



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0111544
(43) 공개일자 2009년10월27일

(51) Int. Cl.

G01S 5/02 (2006.01) H04L 12/28 (2006.01)
H04B 7/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0037210

(22) 출원일자 2008년04월22일

심사청구일자 2008년04월22일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

곽경섭

인천 남구 용현동 253 하이테크관 311호

성태경

인천 남구 용현동 253 6호관 142호

심한병

인천시 남구 용현동 253 하이테크관 428호

(74) 대리인

황광연, 강동호, 오정환

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) UWB 거리측정 시스템과 그의 구동방법

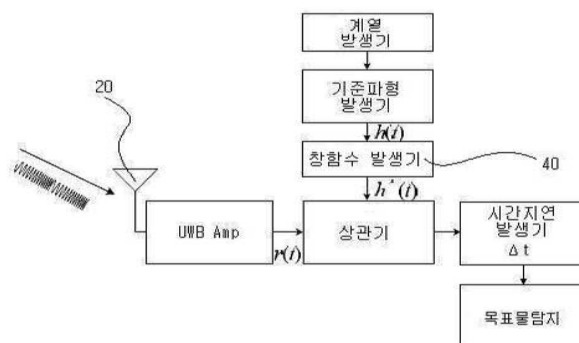
(57) 요약

본 발명은 UWB 거리측정 시스템과 그의 구동방법에 관한 것으로, 특히 차량 운행 및 지능형 교통 시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 UWB 통신을 이용한 거리측정 시스템과 그의 구동방법에 관한 것이다.

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템에 있어서, 송신부로부터 출력된 후 목표물에 반사되어 입사되는 신호를 수신하는 수신 안테나와, 상기 수신 안테나로부터 수신된 상기 신호를 증폭하여 제 1 신호를 발생시키는 UWB Amp와, 상기 제 1 신호를 분석하기 위한 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 기준파형 발생기와, 상기 기준파형 발생기로부터의 기준파형 및 상기 제 1 신호에 부가되는 일련의 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 발생시키는 창함수 발생기와, 상기 UWB Amp로부터의 상기 제 1 신호와 상기 창함수 발생기로부터의 창 함수를 상관시켜 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 $H'(f)$ 인 제 2 신호를 발생시키는 상관기와, 상기 상관기로부터 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 시간지연 검출기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법은 선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에 있어서, 수신 안테나를 이용하여 목표물로부터 반사된 신호를 수신하는 단계와, UWB Amp를 이용하여 상기 수신 안테나에 수신된 신호를 제 1 신호로 증폭시키는 단계와, 기준파형 발생기를 이용하여 상기 제 1 신호의 분석에 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 단계와, 창함수 발생기를 이용하여 일련의 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 발생시키는 단계와, 상기 기준파형을 기준으로 상관기를 통해 상기 제 1 신호에 상기 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 부가하여 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 $H'(f)$ 인 제 2 신호를 발생시키는 단계와, 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 단계를 포함하여 목표물까지의 거리를 측정하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템에 있어서,
 송신부로부터 출력된 후 목표물에 반사되어 입사되는 신호를 수신하는 수신 안테나와,
 상기 수신 안테나로부터 수신된 상기 신호를 증폭하여 제 1 신호를 발생시키는 UWB Amp와,
 상기 제 1 신호를 분석하기 위한 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 기준파형 발생기와,
 상기 기준파형 발생기로부터의 기준파형 및 상기 제 1 신호에 부가되는 일련의 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 발생시키는 창함수 발생기와,
 상기 UWB Amp로부터의 상기 제 1 신호와 상기 창함수 발생기로부터의 창 함수를 상관시켜 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 $H'(f)$ 인 제 2 신호를 발생시키는 상관기와,
 상기 상관기로부터 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 시간지연 검출기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 창함수 발생기는 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 발생시키는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 제 1 신호에 상기 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 부가하여 상기 제 1 신호의 부엽을 감소시킴과 아울러, 상기 제 1 신호의 주엽을 넓히는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템.

청구항 4

선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에 있어서,
 수신 안테나를 이용하여 목표물로부터 반사된 신호를 수신하는 단계와,
 UWB Amp를 이용하여 상기 수신 안테나에 수신된 신호를 제 1 신호로 증폭시키는 단계와,
 기준파형 발생기를 이용하여 상기 제 1 신호의 분석에 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 단계와,
 창함수 발생기를 이용하여 일련의 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 발생시키는 단계와,
 상기 기준파형을 기준으로 상관기를 통해 상기 제 1 신호에 상기 창 함수($W(f)$, $H(f)$)를 부가하여 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 $H'(f)$ 인 제 2 신호를 발생시키는 단계와,
 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 단계를 포함하여 목표물까지의 거리를 측정하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 창 함수는 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나인 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 신호에 상기 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 부가하여 상기 제 1 신호의 부엽을 감소시킴과 아울러, 상기 제 1 신호의 주엽을 넓히는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 Hanning 창 함수는

$$W_{\text{Hanning}}(v) = \rho + (1 - \rho) \cos(2\pi v / B) \text{ 이며,}$$

상기 제 1 신호에 상기 Hanning 창 함수를 부가하여 상기 제 2 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 Blackman 창 함수는

$$W_{\text{Blackman}}(v) = 0.42 + 0.5 \cos(2\pi v / B) + 0.08 \cos(4\pi v / B) \text{ 이며,}$$

상기 제 1 신호에 상기 Blackman 창 함수를 부가하여 상기 제 2 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 Bartlett 창 함수는

$$W_{\text{Bartlett}}(v) = \frac{2}{B} \left(\frac{B}{2} - \left| v - \frac{B}{2} \right| \right) \text{ 이며,}$$

상기 제 1 신호에 상기 Bartlett 창 함수를 부가하여 상기 제 2 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

청구항 10

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 신호에 상기 창 함수가 부가되어 생성되는 상기 제 2 신호는

$$y_w(t) = \rho y(t) + \frac{1}{2}(1 - \rho)y\left(\tau - \frac{1}{TB}\right)e^{\frac{j2\pi f_0}{B}} + \frac{1}{2}(1 - \rho)y\left(\tau + \frac{1}{TB}\right)e^{-\frac{j2\pi f_0}{B}}$$

인 것을 특징으로 하는 UWB 거리측정 시스템의 구동방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 UWB 거리측정 시스템과 그의 구동방법에 관한 것으로, 특히 차량 운행 및 지능형 교통 시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 UWB 통신을 이용한 거리측정 시스템과 그의 구동방법에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 최근에 들어 통신기술이 여러 분야에 응용되어 새로운 서비스의 제공이 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서도 특히, UWB(Ultra-WideBand)와 같은 무선 통신기술과 거리측정 기술이 결합되어 차량 운행 및 교통 시스템의 효율을 향상시키는 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation Systems : ITS)이 최근에 들어 제공되고 있으며, 이에 대한 기술개발이 활발히 진행되고 있다.
- <3> 현재 무선 통신 분야에서는 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요는 급증하고 있다. 이러한 문제를 해결하는 한 방법으로 기존의 통신 시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있는 UWB 통신방식이 관심을 모으고 있다.
- <4> UWB(Ultra-WideBand) 통신방식은 매우 낮은 전력을 사용하여 초광대역의 주파수 대역으로 디지털 데이터를 전송하는 무선 전송기술로써, 매우 낮은 전력으로 초고속, 고성능의 무선 네트워크를 구축하여 신뢰성 있는 통신이 가능한 무선 통신기술이다. 또한, UWB 통신방식은 인터셉트 검파 확률이 낮은 장비, 차량 및 비행체 등에 대한 충돌 방지 장비, 비행기와 다른 항공 시설에서 지상으로부터의 고도를 측정하는 고도계, 위치 추적 등의 특별히 안전한 통신이 요구되는 중요한 국방 기술 및 공공 분야 등에 이용되고 있다.
- <5> 광대역의 펄스 형태로 전송되는 UWB 신호는 짧은 펄스폭을 갖는 신호를 순차적으로 전송함에 따라 신호 간의 상호 간섭 효과가 줄어들어 다중 경로 환경에서 신호의 전송 성능을 유지할 수 있도록 한다. 초단시간 펄스의 사용으로 인해 다중경로에 대한 세밀한 분해가 용이하여 수신 다이버시티 및 수 센티미터(cm) 단위의 정밀도를 갖는 위치추적 분야에도 적용이 가능하다.
- <6> 이러한, UWB 통신방식의 규정은 2002년 미국연방통신위원회(FCC)에 의해 정해졌다. 이 규정에서는 UWB 실내 및 실외 통신 시스템의 송신전력 및 스펙트럼을 제한하고 있다.
- <7> 미국의 연방통신위원회에서는 UWB 통신방식에 $-41.3[\text{dBm/MHz}]$ 이하의 전력 스펙트럼 밀도를 갖는 $3.10\text{GHz} \sim 10.60\text{GHz}$ 의 주파수 대역의 점유를 허용하였다. UWB 통신방식은 상기와 같은 넓은 주파수 대역폭을 사용함으로써 여러 응용분야에 적용 가능하며, UWB 통신방식은 이러한 장점을 이용하여 여러 응용분야 중에서도 특히, 레이더 단말기 사이의 상대적인 거리를 정밀하게 측정하는 거리측정 분야에 적용되고 있다.
- <8> UWB 통신방식은 초광대역 특성으로 인해 단위 대역폭 당 출력 요구 사항이 매우 낮고, 따라서 소비전력이 낮으면서도 방대한 채널 용량을 제공하므로 기존 통신 시스템들에 비하여 방대한 데이터 처리량과 전송물을 지원할 수 있다.
- <9> 그러나, 이러한 UWB 통신방식의 송신단에서의 장점은 수신단에서는 초단시간 펄스 형태를 갖는 신호가 매우 낮은 레벨의 강도로 수신되는 것을 감지하고 이를 수 나노 초의 간격으로 동기화하는 과정을 처리해야 하는 문제점이 있다. 또한, 평균 비율에 비하여 극히 높은 첨두값을 가지는 시간펄스의 극히 짧은 지속시간을 사용하는 펄스형 UWB 통신방식은 낮은 데이터 속도에서 높은 주파수 대역폭으로 작동하도록 통신 시스템을 설계하는 경우에 전력 증폭의 비선형성과 같은 하드웨어적 문제점을 발생시키는 단점이 있다.
- <10> 따라서, 실용적이면서도 효율적인 UWB 통신방식의 신뢰도 향상은 UWB 통신방식을 이용한 위치추적 및 거리측정 시스템의 활용에 큰 영향을 미치게 된다.
- <11> 이러한, UWB 통신방식을 이용한 거리측정 방법에는 크게 UWB-IR 방식과 UWB-Chirp 방식이 있다.
- <12> UWB-IR 방식은 측정가능 거리 및 측정의 정확도를 높이기 위해서는 송신 전력을 높여야 하는데, 송신 전력을 높이면 이에 따라서 순간 피크 전력도 증가되는 문제점이 있다. 순간 피크 전력을 증가시키지 않고 송신 전력을 크게 하기 위해서는 시간적으로 긴 신호를 이용하여야 한다. 따라서, UWB-IR 방식의 모노 사이클 파형보다 10배 이상 긴 시간 길이를 가지면서, 모노 사이클 파형과 동등한 특성을 가지는 Chirp 파형을 이용하여 물체간의 거리를 측정하는 UWB-Chirp 방식이 제안된 바 있다.
- <13> 이러한, Chirp 파형을 이용한 UWB 통신방식은 평균비율에 비하여 높은 첨두값 없이 긴 지속시간의 변조 파형을 사용함으로써 시스템에서 전력 증폭기의 비선형성을 피할 수 있는 장점이 있다.
- <14> 그러나, Chirp 파형을 이용한 UWB 통신방식은 UWB의 기본적인 특성인 광대역의 주파수 사용으로 인해 대역 내에서 많은 NBI(Narrow Band Interference)가 발생하는 문제점이 있다. 이러한, UWB 통신방식에서의 NBI는 당업자에게 통신 시스템의 설계에 많은 어려움을 주고 있다. 특히, UWB 통신방식을 이용한 거리측정 시스템에서는 통신의 신뢰도에 따라 거리측정의 신뢰도에 큰 영향을 미치게 된다. 이에 따라, 주파수 대역 내에서 NBI의 영향을 줄여 신뢰도를 향상시킬 수 있는 UWB 통신방식과 이를 이용한 UWB 거리측정 시스템이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <15> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템과 그의 구동방법은 UWB 대역 내에서 많은 NBI(Narrow Band Interference)가 발생하는 종래 기술의 문제점을 개선하여 주파수 대역 내에서 NBI의 영향을 줄여 신뢰도를 향상시킬 수 있는 UWB 거리측정 시스템을 제공하고자 한다.

과제 해결수단

- <16> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템에 있어서, 송신부로부터 출력된 후 목표물에 반사되어 입사되는 신호를 수신하는 수신 안테나와, 상기 수신 안테나로부터 수신된 상기 신호를 증폭하여 제 1 신호를 발생시키는 UWB Amp와, 상기 제 1 신호를 분석하기 위한 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 기준파형 발생기와, 상기 기준파형 발생기로부터의 기준파형 및 상기 제 1 신호에 부가되는 일련의 창 함수(W(f), H(f))를 발생시키는 창함수 발생기와, 상기 UWB Amp로부터의 상기 제 1 신호와 상기 창함수 발생기로부터의 창 함수를 상관시켜 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 H'(f)인 제 2 신호를 발생시키는 상관기와, 상기 상관기로부터 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 시간지연 검출기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- <17> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 상기 창함수 발생기는 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 발생시키는 것을 특징으로 한다.
- <18> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 상기 제 1 신호에 상기 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 부가하여 상기 제 1 신호의 부엽을 감소시킴과 아울러, 상기 제 1 신호의 주엽을 넓히는 것을 특징으로 한다.
- <19> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법은 선형 Chirp 파형을 이용한 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에 있어서, 수신 안테나를 이용하여 목표물로부터 반사된 신호를 수신하는 단계와, UWB Amp를 이용하여 상기 수신 안테나에 수신된 신호를 제 1 신호로 증폭시키는 단계와, 기준파형 발생기를 이용하여 상기 제 1 신호의 분석에 기준이 되는 기준파형을 발생시키는 단계와, 창함수 발생기를 이용하여 일련의 창 함수(W(f), H(f))를 발생시키는 단계와, 상기 기준파형을 기준으로 상관기를 통해 상기 제 1 신호에 상기 창 함수(W(f), H(f))를 부가하여 상기 제 1 신호의 수정된 주파수 응답 H'(f)인 제 2 신호를 발생시키는 단계와, 상기 제 2 신호 중에서 시간 지연 성분을 검출하는 단계를 포함하여 목표물까지의 거리를 측정하는 것을 특징으로 한다.
- <20> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법의 상기 창 함수는 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나인 것을 특징으로 한다.
- <21> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법은 상기 제 1 신호에 상기 Hanning 창 함수, Blackman 창 함수, Bartlett 창 함수 중 하나의 창 함수를 부가하여 상기 제 1 신호의 부엽을 감소시킴과 아울러, 상기 제 1 신호의 주엽을 넓히는 것을 특징으로 한다.
- <22> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에서 상기 Hanning 창 함수는
$$W_{hanning}(v) = \rho + (1 - \rho) \cos(2\pi v / B)$$
 인 것을 특징으로 한다.
- <23> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에서 상기 Blackman 창 함수는
$$W_{Blackman}(v) = 0.42 + 0.5 \cos(2\pi v / B) + 0.08 \cos(4\pi v / B)$$
 인 것을 특징으로 한다.
- <24> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법에서 상기 Bartlett 창 함수는
$$W_{Bartlett}(v) = \frac{2}{B} \left(\frac{B}{2} - \left| v - \frac{B}{2} \right| \right)$$
 인 것을 특징으로 한다.
- <25> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 구동방법은 상기 제 1 신호에 상기 창 함수가 부가되어 생성되는 상기 제 2 신호가

$$y_w(t) = \rho y(t) + \frac{1}{2}(1-\rho)y(\tau - \frac{1}{TB})e^{\frac{i2\pi f_0}{B}} + \frac{1}{2}(1-\rho)y(\tau + \frac{1}{TB})e^{\frac{i2\pi f_0}{B}}$$

<26>

<27>

인 것을 특징으로 한다.

효 과

<28>

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 선형 Chirp 파형에 Hanning, Blackman, Bartlett 등의 일련의 창 함수의 가중치를 부가하여 통신 시스템에서 정합필터 출력의 부엽을 감소시키고 주엽을 넓혀 차량용 레이더에서 높은 분해능을 확보시킬 수 있다. 이를 통해 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템이 광대역에서 NBI 억제 능력을 확보함으로써 통신에서 가장 중요한 간섭 및 잡음과 같은 부정적 요소를 감소시켜 통신의 정확성 및 신뢰도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<29>

최근에 들어 UWB 통신방식과 지능형 교통 시스템(ITS)이 결합되어 다양한 공공 및 민간 서비스가 제공되고 있다. 이러한 지능형 교통 시스템(ITS)은 UWB 통신방식과의 결합을 통해 도로와 차량 운행에 더욱 안정성, 효율성, 신뢰성이 향상되었으며, 나아가 친환경적인 시스템으로 발전되어 가고 있다.

<30>

지능형 교통 시스템(ITS)에서 교통사고 방지 및 신뢰성 높은 차량 운행 정보를 제공하기 위해서는 운행중인 차량들 간에 정확한 거리측정 기술이 필요하다. 이를 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 UWB 통신방식을 이용한 거리측정 시스템의 향상된 펄스압축 방법을 제안하고자 한다.

<31>

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 임펄스 레이더(IR) 시스템의 단점을 해결하기 위하여 정밀한 거리측정을 실시할 수 있는 선형 Chirp 방식을 기반으로 한다.

<32>

시간제한 Chirp 파형은 수신기 정합 필터에서 높은 레벨의 부엽을 산출하기 때문에 특히 NBI에 의해 차량과 같이 움직이는 물체의 거리측정 시에는 정확도가 낮아지게 된다.

<33>

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 시간제한 Chirp 파형에서 부엽(side lobe)의 레벨을 감소시키기 위하여 복수의 창 개념을 도입하였다. 일련의 창 개념의 도입을 통해 차량 레이더의 높은 분해능을 확보할 수 있도록 주엽(main lobe)을 넓히고 부엽을 감소시킨다. 여기서, 주엽은 최대 방사방향의 지향특성을 의미하며, 부엽은 주엽을 제외한 기타의 지향특성을 의미한다. 부엽은 통신에서 간섭이나 잡음과 같은 부정적인 영향을 미치므로 가급적 작은 것이 바람직하다.

<34>

Chirp 신호는 시간 제한적이기 때문에 수신된 신호가 정합된 필터를 통과할 경우에 필터의 출력이 실시간 푸리에(fourier) 출력에서 부엽을 증가시킬 수 있다. 이러한 부엽의 증가는 스펙트럼 분석을 기반으로 살펴볼 때 부엽이 개별 주파수 구성요소 사이를 구별하는데 문제를 일으킬 수 있음을 알 수 있다.

<35>

FCC 규정에 의하여 UWB 통신방식에 3.10GHz ~ 10.60GHz의 주파수 대역이 할당되었다. 이러한, UWB의 주파수 대역폭 내에는 이미 GPS(Global Positioning System), 무선랜(WLAN), 무선전화기 등과 같은 다른 무선 서비스들이 협대역의 주파수를 할당받아 서비스하고 있다. 또한, UWB는 전력 스펙트럼 밀도가 다른 통신방식에 비하여 매우 낮기 때문에 기존의 IEEE 802.11a WLAN과 같이 높은 전력 스펙트럼 밀도 높은 통신방식들에 의하여 간섭이 발생되어 거리측정의 정확도가 낮아질 수 있다.

<36>

이러한 NBI 간섭을 원천적으로 제거하는 것은 매우 어려움으로 UWB 신호전력에 임계값에 비하여 상대적으로 NBI의 전력을 제한함으로써 NBI 간섭을 최소화시킬 수 있다. 그러나, 부엽은 UWB 시스템 전체 주파수 대역에 걸쳐 에너지를 기여하고 있어 많은 수의 NBI의 전력을 제어하는 것 또한 매우 어려운 일이다.

<37>

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 이러한 어려운 문제점들을 해결하기 위하여 앞에서 기술한 바와 같이, 일련의 창 개념을 도입하였다. 이러한 본 발명의 창 개념은 [J.J.G.McCue, "선형 FM 임펄스의 Hamming 가중치에 관한 노트" IEEE, Proc., Vol. 67, PP. 1575-1577, 1979]에 개시된 바 있다.

<38>

본 발명에서는 Hanning, Blackman 및 Bartlett와 같은 일련의 공통 창 함수들을 이용하여 템플릿 신호에 창을 만듦으로써 부엽의 진폭을 줄이고, 주엽을 넓힐 수 있다. 본 발명에서 정합된 필터 전달함수를 곱하는 창은 주파수 기준에서 가중치로 정의한다.

<39>

본 발명은 템플릿 신호를 위해 Hanning, Blackman 및 Bartlett와 같은 일련의 창 함수를 이용하여 UWB 거리측정

시스템에서 특수 주파수 톤으로 NBI를 억제하여 차량과 같은 목표물의 거리측정 정확도를 향상시킬 수 있다.

- <40> 이러한 본 발명의 효과를 검증하기 위하여, 이어질 상세한 설명에 개시된 실험을 진행하여 선형 파형을 이용한 종래 기술과 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 일련의 장으로 제한된 패턴 Chirp 파형 사이의 성능을 비교하였다.
- <41> 거리측정의 기준은 특정 노드로부터 목표물까지의 거리를 측정하는 것으로, 송신기와 수신기 사이의 거리(d)를 측정하는 것이다. 기본적으로 거리측정 방법에는 크게 2가지 방법이 있다.
- <42> 거리측정의 첫번째 방법은 수신신호 강도표시(Received Signal Strength Indicator, RSSI) 방법으로 수신기는 수신된 신호의 전력을 측정하고 측정된 신호의 감쇄로부터 거리를 도출하는 방법이다.
- <43> 여기서, 거리와 감쇄의 관계는 채널의 속성에 따라 달라지며, 채널 속성에는 목표물의 이동성과 예측할 수 없는 편차들이 존재하기 때문에, 정확한 전파 모델을 설계하기가 어렵다. 따라서, 수신신호 강도표시(RSSI) 방법은 현재 기술로는 정확한 거리측정을 얻을 수 없다.
- <44> 거리측정의 다른 방법은 도달시간(Time of Arrival, TOA) 방법으로 송신기와 수신기 사이의 전파 지연 산정값을 기준으로 거리를 계산한다. 이러한 도달시간 방법은 레이더 시스템에서 가장 널리 사용되는 거리측정 방법이다. 본 발명에서는 거리측정의 정확도가 높은 도달시간(TOA) 방법을 이용하여 거리측정 시스템을 설계하였다.
- <45> 도 1은 일반적인 UWB 통신방식을 이용한 거리측정 시스템을 나타내는 구성도이다.
- <46> 도 1을 참조하면, 송신신호 발생기로부터 발생된 무선신호가 송신 안테나(10)를 통해 송신되면 목표물(30)에 의해 송신된 무선신호가 반사된다. 수신 안테나(20)는 이 반사된 신호를 획득하고, 수신된 파형은 UWB Amp에서 증폭된다. 이후, 수신된 파형은 기준파형 발생기로부터 생성된 기준 신호와 상관되어 시간 지연이 평가되고 최종적으로 목표물(30)의 거리가 측정된다.
- <47> 여기서, 송신된 신호는 $s(t)$ 로 정의되며, AWGN(Additive White Gaussian Noise) 잡음 $n(t)$ 를 가지는 단일경로 채널 $h(t)$ 로 산정된다. UWB 통신방식에 허가된 광대역에서는 동일 주파수 대역에 서비스 허가를 받은 많은 협대역의 주파수에 의하여 간섭이 존재할 수 있다는 점을 고려하여 이들 협대역 시스템은 $i(t)$ 로 표시되는 NBI 간섭 원인으로 간주될 수 있다. 이에 따라, 수신된 신호 " $r(t)$ "는 다음의 수학식 1과 같이 표시할 수 있다.

수학식 1

<48>
$$r(t) = s(t) * h(t) + n(t) + i(t)$$

- <49> 무선 채널 " $h(t)$ "는 다음의 수학식 2와 같이 표시할 수 있다.

수학식 2

<50>
$$h(t) = a(d) \delta(t - \tau(d))$$

- <51> 여기서, " $a(d)$ "와 " $\tau(d)$ "는 거리 " d "에 의한 진폭감쇄와 시간지연의 함수를 의미한다. 수신된 신호는 다음의 수학식 3과 같이 표시할 수 있다.

수학식 3

<52>
$$r(t) = a(d) s(t - \tau(d)) + n(t) + i(t)$$

- <53> 위의 분석으로부터 거리 " d "는 감쇄함수 " $a(d)$ " 또는 시간지연 함수 " $\tau(d)$ "로부터 산정이 가능하다. 따라서, 목표물(30)의 거리는 다음의 수학식 4와 같이 표시할 수 있다.

수학식 4

<54>
$$d = \frac{1}{2} c \tau(d)$$

- <55> 여기서, "c"는 빛의 속도로서 약 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 이다.
- <56> 한편, 분해능 개념을 도입하기 위하여, 펄스가 시간 "t=0"에서 " τ "초의 지속시간으로 전송된 경우에 2개의 산란신호로부터의 기여를 상이한 시간 샘플로 분할하려면 " $\frac{1}{2}c\tau$ "이상 떨어져 있어야 한다. 따라서, " $\frac{1}{2}c\tau$ "의 양을 거리 분해능이라고 정의한다.
- <57> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 선형 Chirp 파형을 이용하며, 이러한 선형 Chirp 파형은 다음의 수학적 식 5와 같이 표시할 수 있다.

수학적 식 5

$$w_c(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \cos(\Omega(t)) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \cos(2\pi f_0 t + \pi \mu t^2)$$

- <58>
- <59> 위의 수학적 식 5에서 " $w_c(t)$ "는 시간 간격 길이 "T"의 밖에 있는 "0"이며, " f_0 "는 중심 주파수를 의미한다.

여기서, 주파수의 대역폭 $B = |\mu| t$ 이며, 선형 Chirp 파형은 순간 주파수 " $f_c(t)$ "와 시간 "t"가 선형 관계를 유지한다는 것을 의미한다. 이러한 관계는 아래의 수학적 식 6과 같이 표시할 수 있다.

수학적 식 6

$$f_c(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\Omega(t)}{dt} = f_0 + \mu t$$

- <60>
- <61> Chirp 속도는 순시 주파수 " $f_c(t)$ "의 도함수로서 순시 주파수의 변화율을 의미하며, 아래의 수학적 식 7에 개시된 " $\beta(t)$ "를 Chirp 속도로 정의한다.

수학적 식 7

$$\beta(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d^2\Omega(t)}{dt^2} = \frac{df_c(t)}{dt} = \mu = \frac{B}{T}$$

- <62>
- <63> 위의 수학적 식 7을 통해 순시 주파수의 변화율을 알 수 있으며, " $\mu > 0$ "인 Chirp 파형은 up-Chirp 파형이고, " $\mu < 0$ "인 Chirp 파형은 down-Chirp 파형을 의미한다.
- <64> 선형성(Linearity)이란 개념은 디지털 통신에서 중요한 개념이다. 시스템의 선형성에 대한 수학적 개념은 입력 신호와 출력신호의 비가 선형적으로, 즉 1차 방정식 $y = ax + b$ 로 구현이 가능하다는 의미이다. 시스템이 선형적이면 결과에 대한 예측이 쉽고, 이에 따라 조절이 용이해진다. 하지만 무선통신 시스템에서는 능동소자를 사용한 비선형 회로가 빠질 수가 없기 때문에, 실제로 선형적으로 동작할 수 없는 경우가 많다.
- <65> 이에 따라, 통신 시스템을 최대한 선형적으로 동작시켜 시스템의 알 수 없는 오동작이나 성능저하를 막고자 한다. CDMA등의 디지털 통신에서는 한 밴드 내에 여러 주파수의 신호가 한꺼번에 처리되기 때문에, 이러한 신호들 간의 간섭을 최소화하기 위해 선형성이 더욱 중요하다. 즉, 통신 시스템에서 선형성의 의미는 각각의 신호가 서로 혼변조가 최소화된 상태로 서로 간섭없이 통신할 수 있는 것의 척도라 할 수 있다.
- <66> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 거리측정의 정확도를 향상시키기 위하여 선형 Chirp 파형을 이용함과 아울러, 펄스를 압축하는 방식을 사용한다.
- <67> 이러한, 펄스 압축은 거리측정 과정에서 긴 지속시간의 펄스 전송에 필요하며, 이때의 선형 Chirp 파형의 포락선은 다음의 수학적 식 8과 같이 표시할 수 있다.

수학식 8

$$m(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) e^{j(2\pi f_0 t + \pi \mu t^2)} \quad -\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2}$$

<68>

<69>

펄스 압축은 긴 주엽 또는 주엽이 없이 전송된 펄스를 짧은 주엽을 갖는 펄스로 변환하는 것이다.

<70>

이러한 펄스 압축은 정합된 필터에 의해 이루어질 수 있는데, 이때의 임펄스 " $h(t) = m^*(-t)$ "이며, 전송된 펄스는 확장 펄스가 된다. 한편, 정합 필터의 출력 펄스는 압축 펄스로 정의되며 다음의 수학식 9와 같이 표시할 수 있다.

수학식 9

$$\begin{aligned} p(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) m(t-\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} m^*(-\tau) m(t-\tau) d\tau \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{\tau}{T}\right) e^{j(2\pi f_0 \tau - \pi \mu \tau^2)} \text{rect}\left(\frac{t-\tau}{T}\right) e^{j[2\pi f_0 (t-\tau) + \pi \mu (t-\tau)^2]} d\tau \\ &= T e^{j2\pi f_0 t} \text{sinc}\left(T \mu t \left(1 - \frac{|t|}{T}\right)\right) \left(1 - \frac{|t|}{T}\right) \quad -T \leq t \leq T \end{aligned}$$

<71>

<72>

따라서, 정합 펄스의 출력은 아래의 수학식 10과 같이 표시할 수 있다.

수학식 10

$$y(t) = T \cos(2\pi f_0 t) \text{sinc}\left(T \mu t \left(1 - \frac{|t|}{T}\right)\right) \left(1 - \frac{|t|}{T}\right)$$

<73>

<74>

신호는 유한한 길이를 가지고 있기 때문에 출력 결과는 부엽 특성을 보이게 된다. 이것은 대략 직각 LFM으로 정합된 필터 출력이 사인파(sine)와 유사한 거리 응답을 만들어내기 때문이다.

<75>

선형 Chirp 파형에서 부엽의 영향을 감소시키기 위해서 2가지 방법을 이용할 수 있다. 여기서, 2가지 방법은 수신 주파수 응답을 정형화하는 방법과 파형 스펙트럼을 정형화하는 방법이다.

<76>

본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 펄스의 주파수 응답 부엽을 줄이기 위하여 임펄스 응답에 창(Window) 함수를 적용하며, 특히 주파수 측면에서 수신기 주파수 응답을 창으로 제한하는 방식을 적용한다.

<77>

이를 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 거리측정 시스템의 도 2에 도시된 바와 같이, 수신기측의 구성에 일련의 창 함수를 발생시키는 창함수 발생기(40)를 구비한다.

<78>

정합필터 주파수 응답은 $H(f) = C^*(f)$ 이며, 여기서 창함수 발생기(40)로부터의 일련의 창 함수 $W(f)$ 와 $H(f)$ 를 곱하면, 수정된 주파수 응답 $H'(f)$ 를 얻을 수 있다. 즉, 입력된 주파수의 측면에서 볼 때 창 함수의 가중치를 주는 것이다.

<79>

도 3a 및 도 3b는 선형 Chirp 주파수 응답의 Hanning 가중치를 나타내는 파형도로써, 도 3a는 정합 필터 주파수 응답 상에 중첩된 Hanning 창의 함수를 나타낸 도면이고, 도 3b는 임펄스 응답 $h'(t)$ 을 나타낸 도면이다.

<80>

본 발명에서 제안한 3가지의 창 중에서 먼저, Hanning 창은 코사인 군 창의 특수한 경우로서 $\cos^a(kT)$ 의 형태를 가진다. 여기서, " a "는 창의 유형을 정의할 수 있는 정수를 의미하며, $a=2$ 이면, Hanning 창으로 정의할 수 있으며, 아래의 수학식 11과 같이 표시할 수 있다.

수학식 11

$$W_{\text{hanning}}(v) = \rho + (1 - \rho) \cos(2\pi v / B)$$

<81>

<82>

여기서, " v "는 수신기의 중심 주파수로부터의 편이이고, " B "는 앞에서 설명한 대역폭, $\rho=0.5$ 이다.

<83> UWB 신호가 창 중심에 놓여지지 않을 경우 신호의 감쇄가 발생되고, 이로 인해 시스템 성능이 저하될 수 있으므로 시스템의 정확성을 향상시키기 위해서는 UWB 신호가 창 중심에 놓여져야 한다.

<84> 상기 수학적 식 11의 $W_{\text{hanning}}(v)$ 로 Hanning 창 함수의 가중치를 부가하면 정합필터 $y(t)$ 의 출력은 다음의 수학적 식 12와 같이 변화된다.

수학적 식 12

$$y_w(t) = \rho y(t) + \frac{1}{2}(1-\rho)y\left(\tau - \frac{1}{TB}\right)e^{\frac{i2\pi f_0}{B}} + \frac{1}{2}(1-\rho)y\left(\tau + \frac{1}{TB}\right)e^{\frac{i2\pi f_0}{B}}$$

<85>

<86> 다음으로, Blackman 창은 푸리에 변환 분석 안에서 누출을 줄이기 위해 시간 측면에 적용되는 가중치로 나타낼 수 있으며, 아래의 수학적 식 13과 같이 표시될 수 있다.

수학적 식 13

$$W_{\text{Blackman}}(v) = 0.42 + 0.5 \cos(2\pi v / B) + 0.08 \cos(4\pi v / B)$$

<87>

<88> 직사각형의 창을 선택하면 창 가장자리에서 0에서 1로의 급격한 천이가 발생된다. 이러한 급격한 천이를 방지하기 위해 Bartlett 창을 이용할 수 있다.

<89> 이러한, Bartlett 창은 아래의 수학적 식 14와 같이 표시될 수 있다.

수학적 식 14

$$W_{\text{Bartlett}}(v) = \frac{2}{B} \left(\frac{B}{2} - \left| v - \frac{B}{2} \right| \right)$$

<90>

<91> 위에서 설명한 3가지의 창 개념을 이용한 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템과 선형 파형을 이용한 종래 기술과의 성능을 비교하기 위하여 아래의 표1과 같은 조건하에서 실험을 실시하였다.

표 1

<92>

측정횟수	100,000
Chirp 파형 1개의 길이(T_s)	10[ns]
Chirp 파형 개수 / bit(N_s)	8
가용한 대역폭	3.10~10.60[GHz]
NBI의 중심 주파수(f_i)	5.30[GHz]
가중치(창) 함수	Hanning, Blackman, Bartlett
채널 모드	AWGN

<93> 상기 표1에 개시된 실험은 거리측정 시스템의 거리측정 오차를 평가하기 위한 실험이다. 이러한, 실험을 통해 얻어진 펄스압축 출력은 도 4a 내지 도 4d에 도시하였다. 여기서, 도 4a는 창 함수의 가중치 없이 압축된 Chirp 파형을 나타내는 도면이고, 도 4b는 Hanning 창 함수, 도 4c는 Blackman 창 함수, 도 4d는 Bartlett 창 함수의 가중치가 부여된 Chirp 파형을 나타내는 도면이다.

<94> 도 4a에 도시된 창 함수의 가중치가 없이 압축된 Chirp 파형보다 도 4b 내지 도 4d에 도시된 바와 같이, Hanning, Blackman, Bartlett 등의 일련의 창 함수의 가중치가 부여된 Chirp 파형을 이용한 시스템에서 정합필터 출력의 부엽을 종래 기술보다 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

<95> 앞에서 설명한 바와 같이, 부엽은 주엽을 제외한 기타의 지향특성을 의미하며, 통신에서 간섭이나 잡음과 같은 부정적인 영향을 미치는 요소이다. 이러한 부엽의 증가는 개별 주파수 구성요소 사이를 구별하는데 문제를 일으킬 수 있다.

<96> 상기 표1의 조건으로 실험을 실시하여 선형 Chirp 파형과 창으로 제한하는 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리

측정 시스템의 거리측정 오율을 도 5 및 도 6에 도시하였다. 여기서, 도 5는 거리측정 오율을 E_b/N_0 , $SIR = -30\text{dB}$ 로 나타낸 것이고, 도 6은 거리측정 오율을 E_b/N_0 , $SIR = 15\text{dB}$ 로 나타낸 것이다.

<97> 이러한 실험 결과를 통해 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템이 도 5 및 도 6과 같이 간섭 전력이 상이한 경우에 모두 BER 값이 하한에 도달됨을 알 수 있다.

<98> 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템은 선형 Chirp 파형에 Hanning, Blackman, Bartlett 등의 일련의 창 함수의 가중치를 부가하여 통신 시스템에서 정합필터 출력의 부엽을 감소시키고 주엽을 넓혀 차량용 레이더에서 높은 분해능을 확보시킬 수 있다. 이를 통해 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템이 광대역에서 NBI 억제 능력을 확보함으로써 통신에서 가장 중요한 간섭 및 잡음과 같은 부정적 요소를 감소시켜 통신의 정확성 및 신뢰도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

<99> 이상에서 설명한 본 발명은 상술한 실시 예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 종래의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 범위는 명세서의 상세한 설명에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허 청구의 범위에 의해 정하여져야만 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<100> 도 1은 일반적인 UWB 통신방식을 이용한 거리측정 시스템을 나타내는 구성도.

<101> 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 통신방식을 이용한 거리측정 시스템의 수신기측 구성도.

<102> 도 3a 및 도 3b는 선형 Chirp 주파수 응답의 Hanning 가중치를 나타내는 파형도.

<103> 도 4a는 창 함수의 가중치 없이 압축된 Chirp 파형을 나타내는 도면.

<104> 도 4b는 Hanning 창 함수의 가중치가 부여된 Chirp 파형을 나타내는 도면.

<105> 도 4c는 Blackman 창 함수의 가중치가 부여된 Chirp 파형을 나타내는 도면.

<106> 도 4d는 Bartlett 창 함수의 가중치가 부여된 Chirp 파형을 나타내는 도면.

<107> 도 5 및 도 6은 선형 Chirp 파형과 창으로 제한하는 본 발명의 실시 예에 따른 UWB 거리측정 시스템의 거리측정 오율을 나타내는 도면.

<108> <도면 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<109> 10 : 송신 안테나

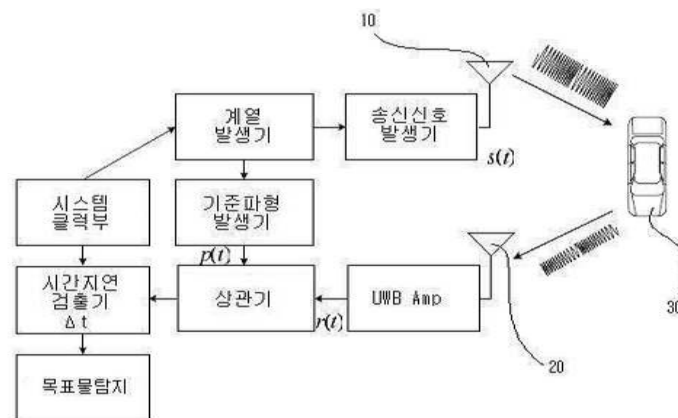
20 : 수신 안테나

<110> 30 : 목표물

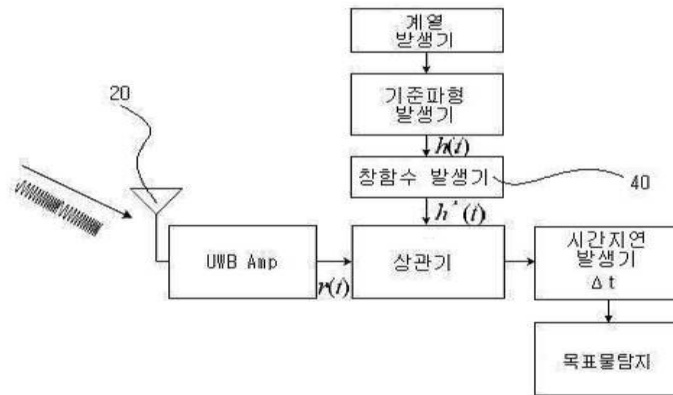
40 : 창함수 발생기

도면

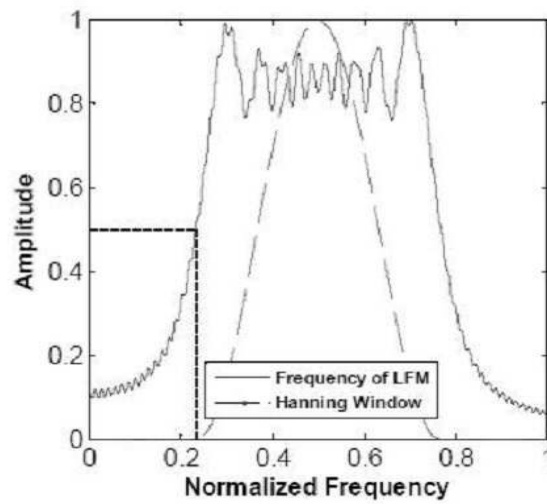
도면1



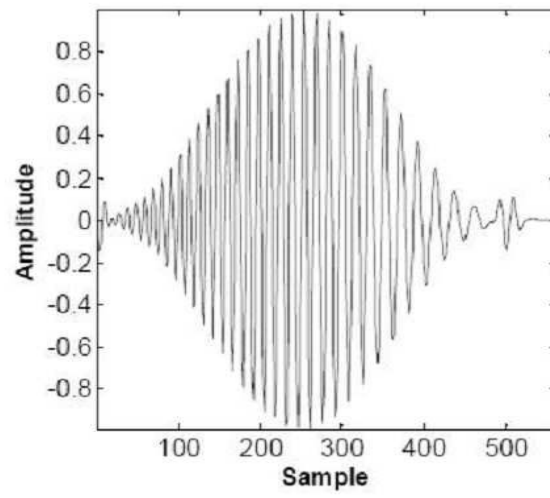
도면2



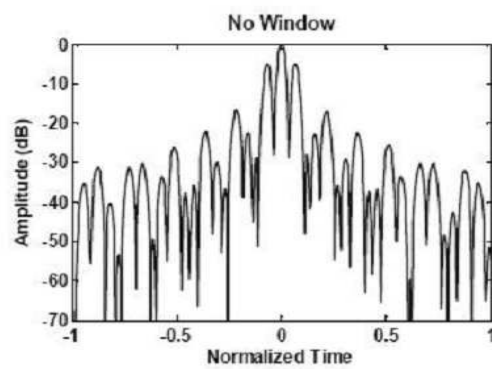
도면3a



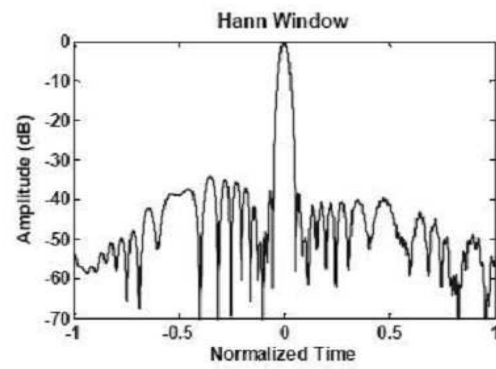
도면3b



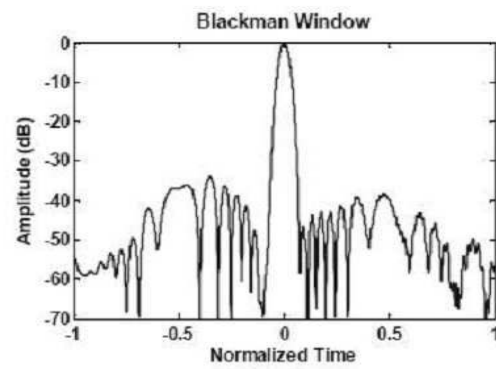
도면4a



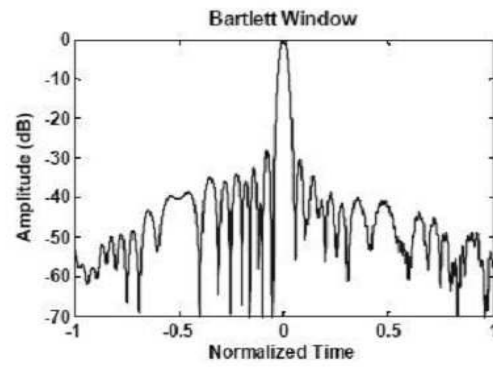
도면4b



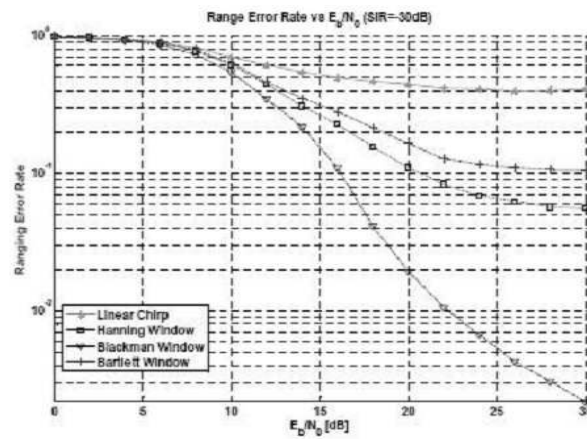
도면4c



도면4d



도면5



거리측정 오율 대비 E_b/N_0 , SIR=-30dB.

도면6

