의 오실레이터 주파수의 상호 동기가 요구된다.

<12> 그리고, IR - UWB 시스템에서는 송, 수신 기기 간에 동기를 획득하기 위하여, 프레임의 앞부분에 SHR 프리앰블을 전송하는데, SHR 프리앰블은 송, 수신 기기 간에 약속된 신호이며, 프레임의 시작점을 찾아 빠르게 동기될 수 있도록 구비되고, 송신단에서 SHR 프리앰블을 앞단에 붙여 전송하면, 수신단에서는 수신된 SHR 프리앰블을 이용하여 주파수 오차를 추정하는 주파수 동기를 실시한다.

<13> 여기서, 수신단에서 주파수 오차를 추정하는 주파수 동기를 실시할 경우, 신속하고 정확한 주파수 오차 추정은 수신단 측의 데이터 복조 성능을 향상시키는데, 그 이유는 수신된 신호 간의 주파수 오차를 추정하여 데이터를 복조하는 데 상기 주파수 오차 추정치를 이용하기 때문이다.

<14> 따라서, 주파수 오차 추정치의 오차 범위는 작을수록, 빠를수록 데이터 복조 성능이 향상되므로, 주파수 오차 추정의 속도 및 정확성은 필수적으로 요구된다.

<15> 그러나, 송, 수신 기기의 오실레이터가 일치하지 않는 경우, 즉 오실레이터 부정합(Oscillator Mismatch)이 발생되면, 송신단과 수신단의 주파수 오차가 발생하며, 이에 따라 수신기에서 실시하는 주파수 동기의 오류 발생으로 수신 신호가 복조될 때 정확도를 감소시키며, 감소된 정확도는 복조 성능에 열화를 가져오게 되고, 저속 무선 사설망 환경에서 전송되는 신호는 기기의 이동성으로 인한 도플러 쉬프트(Doppler Shift)가 발생할 수 있으며, 이에 따라 주파수 오차가 발생되는 등의 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<16> 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로, IR - UWB 시스템의 SHR 프리앰블 중 Sync 필드에 주파수 오차 추정을 위하여, BLUE 방식을 시스템에 적합한 형태로 적용한 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<17> 본 발명의 다른 목적은 주파수 오차가 존재하는 IR - UWB 시스템의 수신단에서 주파수 오차 추정 성능을 향상시키는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<18> 본 발명의 다른 목적은 IR - UWB 시스템을 이루는 수신단 측 오실레이터에 유연하게 적용되어 안정된 주파수 오차 추정이 이루어지는 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<19> 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 IR - UWB 시스템 내의 동기를 획득하기 위하여, 송신부에서 확산시켜 RF 대역으로 전송한 SHR 프리앰블을 포함한 프레임은 RF 처리부에서 주파수 하향 변환되어 A/D 변환부에서 디지털로 변환되는 제1 단계; 상기 A/D 변환기에서 변환된 SHR 프리앰블 중 Sync 필드를 역확산시켜 심볼을 복조하고, 상기 심볼을 일정 개수의 섹션으로 나누는 제2 단계; 상기 섹션 수에 따른 차동 상관을 연산하여 각각의 위상차로 섹션에 포함된 심볼의 위상 변화량을 산출하는 제3 단계; 상기 산출된 위상 변화량으로 주파수 오차를 추정하여 주파수 동기를 수행하는 제4 단계; 를 포함한다.

<20> 그리고, 상기 제 4단계는 추정된 주파수 값의 분산이 최소가 되는 변수를 산출하는 과정; 을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

<21> 여기서, 상기 섹션 수는 변수로 한정되는 것을 특징으로 한다.

<22> 또한, 상기 변수와, 섹션 수와, 전체 섹션 수에 따라 상기 주파수 오차 추정값이 변경되는 것을 특징으로 한다.

<23> 더불어, 상기 추정된 주파수 값의 분산이 최소가 되는 변수는 전체 섹션 수의 1/2 인 것을 특징으로 한다.

<24> 그리고, 상기 변수는 전체 섹션 수 미만으로 설정되는 것을 특징으로 한다.

<25> 여기서, 상기 4 단계의 주파수 오차 측정 방법은 최소 자승 오차를 가지는 BLUE(Best Linear Unbiased Estimation)인 것을 특징으로 한다.

<26> 또한, 상기 각 섹션에 포함된 심볼의 개수는 동일한 것을 특징으로 한다.

<27> 그리고, 상기 제3 단계의 차동 상관은 주파수 오차에 의해 발생한 수신 신호 간 차를 이용하되, 각 섹션에 포함된 심볼에 따라 연산되는 것을 특징으로 한다.

<28> 더불어, 제4 단계는 최소자승오차의 제곱근값인 RMSE를 이용하여 주파수 오차 추정에 대한 오차를 산출하는 과정; 을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

<29> 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 예시도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

<30> 도 1은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법이 적용된 IR - UWB 시스템을 개략적으로 도시한 블록 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법이 적용된 IR - UWB 시스템의 동작 과정을 개략적으로 도시한 흐름도이다.

<31> 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, IR - UWB 시스템은 프레임이 입력되는 다중화 장치(Mutiplexer)와 송신 장치(Transmitter)와 송신 안테나(TX Antenna)와, 수신 안테나(RX Antenna)와, 수신 장치(Receiver)와 역 다중화 장치(Demutiplexer)를 포함하여 이루어진다.

<32> 여기서, 다중화 장치(多重化裝置, Mutiplexer)는 다중화 기술을 이용하여 하나의 회선 또는 전송로를 분할하고, 개별적으로 독립된 다수의 신호를 송, 수신할 수 있는 장치로서, 다중화 방식에 따라 주파수 분할 다중 방식(FDM), 시분할 다중 방식(TDM), 부호 분할 다중 방식(CDM) 등이 있다.

<33> 그리고, 송, 수신단 간에 동기를 위하여 기준 신호와 데이터 신호를 동시에 다중화 장치로 입력하여 전달하는데, 상기 기준 신호와 데이터 신호는 상기 다중화 장치에 의하여 정해진 순서 및 위치에 배치되어 통합된다.

<34> 또한, 송신 장치(Transmitter)는 통합된 신호를 확산시켜 반송기(Carrier)에 신호를 싣고, 이를 증폭시켜 송신 안테나로 보내는데, 무선 주파수(Radio Frequency)로 증폭시켜 수신 안테나로 송신하며, 즉 주파수를 상향 변환하여 송신 안테나를 통해 무선 채널 상에 전송한다.

<35> 그리고, 수신 장치(Reciever)는 상기 송신 장치에서 상향 변환한 주파수인 무선 주파수(Radio Frequency)를 중

간 대역 주파수(IF: Intermediate Frequency) 또는 기저 대역(Base Band)으로 하향 변환시킨다.

<36> 더불어, 상기 송신 장치에서 확산시킨 신호를 역확산하여 원본 신호를 생성하는데, 송신 장치에서 확산할 때 사용한 부호를 정확히 알고 있어야 하고, 이는 동기에 이용된다.

<37> 또한, 역 다중화 장치(逆多重化裝置, Demultiplexer)는 상기 다중화 장치와 정반대 기능을 수행하는 조합 논리 회로로서, 다수개의 출력 중에서 하나를 선택하여 입력을 연결시키므로 분배기라고도 한다.

<38> 예를 들어, 1/N 의 역 다중화 장치는 하나의 입력과 2N 개의 출력을 가지며, 2N 개의 출력선 중에서 하나를 선택하기 위한 N 개의 선택선을 가지는 것이 바람직하다.

<39> 이하, 본 실시예에 따른 IR - UWB 시스템의 동작 과정을 설명한다.

<40> 우선, IR - UWB 시스템 기반 송신부의 다중화 장치에서 프레임 동기를 위하여 데이터 신호와, 상기 데이터 신호와 비교할 수 있는 기준인 기준 신호를 입력받는다.

<41> 그리고, 다중화 장치에서는 송, 수신단 간의 동기를 위하여 기준 신호와 데이터 신호를 기 설정된 순서 및 위치에 배치하고, 통합시켜 송신 장치로 전달한다(S10).

<42> 더불어, 송신 장치에서는 상기 프레임 동기를 위한 신호들을 확산시켜 변조하고, 주파수를 상향 조정하여 RF 대역의 무선 채널을 이용할 수 있도록 이루어지며, 송신 안테나를 통하여 신호를 증폭하여 IR - UWB 기반 수신부의 수신 장치로 전달한다(S20).

<43> 또한, 수신 장치는 상기 송신 장치에서 RF 로 상향 변환시킨 주파수를 IF 또는 기저 대역으로 하향 변환시키고, 디지털 신호 처리를 위하여 아날로그 신호를 디지털로 변환시키며, 상기 송신 장치에서 확산된 신호를 역확산시켜 복구하는 복조 과정을 수행하여 역 다중화 장치(S30)로 송신한다.

<44> 이때, 역 다중화 장치는 신호를 데이터, 제어 신호 등으로 분리하여 출력한다(S40).

<45> 도 3은 본 발명에 따른 프레임을 개략적으로 도시한 블록 구성도이고, 도 4는 도 3의 프레임 중 SHR 프리앰블을 도시한 확대도이다. 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 프레임은 SHR 프리앰블과 PHY 헤더와 데이터 필드를 포함하여 이루어진다.

<46> 그리고, 상기 SHR 프리앰블(Sync Header Preamble)은 베이스 밴드로 코딩되며, 약 24 내지 4160 개의 변경가능한 심볼을 가질 수 있으며, 상기 프레임의 정보 등을 가지고 프레임 동기에 시작점을 찾기 위하여 구비되는데, 프레임의 앞단에 배치되어 전송된다.

<47> 또한, PHY Header(PHR)는 850kb/s 또는 110kb/s 로 코딩된 BPM - BPSK 이며, 19 개의 고정된 심볼을 가지고 있다.

<48> 더불어, 데이터 필드(Data Field)는 상기 PHY 와 동일하나, 0 내지 1209 개의 심볼을 가질 수 있는 것이 상이하다.

<49> 상기 SHR 프리앰블은 Sync 필드와 SFD를 포함하여 이루어지며, 도 3을 참조하여 설명한다.

<50> 여기서, SHR 프리앰블은 24 내지 4160의 심볼을 가질 수 있는데, 그 중 4096 개까지의 심볼을 Sync 필드가 점유할 수 있고, 상기 Sync 필드가 4096 개의 심볼을 점유하는 경우에는 상기 SFD 는 64 개까지 심볼을 가질 수 있다.

<51> 이때, 상기 SFD(SHR Start Frame Delimiter)는 8 내지 64의 심볼을 가질 수 있고, 상기 Sync 필드 후단에 구비된다.

<52> 그리고, 상기 각 심볼들은 확산된 Ternary Code로 구성되는데, 예를 들어 심볼이 S 로 표시가능하다고 정의하면, {-S, 0, S}와 같은 집합을 이룰 수 있으며, 상기 집합에 구비되는 심볼은 신호에 따라 달라진다.

<53> 여기서, 상기 Ternary Code는 완벽한 자기 상관(Perfect Periodic Autocorrelation)의 성격을 가지고 있는데, Sync 필드의 심볼을 구성하는 Ternary Code는 31 개로 구성되어 그 중 16 개의 『0』이 아닌 Ternary Code를 가지고 있는데, 『0』이 아닌 Ternary Code가 의미하는 바는 심볼에 신호가 존재한다는 것이다.

<54> 도 5는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템의 송신 장치에서 발생하는 확산 과정을 도시한 블록 구성도이다. 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 IR - UWB 시스템의 송신 장치에서 발생하는 확산 과정은 다음과 같다.

<55> 우선, 송신 장치에서 출력하는 송신 신호는 하기 수학식 1과 같다.

수학식 1

<56>
$$s(n)=\begin{cases} c(k), & n=kN_c \ (k=0,1,2,\ldots,K-1) \\ 0 \quad , & otherwise \end{cases}$$

<57> 여기서, c(k)는 Ternary 코드이고, Nc는 한 개의 Ternary 코드를 구성하는 칩의 개수이며, K 는 Ternary 시퀀스의 길이이다.

<58> 즉, 심볼은 각각의 코드가 모여서 이루어지며, 상기 코드는 각각의 칩이 모여서 이루어지는데, 본 발명에서는 Sync 필드에 N 개의 심볼이 구비되며, 1 개의 심볼을 이루는 코드는 K 개이고, 1 개의 코드를 이루는 칩은 Nc 개라고 정의한다.

<59> 그래서, 송신 장치에서는 송신 신호를 확산시키기 위하여, 상기 심볼을 코드로 분할하고, 상기 코드를 칩으로 분할한다.

<60> 여기서, 각 코드를 분할하고, 각 코드 간에 (Nc - 1) 만큼의 『0』을 삽입하여 코드를 확산시킨 것이다.

<61> 따라서, 1 개의 심볼은 K 개로 확산되고, K 개의 코드는 각각 Nc 개로 확산되고, Nc 개로 확산될 때 각 코드 간에 (Nc - 1)만큼의 『0』이 삽입된다.

<62> 도 6은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템의 수신 장치에서 발생하는 역확산 과정을 도시한 블록 구성도이고, 도 7은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 개략적으로 도시한 블록도이다. 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 IR - UWB 시스템의 수신 장치에서 발생하는 역확산 과정은 다음과 같다.

<63> 우선, 상기 송신 장치로부터 기준 신호와 수신 신호를 전달받고, 상기 수신 신호는 송, 수신기 간의 오실레이터 부정합에 의하여 주파수 오차가 발생할 수 있으며, 하기 수학식 2와 같다.

수학식 2

<64>
$$r(n)=\partial \cdot s(n)e^{j2\pi\Delta f T_{chip} n+\Psi}+w(n)$$

<65> 여기서, ∂ 는 경로 이득이며, $\triangle f$ 는 주파수 오차이고, Ψ 는 위상 오차이며, T_{chip}은 칩의 주기이고, w(n)은 평균이 0 인 δ_w^2 AWGN 이다.

<66> 그리고, 상기 수신된 칩(Chip) 신호는 IR - UWB 시스템의 수신기 측 수신 장치에서 심볼로 역확산되는데, 이는 하기 수학식 3과 같다.

수학식 3

<67>
$$\begin{aligned} y(l) &= \frac{1}{N_c K'} \sum_{n=lN_cK}^{(l+1)N_cK-1} r(n)s(n) \\ &= \frac{\partial |s(n)|^2 \ e^{j2\pi\Delta f l N_c K T_{chip}+\Psi}(1-e^{j2\pi\Delta f N_c K})}{N_c K'(1-e^{j2\pi\Delta f T_{chip}})} + w'(l) \end{aligned}$$

<68> 여기서, K' 는 『0』이 아닌 Ternary Code를 가지고 있다는 의미이며, 『0』이 아닌 Ternary Code가 의미하는 바는 심볼에 신호가 존재한다는 것이다.

<69> 즉, K' 는 신호가 존재하는 코드의 개수를 의미한다.

<70> 그래서, 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 기준 신호 및 수신 신호의 곱을 구할 때, 각 코드를 곱하여 더해주는데, 총 K 개의 코드가 존재하므로 K 로 나누어줘야 하는 것이 아니라, 총 K 개의 코드가 존재할지라도 신호가 없는 코드도 존재할 수 있으므로, 즉 『0』을 가지고 있는 코드가 존재할 수 있으므로, 『0』을 제외한 코드의 개

수인 K'로 나누어주는 것이다.

<71> 또한, BLUE를 이용하여 주파수 추정을 시작하는데, 도 7을 참조하면, 심볼이 생성되었으면, 심볼을 일정한 간격으로 나누도록 섹션을 정하고, 상기 섹션이 일정한 개수의 심볼이 삽입되도록 상기 섹션의 수를 정한다.

<72> 즉, 총 N 개의 심볼이 역확산으로 생성된 경우에는, N 개의 심볼을 L 개로 섹션으로 나누고, 그 결과 1 개의 섹션 당 M 개의 심볼이 있다고 가정한다.

<73> 그리고, 섹션 간격, 즉 섹션 수에 따라 위상 변화량을 산출하기 위하여, 수신된 신호 간에 차동 상관을 취하면 수학식 4 와 같다.

수학식 4

<74> $y(l)y^{*}(l-mM)$

<75> 여기서, M 은 섹션 당 심볼의 개수이고, m 은 위상 변화량을 측정할 섹션 수이며, * 는 공액 복소 곱(Conjugate Complex Product)을 의미한다.

<76> 즉, mM 이 의미하는 것은, 예를 들어, 64 개(N)의 심볼이 존재하고, 32개(L)로 섹션을 나누었고, 그 결과 섹션 당 2 개(M)의 심볼이 존재하는데, 여기서 위상 변화를 관찰할 섹션의 수를 4 개(m)라고 가정하면, mM 은 위상 변화를 관찰할 섹션 내에 포함된 심볼의 수를 나타낸다.

<77> 다시 말하면, 위상 변화량을 측정할 섹션 수가 4 개이고, 총 4 개의 섹션 동안에 심볼의 위상 변화량을 측정할 수 있는 것이며, 위의 예에 첨가하면 4(m) * 2(M) = 8 개(mM)의 심볼 동안의 위상 변화량을 측정할 수 있는 것이다.

<78> 이는 다음 수학식 5와 같다.

수학식 5

<79> $$R(m)=\frac{1}{N-mM}\sum_{l=mM}^{N-1}y(l)y^{*}(l-mM) \qquad 0\le m\le H$$

<80> 여기서, 상기에서 설명한 바와 같이, mM 은 위상 변화량을 관찰할 섹션의 수와, 각 섹션에 포함된 심볼의 수를 곱한 것으로서, 관찰할 섹션 내의 위상 변화량을 관찰할 수 있다.

<81> 그리고, N은 심볼의 총 개수이며, H 는 하기에 기재될 변수이고, 정확한 추정을 위해서는 하기의 오차 추정으로 결정되되, 통상적으로 H = L/2 로 기 설정되고, L - 1 이하로 한정된다.

수학식 6

<82> $$\theta(m)\triangleq[\arg\{R(m)\}-\arg\{R(m-1)\}]_{2\pi} \qquad 1\le m\le H$$

<83> 여기서, arg{R(m)}은 m 개의 섹션 수에 포함된 심볼의 위상 변화를 나타내며, arg{R(m-1)}은 m-1 개의 섹션 수에 포함된 심볼의 위상 변화를 나타낸다.

<84> 예를 들어, 총 심볼 수(N)는 64 개이고, 32 개(L)의 섹션으로 나누었으며, m 을 6로 설정한 경우에는, 1 개의 섹션 당 포함된 심볼의 수는 2 개이고, 6 개의 섹션을 골랐으므로 2*6= 12 개의 심볼의 위상 값은 arg{R(m)}에 해당되고, 2*5 = 10개의 심볼의 위상 값은 arg{R(m-1)}에 해당된다.

<85> 따라서, arg{R(m)}에서 arg{R(m-1)}을 늘 차 합산하기 때문에, 1 개의 섹션 당 위상 변화를 알 수 있게 된다.

<86> 더불어, $[x]_{2\pi}$ 는 x 값을 구간 [-π, π]으로 줄이는 연산인 Modulo - 2π 연산을 나타낸다.

<87> 그리고, BLUE를 이용하여 주파수 오차(Offset)를 추정하는데, 이는 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$\Delta\hat{f} = \frac{1}{2\pi T_s M}\sum_{m=1}^{H} w(m)\theta(m)$$

<88>

<89> 여기서, 추정된 주파수 값의 분산 var{ $\Delta\hat{f}$ }을 산출하면, 상기 변수 H 가 H = L/2일 때 최소가 됨을 알 수 있는데, 통상적으로 H = L/2 일 때 추정된 주파수 오차의 분산이 최소가 됨은 기 설정된 것이다.

<90> 그리고, 상기 H 로 한정되는 m 이 결정되며, 이에 따라 상기 주파수 추정에 이용되는 가중치 w(m) 또한 하기 수학식 8로 결정될 수 있다.

수학식 8

$$w(m) = 3\frac{(L-m)(L-m+1)-H(L-H)}{H(4H^2-6LH+3L^2-1)} \qquad 1 \le m \le H$$

<91>

<92> 여기서, 상기 L 은 전체 심볼의 수이고, m 은 섹션의 수를 의미하는데, 위상 변화량을 측정할 섹션의 수를 뜻하고, H 는 추정된 주파수 값의 분산이 최소가 되는 값이고, 정확한 추정을 위해서는 하기의 오차 추정으로 결정되되, 통상적으로 H = L/2 로 기 설정되고, 상기 변수들로 w(m)이 결정된다.

<93> 그래서, 주파수 오차 추정에 따라, 주파수 동기가 완료된다.

<94> 도 8은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이다. 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법은 다음과 같이 시작한다.

<95> 우선, 상기 송신 장치로부터 기준 신호와 수신 신호를 전달받고, 이를 RF 대역에서 IF 대역 또는 베이스 밴드 대역으로 하향 변환시킨다(S30-1).

<96> 그리고, 디지털 신호 처리(DSP)를 위하여 아날로그 신호로부터 디지털 신호로 변환시킨다(S30-2).

<97> 또한, 역확산으로 심볼을 생성하는데, 상기 수신 신호는 송, 수신기 간의 오실레이터 부정합에 의하여 주파수 오차가 발생할 수 있으므로, 이를 고려하여 기준 신호 및 수신 신호의 곱을 구할 때, 각 코드를 곱하여 더하고, 신호가 없는 코드는 제외하고 나누어준다.

<98> 그리고, 상기 과정으로 심볼이 생성되면, 심볼을 일정한 간격으로 나누도록 섹션을 정하고, 상기 섹션이 일정한 개수의 심볼이 삽입되도록 상기 섹션의 수를 정한다(S30-3).

<99> 또한, 섹션 간격, 즉 섹션 수에 따라 위상 변화량을 산출하기 위하여, 수신된 신호 간에 차동 상관을 취하고, 1개의 섹션 내에 포함된 위상 변화량을 계산한다(S30-4).

<100> 여기서, BLUE를 이용하여 주파수 오차(Offset)를 추정하고, 분산이 최소화되는 섹션 수를 산출한다(S30-5).

<101> 이때, 상기 분산이 최소화되는 섹션 수는 기 설정되되, 정확한 측정을 위해서는 상기 단계(S30-5)와 같이 분산이 최소화되는 값으로 산출하는 것도 바람직하다.

<102> 도 9는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법과 종래 주파수 오차 추정 방법을 비교한 그래프이다. 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법의 성능 비교는 다음과 같다.

<103> 우선, 본 발명에서 제시하는 BLUE 의 성능 검증을 위한 시뮬레이션은 주파수 오차와 랜덤하게 변하는 AWGN(Additive White Gaussian Noise : 부가적인 백색 가우시안 잡음) 환경에서 이루어졌다.

<104> 그리고, 디폴트 길이는 64 개의 심볼을 가지는 Sync 필드 신호에 대하여, 연산도 및 성능이 높은 BLUE 파라미터 [L=64, M=1, H=32] 로 시뮬레이션을 수행한다.

<105> 여기서, 사각형, 원, 삼각형 심볼로 표현된 3 개의 그래프는 각각 심볼 간격: 1(종래 기술 1), 심볼 간격: 2(종래 기술 2)로 차동 상관을 취하는 비교 대상 방식과, BLUE 방식의 주파수 오차 추정(본 발명)에 대한 오차이다.

<106> 또한, 주파수 오차는 IR - UWB 시스템에서 고려하는 최대 주파수 오차인 180kHz 에서, SNR을 0dB 내지 16dB 로

변화시켜 측정한다.

<107> 그리고, 주파수 오차 추정의 오차는 하기 수학식 9와 같이, 최소자승오차의 제곱근값(RMSE :Root Mean Square Error)으로 나타낸다.

수학식 9

<108> $$RMSE = \sqrt{E[|\Delta f - \Delta \hat{f}|^2]}$$

<109> 여기서, 본 발명에 따른 방법은 종래 기술보다 주파수 추정 성능이 우수함을 볼 수 있는데, 특히 낮은 SNR 에서 우수한 성능을 나타낸다.

<110> 더불어, 본 발명에 따른 방법은 주파수 오차가 존재하는 실제 수신 환경에서 우수한 주파수 추정 성능을 갖는 방법이라는 것을 알 수 있다.

<111> 이때, 심볼 간격 1, 심볼 간격 2로 차동 상관을 취하는 방식을 종래 기술 1과 종래 기술 2로 기재하였지만, 상기 종래 기술 1과 종래 기술 2는 본 발명의 비교 대상으로 기재하였을 뿐, 본 발명에 따른 분야에 공지된 기술은 아니다.

<112> 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이같은 특정 실시예에만 한정되지 않으며 해당 분야에서 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 특허 청구 범위내에 기재된 범주 내에서 적절하게 변경이 가능 할 것이다.

발명의 효과

<113> 이상에서 설명한 바와 같이 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명은 최소자승오차를 가지는 BLUE(Best Linear Unbiased Estimation)방식을 적용하여 주파수 오차를 추정하고, IR - UWB 에 적용가능하도록 BLUE 방식을 변경시켜 IR - UWB 시스템에 주파수 오차 추정 방식을 제공할 수 있으며, 빠르고 정확한 주파수 오차 측정으로 데이터 복조 시간의 감소 및 정확도의 증가 등의 성능이 향상되고, 증가된 정확도는 복조 성능을 향상시킬 수 있으며, 낮은 SNR 에서 주파수 추정 성능을 최대화할 수 있는 등의 효과를 거둘 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법이 적용된 IR - UWB 시스템을 개략적으로 도시한 블록 구성도.

<2> 도 2는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법이 적용된 IR - UWB 시스템의 동작 과정을 개략적으로 도시한 흐름도.

<3> 도 3은 본 발명에 따른 프레임을 개략적으로 도시한 블록 구성도.

<4> 도 4는 도 3의 프레임 중 SHR 프리앰블을 도시한 확대도.

<5> 도 5는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템의 송신 장치에서 발생하는 확산 과정을 도시한 블록 구성도.

<6> 도 6은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템의 수신 장치에서 발생하는 역확산 과정을 도시한 블록 구성도.

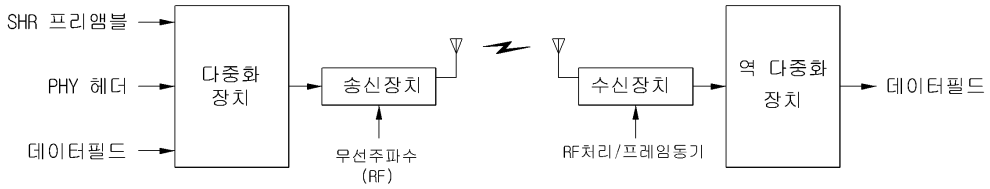
<7> 도 7은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 개략적으로 도시한 블록도.

<8> 도 8은 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법을 개략적으로 도시한 흐름도.

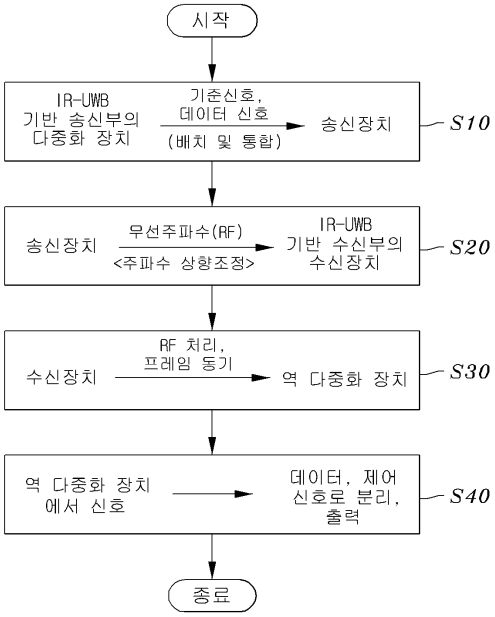
<9> 도 9는 본 발명에 따른 IR - UWB 시스템 기반 주파수 오차 추정 방법과 종래 주파수 오차 추정 방법을 비교한 그래프.

도면

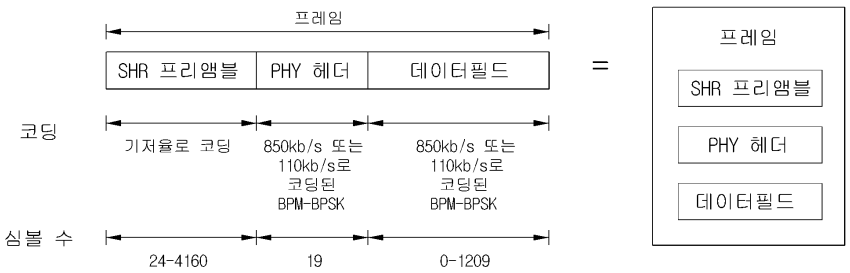
도면1



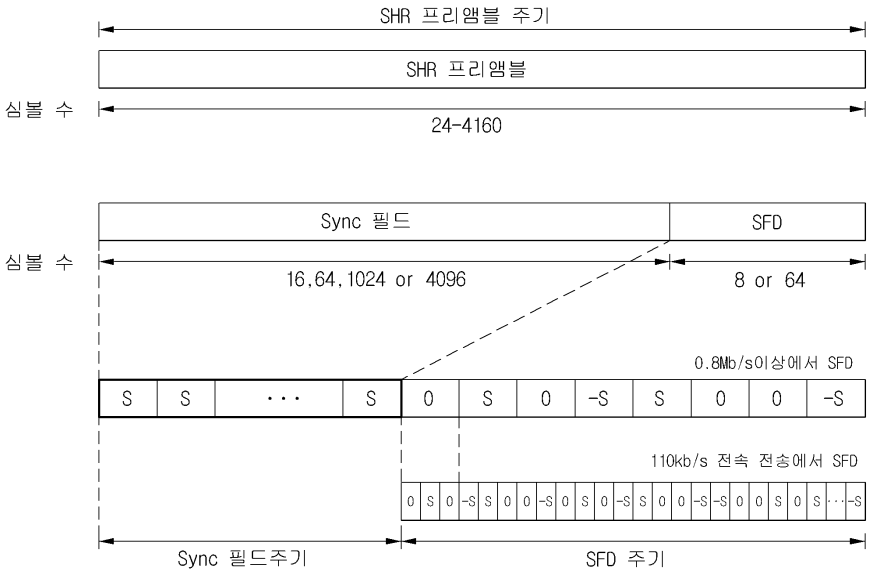
도면2



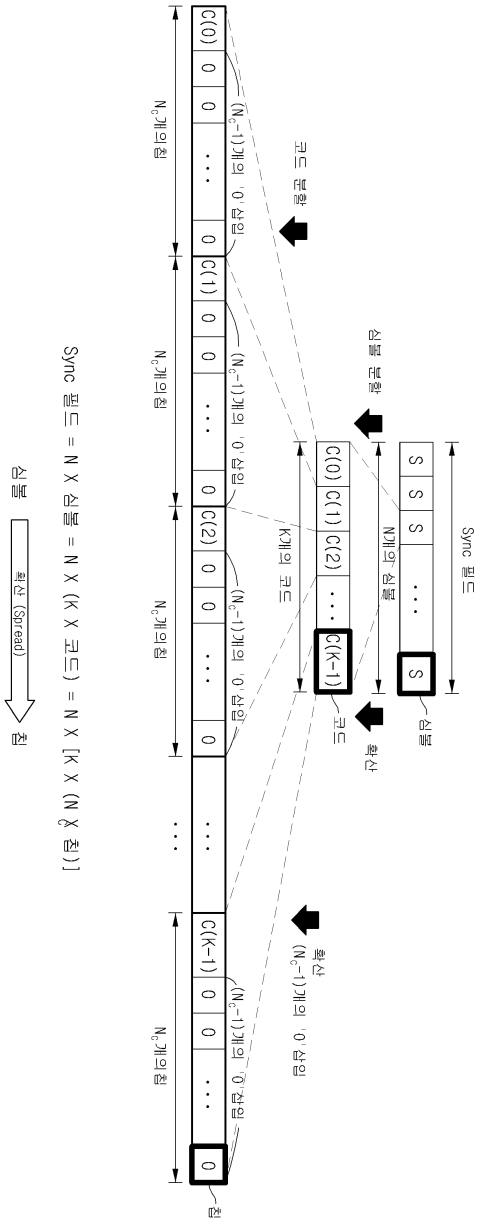
도면3



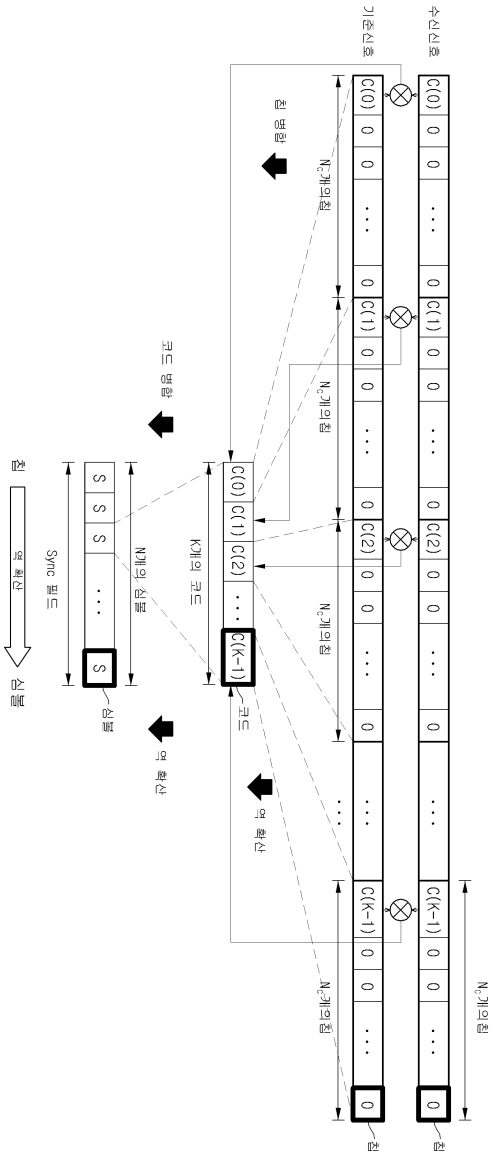
도면4


SHR 프리앰블 주기
SHR 프리앰블
심볼 수
24-4160
Sync 필드
SFD
심볼 수
16,64,1024 or 4096
8 or 64
0.8Mb/s이상에서 SFD
S S ··· S 0 S 0 -S S 0 0 -S
110kb/s 전속 전송에서 SFD
Sync 필드주기
SFD 주기

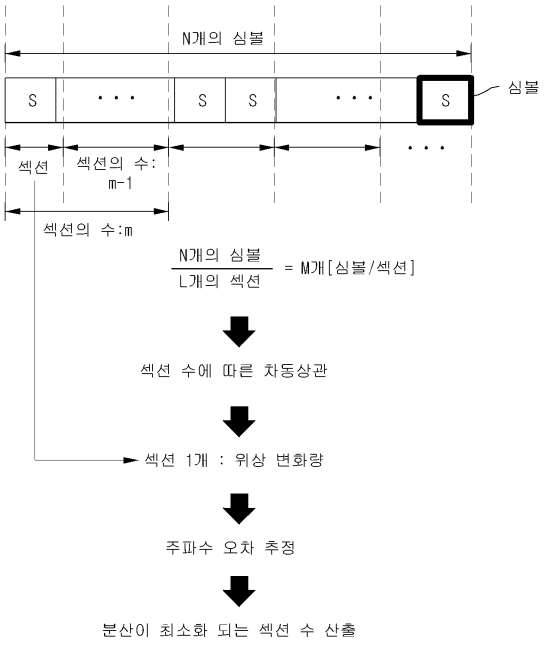
도면5


Sync 필드 = N X 심볼 = N X (K X 코드) = N X [K X (N 칩)]
심볼
확산 (Spread)
칩
N_c개의 칩
C(0)
C(1)
C(2)
C(K-1)
0
(N_c-1)개의 0, 상관
코드 곱
심볼 곱
K개의 코드
N개의 심볼
코드
확산
심볼
Sync 필드
S

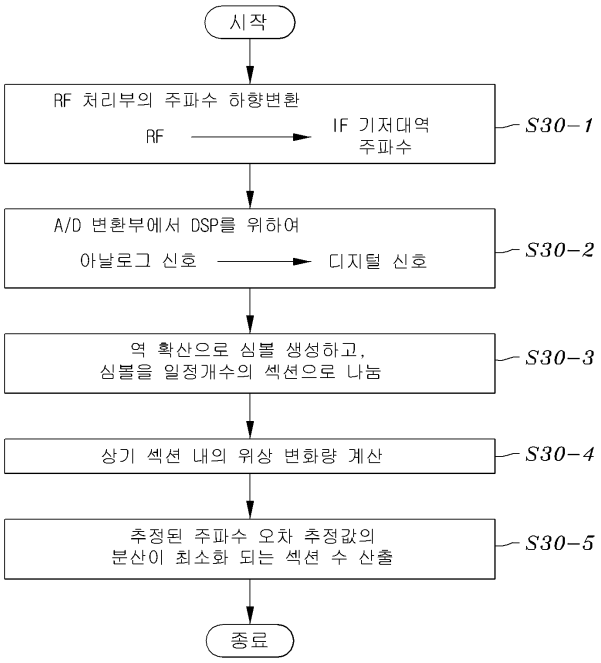
도면6


수신신호
기준신호
C(0)
C(1)
C(2)
C(K-1)
0
N_c^2개의 칩
칩 영역
코드 영역
K개의 코드
코드
N개의 심볼
심볼
Sync 필드
S
역 확산
칩
심볼

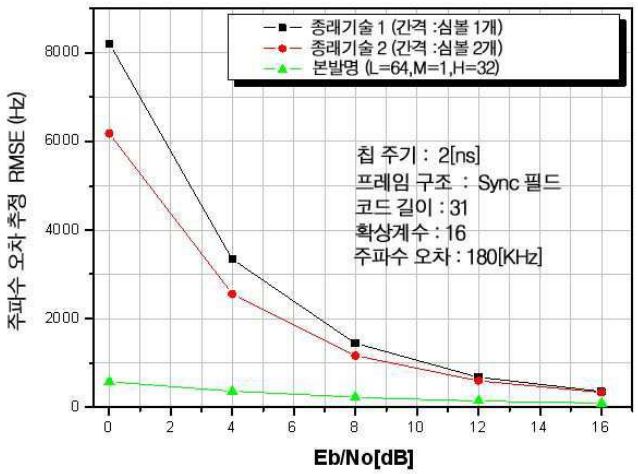
도면7


N개의 심볼
S
S
S
S
심볼
섹션
섹션의 수: m-1
섹션의 수:m
N개의 심볼 / L개의 섹션 = M개[심볼/섹션]
섹션 수에 따른 차동상관
섹션 1개 : 위상 변화량
주파수 오차 추정
분산이 최소화 되는 섹션 수 산출

도면8


시작
RF 처리부의 주파수 하향변환
RF
IF 기저대역 주파수
S30-1
A/D 변환부에서 DSP를 위하여
아날로그 신호
디지털 신호
S30-2
역 확산으로 심볼 생성하고,
심볼을 일정개수의 섹션으로 나눔
S30-3
상기 섹션 내의 위상 변화량 계산
S30-4
추정된 주파수 오차 추정값의
분산이 최소화 되는 섹션 수 산출
S30-5
종료

도면9


종래기술 1 (간격 :심볼 1개)
종래기술 2 (간격 :심볼 2개)
본발명 (L=64,M=1,H=32)
칩 주기 : 2[ns]
프레임 구조 : Sync 필드
코드 길이 : 31
확상계수 : 16
주파수 오차 : 180[KHz]
주파수 오차 추정 RMSE (Hz)
Eb/No[dB]
0
2000
4000
6000
8000
0
2
4
6
8
10
12
14
16