(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월10일
(11) 등록번호 10-2020240
(24) 등록일자 2019년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/02 (2006.01) *G01S 13/536* (2006.01)
G01S 13/58 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/023 (2013.01)
G01S 13/536 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0039454
(22) 출원일자 2019년04월04일
심사청구일자 2019년04월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR101652124 B1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자
세종대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이성주
서울특별시 광진구 뚝섬로35길 32, 308동 1110호
유명석
서울특별시 노원구 섬밭로 265, 16동 405호 (중계동, 경남,롯데,상아아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

심사관 : 정소연

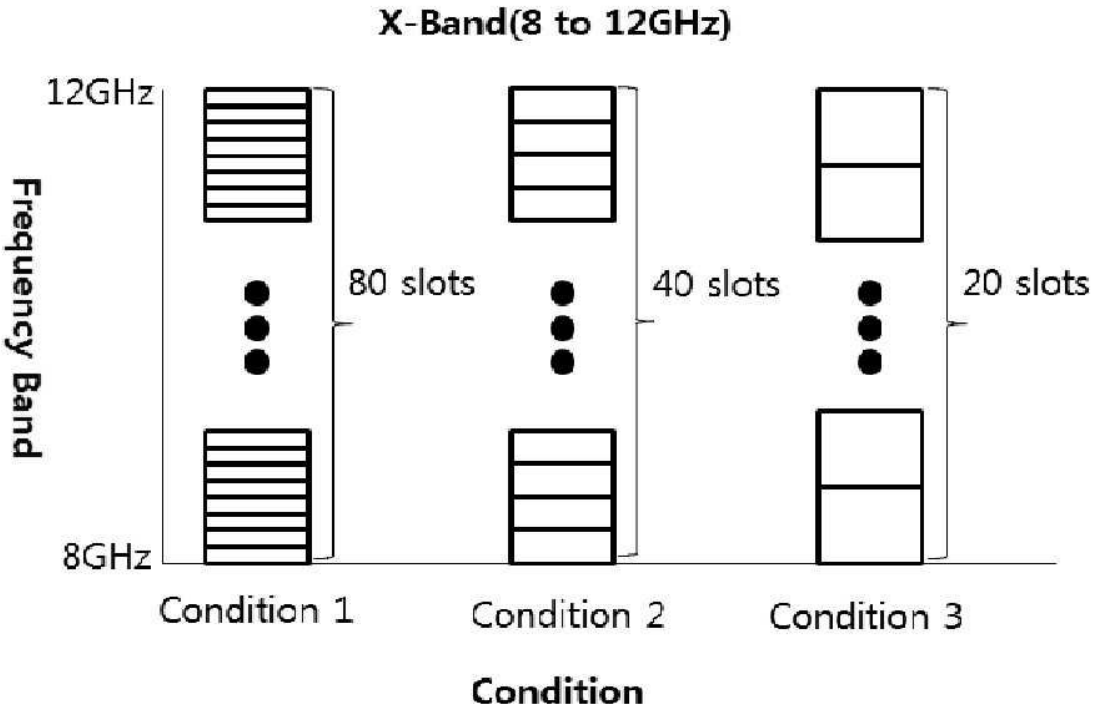
(54) 발명의 명칭 **송신신호 변조를 이용한 FMCW 레이더 다중화 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 송신신호 변조를 이용한 FMCW 레이더 다중화 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 복수의 FMCW 레이더 간 간섭 방지를 위한 FMCW 레이더 다중화 장치에 있어서, 상기 FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산하고, 상기 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도5



으로 분할하여 주파수 분할 정보를 획득하는 정보 획득부와, MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성하는 MLS 출력값 생성부와, 상기 동작 주파수 대역, 상기 최대 비트 주파수, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 상기 MLS 출력값을 이용하여, 상기 매 시간 슬롯마다 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 슬롯 결정부, 및 상기 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어하는 제어부를 포함하는 FMCW 레이더 다중화 장치를 제공한다.

본 발명에 의하면, 복수의 FMCW 레이더가 상호 근거리에 존재할 경우 각각의 FMCW 레이더에서 매 시간 슬롯마다 송신 신호의 변조 주파수를 가변하여 전송할 수 있어 인접한 FMCW 레이더 간의 간섭 문제를 최소화하고 그에 따른 타겟 검출 성능을 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류
G01S 13/58 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020180094658 A*
J.J. Komo 외 1명. Maximal length sequences for frequency hopping. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume:8, Issue:5, 06/1990, Page(s):819 - 822.*
JP2008515244 A
JP2003078500 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711075702
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기획평가원
연구사업명 대학ICT연구센터지원사업
연구과제명 지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율 1/1
주관기관 세종대학교 산학협력단
연구기간 2018.06.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 FMCW 레이더 간 간섭 방지를 위한 FMCW 레이더 다중화 장치에 있어서,

상기 FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산하고, 상기 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯으로 분할하여 주파수 분할 정보를 획득하는 정보 획득부;

MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성하는 MLS 출력값 생성부;

상기 동작 주파수 대역, 상기 최대 비트 주파수, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 상기 MLS 출력값을 이용하여, 상기 매 시간 슬롯마다 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 슬롯 결정부; 및

상기 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 최대 비트 주파수(F_B)는 아래의 수학식에 의해 결정되는 FMCW 레이더 다중화 장치:

$$F_B = T_{delay} \times \tau$$

여기서, T_{delay}는 상기 레이더의 송신 신호와 수신 신호 간의 최대 딜레이 시간, τ는 변조 대역폭(B_M)을 변조 스윕시간(T_s)으로 나누어 연산한 변조 기울기($\tau = B_M / T_s$)를 나타낸다.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는,

상기 결정된 주파수 슬롯을 기초로 매 시간 슬롯마다 호핑 주파수를 가변시켜, 상기 복수의 FMCW 레이더 각각의 송신 신호의 변조 주파수가 서로 겹치지 않도록 하는 FMCW 레이더 다중화 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 주파수 슬롯의 분할 개수는,

상기 동작 주파수 대역의 폭 크기를 상기 최대 비트 주파수의 크기로 나눈 값이며,

상기 주파수 분할 정보는,

상기 주파수 슬롯의 분할 개수, 슬롯 하나당 크기, 각각의 슬롯이 위치한 주파수 범위를 포함하는 FMCW 레이더 다중화 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 슬롯 결정부는,

아래의 수학식을 이용하여 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 FMCW 레이더 다중화 장치:

$$FH = F_{\min} + F_B \times (mls\%(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_B}))$$

여기서, FH는 상기 결정된 슬롯의 주파수 시작 위치, F_{min} 및 F_{max}는 상기 동작 주파수 대역의 최소 및 최대 주파수, mls는 상기 MLS 출력값, F_B는 최대 비트 주파수, mls%(A)는 mls를 A로 나누었을 때 발생한 나머지 값으로 0 ≤ mls%(A) ≤ A-1의 범위를 가지며, A는 상기 주파수 슬롯의 분할 개수($A=(F_{max}-F_{min})/F_B$)를 나타낸다.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 복수의 FMCW 레이더는,

상기 동작 주파수 대역으로 X-Band 대역을 사용하되, 상기 최대 비트 주파수가 서로 상이하여 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 슬롯 하나당 크기가 서로 상이한 FMCW 레이더 다중화 장치.

청구항 7

복수의 FMCW 레이더 간 간섭 방지를 위한 FMCW 레이더 다중화 장치를 이용한 다중화 방법에 있어서,

상기 FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산하는 단계;

상기 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯으로 분할하여 주파수 분할 정보를 획득하는 단계;

MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성하는 단계;

상기 동작 주파수 대역, 상기 최대 비트 주파수, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 상기 MLS 출력값을 이용하여, 상기 매 시간 슬롯마다 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어하는 단계를 포함하며,

상기 최대 비트 주파수(F_B)는 아래의 수학식에 의해 결정되는 FMCW 레이더 다중화 방법:

$$F_B = T_{delay} \times \tau$$

여기서, T_{delay}는 상기 레이더의 송신 신호와 수신 신호 간의 최대 딜레이 시간, τ는 변조 대역폭(B_M)을 변조 스윕시간(T_s)으로 나누어 연산한 변조 기울기($\tau = B_M / T_s$)를 나타낸다.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 가변 제어하는 단계는,

상기 결정된 주파수 슬롯을 기초로 매 시간 슬롯마다 호핑 주파수를 가변시켜, 상기 복수의 FMCW 레이더 각각의 송신 신호의 변조 주파수가 서로 겹치지 않도록 하는 FMCW 레이더 다중화 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 7에 있어서,

상기 주파수 슬롯의 분할 개수는,

상기 동작 주파수 대역의 폭 크기를 상기 최대 비트 주파수의 크기로 나눈 값이며,

상기 주파수 분할 정보는,

상기 주파수 슬롯의 분할 개수, 슬롯 하나당 크기, 각각의 슬롯이 위치한 주파수 범위를 포함하는 FMCW 레이더 다중화 방법.

청구항 11

청구항 7에 있어서,

상기 결정하는 단계는,

아래의 수학식을 이용하여 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 FMCW 레이더 다중화 방법:

$$FH = F_{\min} + F_B \times (mls\%(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_B}))$$

여기서, FH는 상기 결정된 슬롯의 주파수 시작 위치, F_{min} 및 F_{max}는 상기 동작 주파수 대역의 최소 및 최대 주파수, mls는 상기 MLS 출력값, F_B는 최대 비트 주파수, mls%(A)는 mls를 A로 나누었을 때 발생한 나머지 값으로 0 ≤ mls%(A) ≤ A-1의 범위를 가지며, A는 상기 주파수 슬롯의 분할 개수($A=(F_{max}-F_{min})/F_B$)를 나타낸다.

청구항 12

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 복수의 FMCW 레이더는,

상기 동작 주파수 대역으로 X-Band 대역을 사용하되, 상기 최대 비트 주파수가 서로 상이하여 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 슬롯 하나당 크기가 서로 상이한 FMCW 레이더 다중화 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복수의 FMCW 레이더가 상호 근거리에 존재할 경우 주파수 간섭을 최소화할 수 있는 송신신호 변조를 이용한 FMCW 레이더 다중화 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave) 레이더는 주파수 변조된 연속 파형을 전송한다. 이러한 FMCW 레이더는 타겟으로 보내어진 송신 신호와 타겟으로부터 반사된 수신 신호의 주파수 차이인 비트 주파수(Beat Frequency) 신호를 이용하여 타겟의 속도와 거리를 탐지한다.

[0003] FMCW 레이더는 시간에 따라 송신 신호의 주파수를 변조하기 때문에 CW 레이더 또는 FSK 레이더 보다 더 많은 정보를 한 번에 확인할 수 있다는 장점이 존재한다.

[0004] 하지만 한정된 공간에서 다수의 FMCW 레이더가 존재하여 물체를 맞고 되돌아오는 수신 신호들이 합쳐질 경우 물체의 속도와 거리를 측정하는데 많은 오차가 발생할 수 있다.

[0005] 도 1은 근거리에 위치한 FMCW 레이더 간 신호가 섞이면서 간섭을 주는 환경을 설명하는 도면이다.

[0006] 도 1에서 각각의 레이더에서 송신한 신호는 타겟에 맞고 반사되어 다시 각각의 레이더로 되돌아온다. 하지만, 도 1의 경우 두 레이더가 상호 인접하기 때문에 인접 레이더가 보낸 신호까지 함께 수신되어 간섭으로 작용한다.

[0007] 이와 같이 다수의 FMCW 레이더가 상호 근거리에 존재하고 동일한 주파수 대역을 사용할 경우에는 자신이 보낸 신호 이외에도 인접한 레이더에서 보낸 신호까지 함께 수신되어 간섭이 발생하고, 간섭으로 인하여 물체의 속도나 위치를 정확하게 탐지하지 어려운 문제가 발생한다.

[0008] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제1184622호(2012.09.21 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 매 시간 슬롯마다 레이더 송신 신호의 변조 주파수를 가변시켜 인접 FMCW 레이더들 간 신호 간섭을 최소화할 수 있는 송신신호 변조를 이용한 FMCW 레이더 다중화 장치 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은, 복수의 FMCW 레이더 간 간섭 방지를 위한 FMCW 레이더 다중화 장치에 있어서, 상기 FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산하고, 상기 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯으로 분할하여 주파수 분할 정보를 획득하는 정보 획득부와, MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성하는 MLS 출력값 생성부와, 상기 동작 주파수 대역, 상기 최대 비트 주파수, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 상기 MLS 출력값을 이용하여, 상기 매 시간 슬롯마다 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 슬롯 결정부, 및 상기 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어하는 제어부를 포함하는 FMCW 레이더 다중화 장치를 제공한다.

[0011] 또한, 상기 제어부는, 상기 결정된 주파수 슬롯을 기초로 매 시간 슬롯마다 호핑 주파수를 가변시켜, 상기 복수의 FMCW 레이더 각각의 송신 신호의 변조 주파수가 서로 겹치지 않도록 할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 최대 비트 주파수(F_B)는 아래의 수학식에 의해 결정될 수 있다.

[0013] $$F_B = T_{delay} \times \tau$$

[0014] 여기서, T_{delay}는 상기 레이더의 송신 신호와 수신 신호 간의 최대 딜레이 시간, τ는 변조 대역폭(B_M)을 변조 스윕시간(T_s)으로 나누어 연산한 변조 기울기($\tau = B_M / T_s$)를 나타낸다.

[0015] 또한, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수는, 상기 동작 주파수 대역의 폭 크기를 상기 최대 비트 주파수의 크기로 나눈 값이며, 상기 주파수 분할 정보는, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수, 슬롯 하나당 크기, 각각의 슬롯이 위치한 주파수 범위를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 슬롯 결정부는, 아래의 수학식을 이용하여 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정할 수 있다.

[0017] $$FH = F_{\min} + F_B \times (mls\%(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_B}))$$

[0018] 여기서, FH는 상기 결정된 슬롯의 주파수 시작 위치, F_{min} 및 F_{max}는 상기 동작 주파수 대역의 최소 및 최대 주파수, mls는 상기 MLS 출력값, F_B는 최대 비트 주파수, mls%(A)는 mls를 A로 나누었을 때 발생한 나머지 값으로 0 ≤ mls%(A) ≤ A-1의 범위를 가지며, A는 상기 주파수 슬롯의 분할 개수($A=(F_{max}-F_{min})/F_B$)를 나타낸다.

[0019] 또한, 상기 복수의 FMCW 레이더는, 상기 동작 주파수 대역으로 X-Band 대역을 사용하되, 상기 최대 비트 주파수가 서로 상이하여 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 슬롯 하나당 크기가 서로 상이할 수 있다.

[0020] 그리고, 본 발명은, 복수의 FMCW 레이더 간 간섭 방지를 위한 FMCW 레이더 다중화 장치를 이용한 다중화 방법에 있어서, 상기 FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산하는 단계와, 상기 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯으로 분할하여 주파수 분할 정보를 획득하는 단계와, MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성하는 단계와, 상기 동

작 주파수 대역, 상기 최대 비트 주파수, 상기 주파수 슬롯의 분할 개수 및 상기 MLS 출력값을 이용하여, 상기 매 시간 슬롯마다 상기 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정하는 단계, 및 상기 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어하는 단계를 포함하는 FMCW 레이더 다중화 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 의하면, 복수의 FMCW 레이더가 매 시간 슬롯마다 송신 신호의 변조 주파수를 가변하여 전송할 수 있어, 상호 근거리에 위치한 FMCW 레이더 간의 간섭 문제를 최소화하고 그에 따른 타겟 검출 성능을 향상시킬 수 있는 이점을 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은 FMCW 레이더가 가진 최대 비트 주파수를 기초로 주파수 슬롯의 분할 개수 및 크기를 결정하고 FMCW 레이더에서 MLS를 이용하여 주파수 호핑을 위한 슬롯을 매시간 결정하고 가변함으로써, 인접한 FMCW 레이더 간의 주파수 겹침 및 그로 인한 신호 간섭과 탐지 에러를 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 근거리에 위치한 FMCW 레이더 간 신호가 섞이면서 간섭을 주는 환경을 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 FMCW 레이더 다중화 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은 도 2를 이용한 FMCW 레이더 다중화 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 FMCW 레이더에서 송수신 신호의 시간-주파수 특성을 설명하는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에서 서로 상이한 최대 비트 주파수를 갖는 복수의 FMCW 레이더 각각에 대한 주파수 슬롯 분할 결과를 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 사용되는 MLS의 구성을 설명하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 복수의 FMCW 레이더에서 주파수 호핑을 진행한 모습을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0025] 본 발명은 복수의 FMCW 레이더 간 간섭을 방지하기 위한 FMCW 레이더 다중화 장치 및 방법에 관한 것으로, 복수의 FMCW 레이더 각각에서 전송하는 송신 신호의 변조 주파수가 매시간 서로 겹치지 않도록 하여, 상호 근거리에 위치한 FMCW 레이더 간의 간섭 문제를 최소화할 수 있는 기법을 제시한다.

[0026] 이하의 본 발명의 실시예에서 복수의 FMCW 레이더는 서로 근거리에 존재하고 동일한 동작 주파수 대역(예를 들어, X-Band 대역)을 가지는 것을 가정한다. 여기서 근거리란 레이더 간 신호 간섭이 발생하는 거리나 반경 범위, 수신 신호 세기(RSSI) 기반의 거리 등을 의미할 수 있다.

[0027] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 FMCW 레이더 다중화 장치의 구성을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2를 이용한 FMCW 레이더 다중화 방법을 설명하는 도면이다.

[0028] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 FMCW 레이더 다중화 장치(100)는 정보 획득부(110), MLS 출력값 생성부(120), 슬롯 결정부(130), 제어부(140)를 포함한다.

[0029] 이러한 FMCW 레이더 다중화 장치(100)는 FMCW 레이더(예를 들어, FMCW 레이더 장치, 레이더 모듈) 내에 포함되어 구성될 수 있다. 또한, FMCW 레이더 다중화 장치(100)는 소프트웨어 형태로 구현되어 FMCW 레이더에 각각 내장 또는 장착될 수도 있다.

[0030] 도 2의 정보 획득부(110)는 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수를 연산한다(S310).

[0031] 최대 비트 주파수는 아래 수학식 1에 의해 연산될 수 있다.

수학식 1

[0032] $$F_B = T_{delay} \times \tau$$

[0033] 여기서, T_{delay}는 레이더의 송신 신호와 수신 신호 간의 최대 딜레이 시간, τ는 변조 대역폭(B_M)을 변조 스윕시간(T_s)으로 나누어 연산한 변조 기울기($\tau = B_M / T_s$)를 나타낸다.

[0034] 이와 같이, 최대 비트 주파수(F_B)는 최대 딜레이 시간(T_{delay})과 변조 기울기(τ)의 곱으로 연산된다. 이때, 최대 딜레이 시간(T_{delay})은 레이더의 커버리지(Cover)와 비례하므로($T_{delay} \propto Cover$), 최대 비트 주파수(F_B) 값은 각각의 레이더마다 상이한 값으로 연산될 수 있다.

[0035] 도 4는 FMCW 레이더의 송수신 신호에 대한 시간-주파수 특성을 나타낸 도면이다.

[0036] 이러한 도 4는 수학식 1의 이해를 돕기 위한 것으로, 도 3에서 가로축은 시간, 세로축은 주파수, Tx는 송신 신호, Rx는 수신 신호의 파형을 나타낸다.

[0037] 도 4와 같이 FMCW 레이더는 시간에 따라 주파수를 변조시켜 가면서 송신 신호(Tx)를 만들고, 타겟으로 보낸 송신 신호(Tx)와 반사되어 되돌아온 수신 신호(Rx)와의 차이를 계산하여 타겟의 정보를 획득한다. 일반적으로 FMCW 레이더의 분해능은 변조 대역폭(B_M)에 따라 결정된다.

[0038] 또한, 도 4에서 알 수 있듯이, 수학식 1의 변조 대역폭(B_M; Modulation Bandwidth) 및 변조 스윕시간(T_s;Sweep Time)은 변조에 사용된 주파수 폭 및 시간 폭을 각각 의미한다. 또한, 비트 주파수(Beat Frequency) 및 딜레이 시간(Delay Time)은 송신 신호(Tx)와 수신 신호(Rx) 간의 주파수 차이 및 시간 차이를 각각 의미한다.

[0039] 수학식 1에서, 최대 비트 주파수(F_B)는 FMCW 레이더의 최대 딜레이 시간(T_{delay})을 이용하여 계산된 것을 알 수 있다. 이때, 최대 딜레이 시간(T_{delay})은 레이더의 커버리지(Cover)와 비례하므로, 수학식 1의 최대 비트 주파수(F_B)는 변조 스윕시간(T_s)과 레이더 커버리지(Cover)에 의해 결정된다고 볼 수 있으며, 이는 곧 FMCW 레이더 마다 최대 비트 주파수 값이 상이할 수 있음을 의미한다.

[0040] 이와 같이, 최대 비트 주파수 값이 결정되면, 정보 획득부(110)는 최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 여러 개의 주파수 슬롯으로 분할하여, 주파수 분할 정보를 획득한다(S320).

[0041] 여기서, 주파수 슬롯의 분할 개수는 동작 주파수 대역의 폭 크기를 최대 비트 주파수의 크기(F_B)로 나눈 값에 해당한다. 또한, 주파수 분할 정보는 주파수 슬롯의 분할 개수, 슬롯 하나당 크기, 각각의 슬롯이 위치한 주파수 범위(슬롯의 시작 및 종료 주파수)를 포함한다.

[0042] 만일, 동작 주파수 대역이 X-Band 대역인 경우, 8~12GHz 범위(대역폭: 4Hz)를 복수의 주파수 슬롯 구간으로 분할한다. 물론, 최대 비트 주파수 값(F_B)에 따라 주파수 슬롯의 분할 개수 및 슬롯 하나당 크기(폭)는 달라진다. 예를 들어, 최대 비트 주파수 값이 100MHz인 경우, X-Band 대역폭 4Hz를 100MHz 단위로 나누어 총 40개의 슬롯을 얻는다. 물론, 슬롯 하나당 크기(폭)는 100MHz를 갖는다.

[0043] 도 5는 본 발명의 실시예에서 서로 상이한 최대 비트 주파수를 갖는 복수의 FMCW 레이더 각각에 대한 주파수 슬롯 분할 결과를 예시한 도면이다.

[0044] 그 중에서 Condition 1~3은 각각 최대 비트 주파수 F_B = 50MHz, 100MHz, 200MHz를 가지는 FMCW 레이더 A, B, C에 대한 주파수 슬롯 분할 결과를 나타낸다.

[0045] 먼저, 레이더 A(Condition 1)의 경우, F_B = 50MHz 이므로, 동작 주파수 대역은 총 80개의 슬롯(80 = 4GHz/50MHz)으로 분할된다. 이때 각 슬롯당 크기(폭)는 50MHz가 된다.

[0046] 같은 방법으로 레이더 B(Condition 2)의 경우, F_B = 100MHz 이므로, 동작 주파수 대역은 총 40개의 슬롯(40 =

4GHz/100MHz)으로 분할되며, 각 슬롯당 크기(폭)은 100MHz가 된다. 또한, 레이더 C(Condition 2)의 경우, F_B = 200MHz 이므로, 동작 주파수 대역은 총 20개의 슬롯(20 = 4GHz/200MHz)으로 분할되고, 각 슬롯당 크기(폭)은 200MHz가 된다.

[0047] 이를 통해, 최대 비트 주파수가 높을수록, 분할되는 슬롯의 개수가 적어지고, 슬롯 하나당 크기(슬롯 폭)는 커지는 것을 알 수 있다. 또한 슬롯 하나당 크기는 레이더가 가진 최대 비트 주파수에 의해 결정되는 것을 알 수 있다.

[0048] 각각의 FMCW 레이더는 자신의 분할된 복수의 주파수 슬롯들 중 하나의 주파수 슬롯에 호핑하여 송신 신호를 변조한다. 예를 들어, 매 시간 슬롯마다 레이더 A은 80개의 슬롯 중 하나를, 레이더 B는 40개의 슬롯 중 하나를, 레이더 C는 20개의 슬롯 중 하나를 선택하여 송신 신호의 주파수 변조를 수행한다.

[0049] 이때, 본 발명의 실시예의 경우 매 시간 슬롯에서 레이더 간 주파수 겹침을 최소화하도록 후술하는 MLS 알고리즘을 사용한다. 여기서 물론, 각각의 레이더는 상호 시간 동기화가 이루어진 것을 가정한다.

[0050] MLS 출력값 생성부(120)는 MLS(Maximum Length Sequence)를 이용하여 매 시간 슬롯마다 서로 다른 MLS 출력값을 생성한다(S330). MLS는 모든 가능한 비트 조합이 각 반복 주기 동안에 한번 발생하도록 설계된 의사 랜덤 바이너리 시퀀스(pseudorandom binary sequence)를 나타낸다.

[0051] 도 6은 본 발명의 실시예에 사용되는 MLS의 구성을 설명하는 도면이다.

[0052] 도 6에 나타낸 것과 같이, MLS는 n 길이를 갖는 시프트 레지스터(shift register)를 이용하여 계속하여 다른 값을 생성해내는 시퀀스이다. 또한, 아래 수학식 2의 개념과 같이, a_0과 a_1의 k번째 값의 합을 a_n으로 다시 피드백하여 a_n의 k+1 번째 값으로 사용한다. k는 루프(loop) 인덱스를 나타낸다.

수학식 2

[0053]
$$
\begin{aligned}
a_n[k+1] &= a_0[k] + a_1[k] \\
a_{n-1}[k+1] &= a_n[k] \\
&\cdots| \\
a_1[k+1] &= a_2[k] \\
a_0[k+1] &= a_1[k]
\end{aligned}
$$

[0054] 여기서, MLS 출력 값은 0과 2^n-1 사이의 값을 가진다. 만일, n=8인 경우 MLS 출력 값은 0과 255 사이의 값이 될 수 있다. 본 발명의 실시예는 이러한 MLS 알고리즘을 주파수 호핑 위치를 결정하는데 활용한다.

[0055] 즉, 이와 같이 MLS 출력값이 결정되면 슬롯 결정부(130)는 동작 주파수 대역, 최대 비트 주파수, 주파수 슬롯의 분할 개수 및 MLS 출력값을 사용하여, 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 매 시간 슬롯마다 결정한다(S340). 여기서, 사용된 인자들 중 MLS 출력값이 시간에 따라 가변하므로 S340 단계에서 결정되는 주파수 슬롯의 위치 역시 시간에 따라 가변하게 된다.

[0056] S340 단계를 구체적으로 설명하면, 슬롯 결정부(130)는 아래 수학식 3을 이용하여 복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정한다.

수학식 3

[0057]
$$
FH = F_{\min} + F_B \times \left(mls\%\left(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_B}\right)\right)
$$

[0058] 여기서, FH는 결정된 슬롯의 주파수 시작 위치, F_{min} 및 F_{max}는 동작 주파수 대역의 최소 및 최대 주파수, mls는 MLS 출력값, F_B는 최대 비트 주파수를 나타낸다. 사용 주파수 대역이 X-Band 대역일 경우, F_{min} = 8GHz, F_{max} = 12GHz이다.

[0059] mls%(A)는 mls를 A로 나누었을 때 발생한 나머지 값으로, 0 ≤ ls%(A) ≤ A-1의 범위를 가진다. 이때, A=(F_{max}-F_{min})/F_B 로서, 실질적으로 주파수 슬롯의 분할 개수에 해당한다.

[0060] 예를 들어, 도 5에서, F_B=100MHz인 레이더 B의 경우, mls=122의 값이 나왔다고 가정했을 때, 수학식 3은 다음의 수학식 4와 같이 도출될 수 있다.

수학식 4

[0061]
$$
\begin{aligned}
FH &= 8GHz + 100MHz \times (122\%(\frac{12GHz - 8GHz}{100MHz})) \\
&= 8GHz + 100MHz \times (122\%40) \\
&= 8GHz + 100MHz \times 2 \\
&= 8.2GHz
\end{aligned}
$$

[0062] 수학식 4에서 (122%40)는 122을 40으로 나누었을 때의 나머지 값이므로, 122%40 = 2가 된다.

[0063] 수학식 4를 통해 FH는 8.2GHz의 값으로 도출되었으므로, 도 5의 레이더 B(Condition 2)의 경우 분할된 총 40개의 슬롯들 중 3번째 슬롯(8.2~8.3 GHz 구간)을 호핑 주파수로 결정한다.

[0064] 그러면, 제어부(140)는 슬롯 결정부(130)에서 결정된 주파수 슬롯을 이용하여 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어한다(S350).

[0065] 이와 같이, 결정된 주파수 슬롯을 기초로 매 시간 슬롯마다 호핑 주파수를 가변시킬 경우, 복수의 FMCW 레이더 각각의 송신 신호의 변조 주파수가 서로 겹치지 않도록 할 수 있다.

[0066] 상술한 S330 단계 내지 S350 단계는 시간 슬롯마다 이루어지고 시간에 따라 반복적으로 이루어질 수 있다. 이에 따라, 각각의 FMCW 레이더는 매 시간 슬롯 마다 송신 신호의 변조 주파수를 달리 결정하고 결정된 주파수를 이용하여 송신 신호를 변조하여 전송하게 된다.

[0067] 이와 같이, 본 발명의 실시예는 근거리에 위치한 다수의 FMCW 레이더를 다중화하기 위하여 각 레이더 마다 서로 다른 주파수를 호핑하면서 다중화를 진행하는 것을 알 수 있다.

[0068] 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 복수의 FMCW 레이더에서 주파수 호핑을 진행한 모습을 나타낸 도면이다.

[0069] 도 7에서 A, B, C는 각각 도 5에서 설명한 레이더 A, B, C을 나타낸다. 도 7에서 가로 축은 시간, 세로 축은 주파수를 나타낸다. 가로축은 시간 슬롯 단위로 구분되어 있다.

[0070] 각 레이더가 시간별 호핑한 주파수 슬롯은 음영으로 표시되어 있으며, 시간에 따라 호핑하는 주파수 슬롯이 가변하는 것을 알 수 있다. 이때, 앞서 도 5에서 설명한 바와 같이, 각각의 레이더 마다 주파수 슬롯의 크기가 상이하였으므로, 호핑 주파수 슬롯을 표시한 음영 폭 역시 그에 대응한 크기(A: 1칸, B: 2칸, C: 4칸)로 표시하였다.

[0071] 도 7에 도시된 것과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 다중화 방법을 사용할 경우, 각 레이더가 매 시간구간마다 서로 상이한 주파수 대역을 사용하여 송신 신호를 변조할 수 있어, 인접한 레이더들 간의 신호 간섭을 최소화할 수 있다.

[0072] 이때, MLS를 기반으로 주파수 호핑을 랜덤하게 진행하더라도 주파수 겹침이 일부 시간에서 발생할 수 있는데, 실질적으로 FMCW 레이더는 한 주기(타임)만 측정하지 않고 여러 주기의 측정 결과를 이용하여 타겟을 탐지하므로, 우연히 주파수 겹침이 한 주기에서 발생한다 하더라도 한 주기만 레이더의 간섭을 받기 때문에, 여러 주기의 분석을 진행함으로써 타겟의 정보를 용이하게 파악할 수 있다.

[0073] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 복수의 FMCW 레이더가 상호 근거리에 존재할 경우 각각의 FMCW 레이더에서 매 시간 슬롯마다 송신 신호의 변조 주파수를 가변하여 전송할 수 있어 인접한 FMCW 레이더 간의 간섭 문제를 최소화하고 그에 따른 타겟 검출 성능을 향상시킬 수 있다.

[0074] 또한, 본 발명은 FMCW 레이더가 가진 최대 비트 주파수를 기초로 주파수 슬롯의 분할 개수 및 크기를 결정하고 FMCW 레이더에서 MLS를 이용하여 주파수 호핑을 위한 슬롯을 매시간 결정하고 가변함으로써, 인접한 FMCW 레이더 간의 주파수 겹침 및 그로 인한 신호 간섭과 탐지 에러를 최소화할 수 있다.

[0075] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

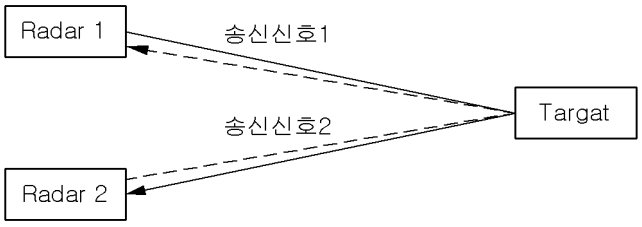
[0076] 100: FMCW 레이더 다중화 장치 110: 정보 획득부

120: MLS 출력값 생성부 130: 슬롯 결정부

140: 제어부

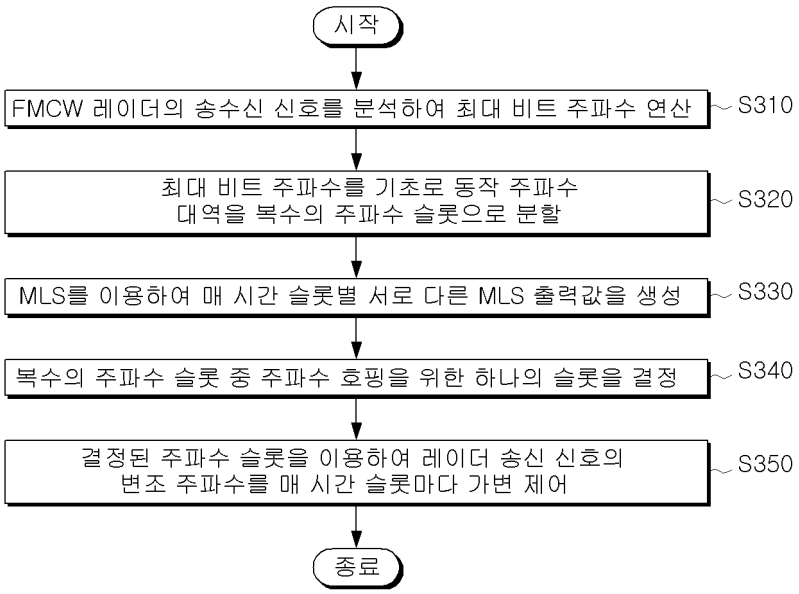
도면

도면1

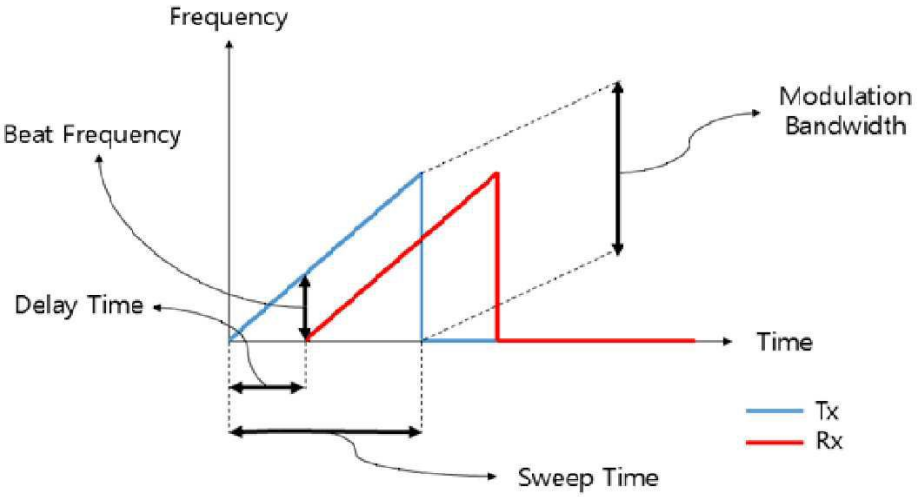


도면2

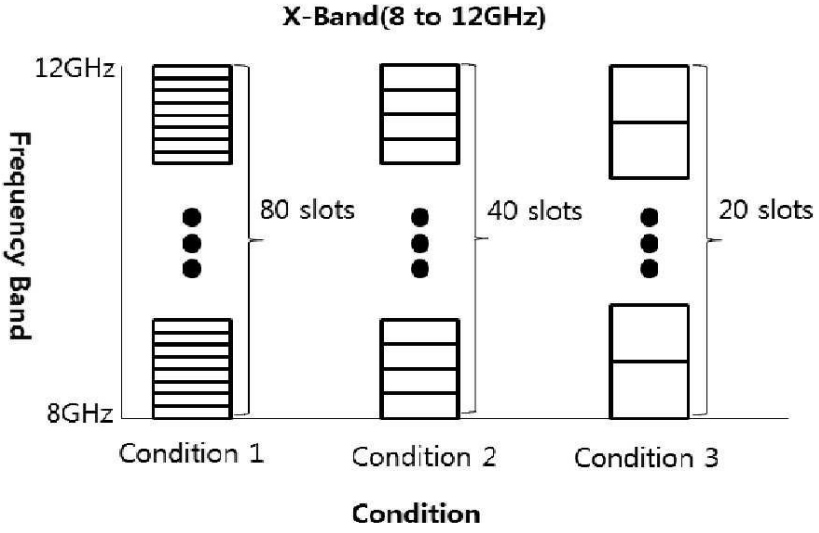
도면3


시작
FMCW 레이더의 송수신 신호를 분석하여 최대 비트 주파수 연산
S310
최대 비트 주파수를 기초로 동작 주파수 대역을 복수의 주파수 슬롯으로 분할
S320
MLS를 이용하여 매 시간 슬롯별 서로 다른 MLS 출력값을 생성
S330
복수의 주파수 슬롯 중 주파수 호핑을 위한 하나의 슬롯을 결정
S340
결정된 주파수 슬롯을 이용하여 레이더 송신 신호의 변조 주파수를 매 시간 슬롯마다 가변 제어
S350
종료

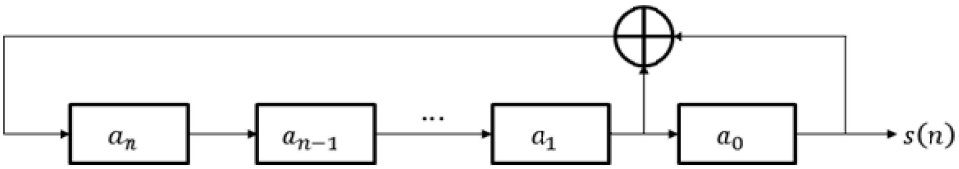
도면4


Frequency
Beat Frequency
Modulation Bandwidth
Delay Time
Time
Tx
Rx
Sweep Time

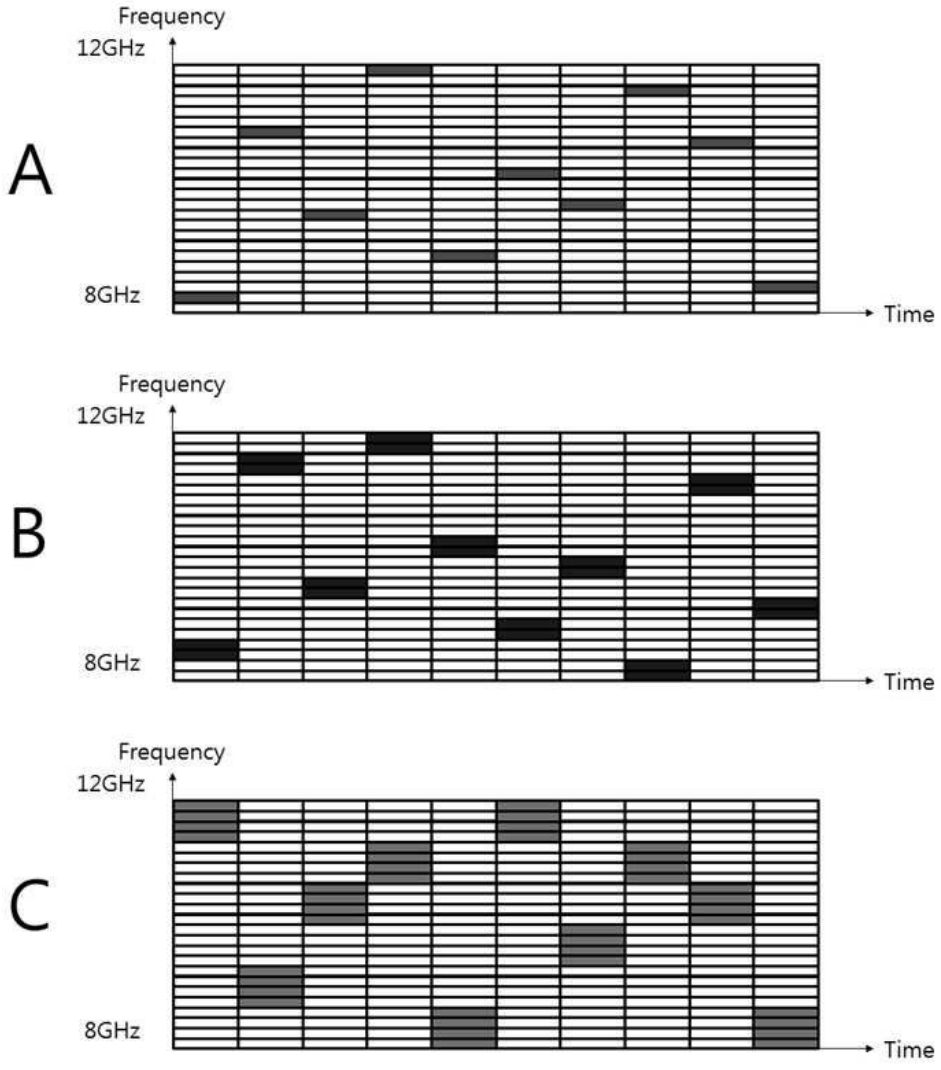
도면5


X-Band(8 to 12GHz)
12GHz
8GHz
Frequency Band
80 slots
40 slots
20 slots
Condition 1
Condition 2
Condition 3
Condition

도면6


a_n
a_{n-1}
...
a_1
a_0
$s(n)$

도면7


Frequency
12GHz
A
8GHz
Time
Frequency
12GHz
B
8GHz
Time
Frequency
12GHz
C
8GHz
Time