



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월23일
(11) 등록번호 10-2159350
(24) 등록일자 2020년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/527 (2006.01) G01S 15/04 (2006.01)
G01S 15/88 (2020.01) G01S 15/93 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2013-0143808
(22) 출원일자 2013년11월25일
심사청구일자 2018년11월19일
(65) 공개번호 10-2015-0059983
(43) 공개일자 2015년06월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP08054463 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
현대모비스 주식회사
서울특별시 강남구 테헤란로 203 (역삼동)
(72) 발명자
이재영
경기 용인시 처인구 중부대로1158번길 12, 201동
1504호 (삼가동, 늘푸른아파트)
(74) 대리인
특허법인지명

전체 청구항 수 : 총 6 항

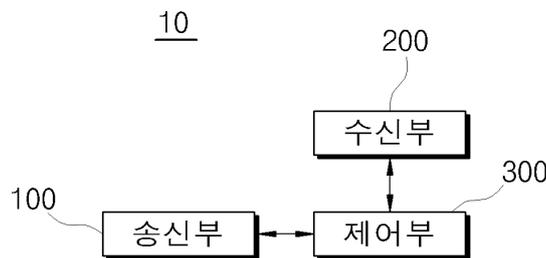
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 특정 주파수 대역에서 초음파의 송신 신호를 생성 및 송신하는 송신부, 송신된 상기 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 수신부, 및 다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역의 각 대역별로 다수의 제1 필터 및 저역 통과 필터를 통해 상기 반사 신호를 신호 처리하여 물체의 존재 여부를 판단하는 제어부를 포함하는 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

JP10246775 A*

JP2006275828 A*

KR1019960032230 A*

KR1019990002998 A*

KR1019990004510 A*

JP63029280 A*

JP04231889 A*

JP06230119 A*

JP1998246775 A*

JP1996054463 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

특정 주파수 대역에서 초음파의 송신 신호를 생성 및 송신하는 송신부;

송신된 상기 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 수신부; 및

다수의 제1 필터 및 저역 통과 필터를 통해, 다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역의 각 대역별로 병렬 신호 처리를 수행하여 물체의 존재 여부를 판단하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 가장 큰 반사 신호가 감지된 감지 대역만을 신호 처리하는 제2 필터를 포함하고, 상기 신호 처리 결과 임계값 이상의 반사 신호가 감지된 감지 대역이 다수 인식된 경우, 상기 제2 필터를 통해 가장 큰 반사 신호가 감지된 감지 대역만을 신호 처리하여 상기 물체의 존재 여부를 판단하는 것인 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다수의 제1 필터는 품질 계수(Quality Factor)는 같되, 서로 다른 대역을 통과시키는 다수의 대역 통과 필터인 것인 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 다수의 대역 각각에 대응하여 상기 다수의 제1 필터 각각과 상기 저역 통과 필터가 시분할 형태로 구성되며,

상기 제어부는 상기 다수의 제1 필터를 통과한 상기 다수의 대역 각각을 하나의 저역 통과 필터를 통과시켜 상기 신호 처리의 동작을 수행하는 것인 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 다수의 제1 필터는 서로 다른 대역을 통과시키는 다수의 대역 통과 필터이고, 상기 제2 필터는 동적 대역 통과 필터이며, 상기 제2 필터는 상기 제1 필터에 비해 높은 복잡도를 갖는 것인 차량용 초음파 센서 감지 성능 향상 장치.

청구항 7

차량용 초음파 센서 감지 성능 향상 장치에 의한 감지 성능 향상 방법으로서,

특정 주파수 대역에서 초음파의 송신 신호를 송신 및 상기 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 단계;

다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역의 각 대역에서 임계값 이상의 반사 신호가 감지된 감지 대역을 인식하는 단계; 및

인식된 상기 감지 대역을 신호 처리하여 물체의 존재 여부를 판단하는 단계;를 포함하고,

상기 판단하는 단계는 상기 감지 대역의 정보를 이용하여 동적 대역 통과 필터의 계수값을 변경하고, 상기 계수 값이 변경된 상기 동적 대역 통과 필터를 통해 상기 감지 대역을 신호 처리하여 상기 물체의 존재 여부를 판단 하는 단계를 포함하는 것인 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 인식하는 단계는

상기 다수의 대역 각각에 대응하여 구성된 다수의 대역 통과 필터 각각과 다수의 저역 통과 필터를 통해 상기 반사 신호를 처리하며, 처리 결과 가장 큰 반사 신호가 감지된 대역을 상기 감지 대역으로 인식하는 단계를 포함하는 것인 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 방법.

청구항 9

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량용 초음파 센서에 관한 것으로, 특히 차량용 초음파 센서의 감지 성능을 향상시키는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 차량용 주차 보조 시스템은 초음파 센서를 사용하여 사람의 귀에 들리지 않는 20kHz ~ 100kHz 사이의 초음파를 송신 한 후, 수신된 신호 중 임계값(Threshold) 이상의 신호를 물체로 판단하여 주변 장애물의 거리 정보를 제공한다. 차량용 주차 보조 시스템의 초음파 센서의 구체적인 구조는 도 1과 같다. 초음파 신호는 거리에 비례하여 작아지므로 원거리의 작은 신호로부터 장애물 존재 유무를 판단하기 위해서는 높은 증폭 이득이 필요하다. 하지만, 차량용 주차 보조 시스템의 초음파 센서는 가청 주파수와 근접한 주파수를 사용하므로, 일반 환경에서 발생하는 소리의 고조파 성분 또한 증폭기(Amplifier)의 높은 증폭 이득에 의하여 작은 신호처럼 나타난다. 이러한 잡음 성분을 제거하기 위해 차량용 주차 보조 시스템은 센서의 중심 주파수에 근접한 신호만 통과시키는 대역 통과 필터(Band Pass Filter)를 사용한다. 차량용 주차 보조 시스템은 대역 통과된 신호를 임계값과 비교(Comparator)하기 위하여 포락선(Envelope) 검출한다. 임계값보다 큰 신호가 있을 경우, 차량용 주차 보조 시스템은 초음파 송신 시점부터 경과된 시간을 계산하여 초음파가 대상체에 반사되어 돌아온 시간(Time of Flight)을 계산한다.

[0003] 이러한 차량용 주차 보조 시스템의 초음파 센서는 차량 주차시 보조하기 위해 설계되었다. 즉, 주차 환경에서 차량의 속도(v)는 30km/h이하의 저속이므로, 58kHz의 중심 주파수(f0)를 사용하는 초음파 센서의 경우 최대 주파수 편이는 수학적 1를 통해 ±3.32kHz로 구해진다.

수학적 1

$$DopplerFrequency = f_o(1 \pm 2v/c)$$

[0004]

[0005] 여기서 c는 상온에서 공기 중 음파의 속도로 340m/s이다. 따라서, 차량의 속도가 35km/h 이하의 정적인 상황에서 사용되는 차량용 주차 보조 시스템용 초음파 센서는 54.6kHz~61.41kHz를 통과시키는 Q = 8.5의 대역 통과 필터를 사용하여 최대 신호대 잡음비(Signal to Noise Ratio)를 제공한다.

[0006] 최근 들어, 차량용 주차 보조 시스템용 초음파 센서를 운전자의 편의와 안전을 위해 사각 지역 감지(Blind Spot Detection, BSD) 시스템, 외부 에어백 제어(External Airbag Control, EAB) 시스템 등과 같은 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)의 능동 제어용 센서로 사용하려는 시도가 진행되고 있다.

[0007] 그러나, 이러한 ADAS 응용 분야의 경우, 차량의 일반적인 주행 환경(0km/h ~ 100km/h)에서 동작해야 한다. 예

를 들어, 상대 속도가 가장 극단적인 ADAS인 EAB 시스템의 경우, 정지한 물체와 차량의 속도가 100km/h까지 차이가 날 수 있다. 이는 차량의 속도가 250km/h이더라도 카메라와 레이더의 퓨전 시스템에 의한 속도 제어에 의하여 초음파가 감지되는 초근거리에서 차량의 속도는 100km/h를 넘지 않는다고 가정한 경우이다. 이때의 도플러 효과에 의한 주파수 편이는 $\pm 9.48\text{kHz}$ 로, 기존과 같은 $Q = 8.5$ 의 대역 통과 필터를 사용할 경우, 수신된 신호가 필터에 의하여 감쇄되어 물체 정보를 제공할 수 없다.

[0008] 또한, 기존 시스템에서 상대 속도 100km/h의 도플러 신호를 감지하기 위하여 $Q = 3.1$ 의 대역 통과 필터를 사용할 경우에는 바람 등에 의한 가청 주파수 신호의 고조파 성분에 의한 잡음으로 신호대 잡음비가 낮아져서 시스템이 간헐적 오감지 또는 미감지할 가능성이 높다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 차량 주차시뿐만 아니라 주행시 상대 속도가 높은 물체를 감지할 수 있도록 하는 기술적 방안을 제공함을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 전술한 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 양상에 따른 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치는 특정 주파수 대역에서 초음파의 송신 신호를 생성 및 송신하는 송신부, 송신된 상기 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 수신부 및 다수의 제1 필터 및 저역 통과 필터를 통해, 다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역의 각 대역별로 병렬 신호 처리를 수행하여 물체의 존재 여부를 판단하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 가장 큰 반사 신호가 감지된 감지 대역만을 신호 처리하는 제2 필터를 포함하고, 상기 신호 처리 결과 임계값 이상의 반사 신호가 감지된 감지 대역이 다수 인식된 경우, 상기 제2 필터를 통해 가장 큰 반사 신호가 감지된 감지 대역만을 신호 처리하여 상기 물체의 존재 여부를 판단한다.

[0011] 여기서, 상기 다수의 제1 필터는 품질 계수(Quality Factor)는 같되, 서로 다른 대역을 통과시키는 다수의 대역 통과 필터이다.

[0012] 삭제

[0013] 나아가, 상기 다수의 대역 각각에 대응하여 상기 다수의 제1 필터 각각과 상기 저역 통과 필터가 시분할 형태로 구성되며, 상기 제어부는 상기 다수의 제1 필터를 통과한 상기 다수의 대역 각각을 하나의 저역 통과 필터를 통과시켜 상기 신호 처리의 동작을 수행한다.

[0014] 또한, 상기 다수의 제1 필터는 서로 다른 대역을 통과시키는 다수의 대역 통과 필터이고, 상기 제2 필터는 동적 대역 통과 필터이며, 상기 제2 필터는 상기 제1 필터에 비해 높은 복잡도를 갖는다.

[0015] 한편, 전술한 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 양상에 따른 차량용 초음파 센서 감지 성능 향상 장치에 의한 감지 성능 향상 방법은 특정 주파수 대역에서 초음파의 송신 신호를 송신 및 상기 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 단계, 다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역의 각 대역에서 임계값 이상의 반사 신호가 감지된 감지 대역을 인식하는 단계 및 인식된 상기 감지 대역을 신호 처리하여 물체의 존재 여부를 판단하는 단계를 포함하고, 상기 판단하는 단계는 상기 감지 대역의 정보를 이용하여 동적 대역 통과 필터의 계수값을 변경하고, 상기 계수값이 변경된 상기 동적 대역 통과 필터를 통해 상기 감지 대역을 신호 처리하여 상기 물체의 존재 여부를 판단한다.

[0016] 상기 인식하는 단계는 상기 다수의 대역 각각에 대응하여 구성된 다수의 대역 통과 필터 각각과 다수의 저역 통과 필터를 통해 상기 반사 신호를 처리하며, 처리 결과 가장 큰 반사 신호가 감지된 대역을 상기 감지 대역으로 인식하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은 다수의 대역 통과 필터를 병렬 형태로 구현하거나, 주파수 선택 동작을 수행함으로써, 기존의 초음파 센서와 동등한 잡음 제거 성능을 가져, 주차 환경에서뿐만 아니라 주행중인 경우에도 필터에 의한 감쇄 없이 물체를 감지하는 것이 가능하여 운전자 보조 시스템에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 기존의 초음파 센서의 구성을 나타내는 도면.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치 블록도.
- 도 3은 본 발명에 따른 다수의 주파수 대역에 따른 필터를 설명하기 위한 도면.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치의 제1 구조도.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치의 제2 구조도.
- 도 6은 본 발명에 따른 신호 처리 결과를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 전술한, 그리고 추가적인 본 발명의 양상들은 첨부된 도면을 참조하여 설명되는 바람직한 실시예들을 통하여 더욱 명백해질 것이다. 이하에서는 본 발명을 이러한 실시예를 통해 당업자가 용이하게 이해하고 재현할 수 있도록 상세히 설명하기로 한다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치 블록도이다. 도시된 바와 같이, 감지 성능 향상 장치(10)는 송신부(100), 수신부(200) 및 제어부(300)를 포함한다.
- [0021] 송신부(100)는 초음파 센서의 초음파를 발생하여 송신 신호를 송신하기 위한 구성이다. 구체적으로, 송신부(100)는 중심 주파수 f_0 의 초음파 신호를 송신 신호로 송신할 수 있다.
- [0022] 수신부(200)는 송신부(100)에서 송신한 송신 신호에 대응하여 반사되는 반사 신호를 수신하는 구성이다. 수신부(200)는 송신부(100)에서 송신한 중심 주파수 f_0 를 기준으로 $f_0(1 \pm 2V/c)$ 의 주파수 대역의 초음파 신호를 수신할 수 있다. 여기서, v 는 차량을 기준으로 물체의 상대 속도이며, 관리자 등에 의해 사전에 상대 속도의 기준 한계값(예를 들어, 100km/h)이 정해져 설정될 수 있다. 또한, c 는 상온에서 공기 중 초음파의 속도로 340m/s이다.
- [0023] 제어부(300)는 감지 성능 향상 장치(10)의 전반적인 동작을 제어하기 위한 구성이다. 일 예로, 제어부(300)는 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS) 내 별도의 모듈로 구현될 수 있다. 이때, 차량용 초음파 센서에서 송수신하는 초음파 신호는 차량용 네트워크를 통해 제어부(300)로 전달될 수 있다. 다른 예로, 제어부(300)는 송신부(100) 및 수신부(200)와 함께 차량용 초음파 센서에 단일 모듈로 구현될 수도 있다.
- [0024] 구체적으로, 제어부(300)는 제1 필터 및 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)를 이용하여 다수의 대역으로 나뉜 상기 특정 주파수 대역을 처리하여 물체의 존재 여부를 판단한다.
- [0025] 여기서, 제1 필터는 대역 통과 필터(Band Pass Filter, BPF)로서, 서로 다른 주파수 대역을 통과시키기 위해 다수개(filter 0 ~ filter N-1)일 수 있다. 나아가, 다수의 제1 필터는 품질 계수(Quality Factor, Q)가 같을 수 있다. 예를 들어, 도 3에서와 같이 특정 주파수 대역의 중심 주파수가 f_0 이고, 특정 주파수 대역 $f_0(1 \pm 2V/c)$ 이 나뉜 다수의 대역 각각의 진폭이 Δf 라고 하면, 제1 필터의 품질 계수(Q)는 $f_0/\Delta f$ 일 수 있다. 또한, 다수의 제1 필터의 개수는 수학적 2를 통해 구해질 수 있다.

수학적 2

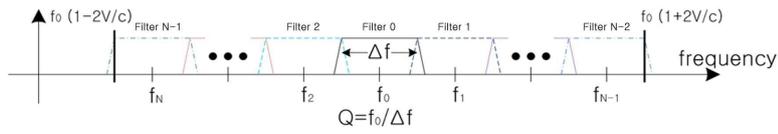
[0026]
$$N \geq \frac{4Vf_0}{cQ} = \frac{4V\Delta f}{c}$$

- [0027] 도 4에 도시된 바와 같이, 제어부(300)는 병렬 구조로 구성된 다수의 제1 필터(Filter 0 ~ Filter N-1)와 포락선 검출기(Envelope Detector)에 포함된 다수의 저역 대역 필터에 특정 주파수 대역을 통과시키고, 통과된 신호를 임계값(Threshold)과 비교(Comparator)하여 포락선 검출 동작을 수행한다. 제어부(300)는 병렬적으로 포락선 검출 동작이 수행된 다수의 검출 결과를 OR 연산을 통해 임계값 이상의 신호가 감지된 대역의 정보를 이용하여 존재 여부를 판단한다. 나아가, 물체가 존재하는 것으로 판단되면, 반사 신호가 수신된 반사 시간을 계산

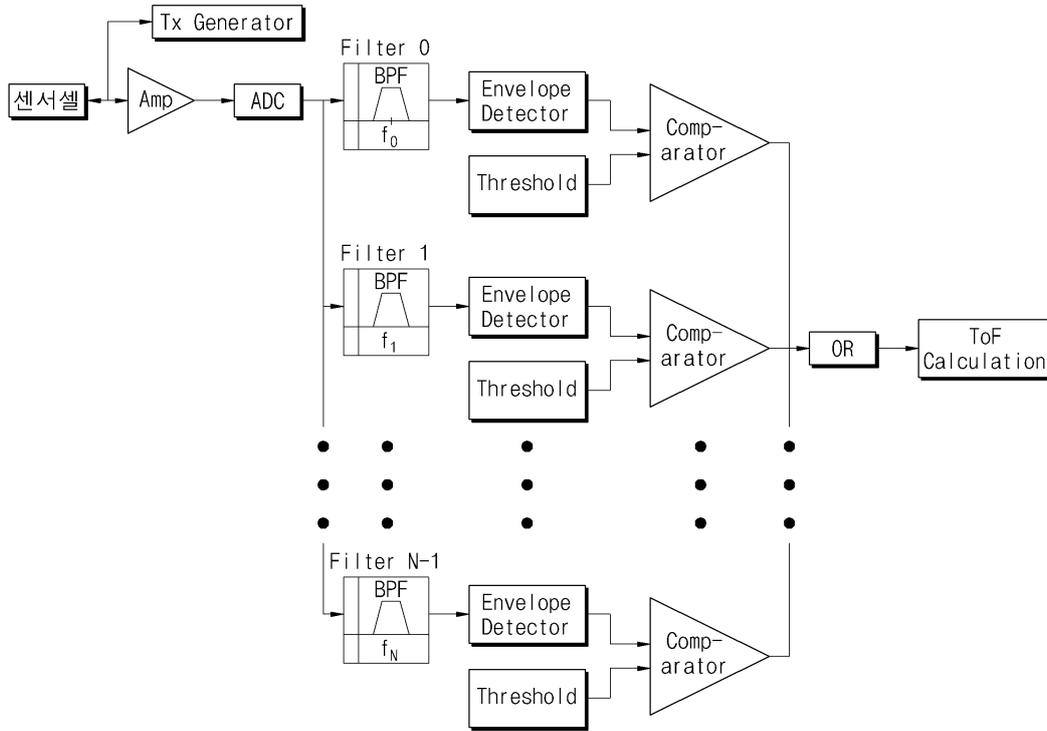
(ToF Calculation)하여 물체와의 거리를 측정한다.

- [0028] 이와 같이, 차량용 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치(10)는 동일한 품질 계수(Q) 값을 갖는 다수의 대역 통과 필터를 사용하여 수신된 반사 신호를 처리함으로써, 도플러 효과에 의하여 주파수가 변경된 신호도 신호대 잡음 비 저하 없이 처리할 수 있다.
- [0029] 이러한 방법은 반사 신호의 처리 과정이 다수의 필터의 개수(N)만큼 필요하므로 ADC(analog-digital converter) 이후의 하드웨어 복잡도가 N배 증가한다. 또한, 만약 동일 시간대에서 임계값 이상의 신호가 감지되는 감지 대역이 다수개 있는 경우 OR 연산을 통함에 따라 어느 필터를 통한 주파수 대역인지 알 수 없는 경우가 발생할 수 있다.
- [0030] 따라서, 제어부(300)는 도 5와 같이 주파수 선택 과정(Frequency Band Selection) 수행하여 하드웨어의 복잡도를 줄일 수 있다.
- [0031] 구체적으로, 제어부(300)는 주파수 대역 선택 과정에서 다수의 제1 필터 통과, 포락선 검출 과정을 수행할 수 있다. 이때, 다수의 제1 필터는 낮은 복잡도의 저성능 대역 통과 필터(BPF)이며, 다수의 제1 필터는 서로 다른 대역을 통과시키는 대역 통과 필터이다. 제어부(300)는 수신부(200)를 통해 특정 주파수 대역에서 다수의 대역을 지연(Delay) 시키면서 반사 신호를 다수의 제1 필터에 통과시킨다. 또한, 포락선 검출기(Envelope Detector)에 포함된 낮은 복잡도의 저역 대역 필터(LPF)를 이용하여 다수의 대역에 포함된 반사 신호에 대한 포락선 검출 과정을 수행할 수 있다.
- [0032] 덧붙여, 제어부(300)는 주파수 대역 선택 과정을 시분할 형태로 구성할 수도 있다. 이와 같이 시분할 형태로 구성된 경우, 저역 대역 필터는 다수 개가 아닌 하나의 저역 대역 필터가 사용될 수 있다. 즉, 하나의 저역 대역 필터를 이용하여 다수의 제1 필터 각각을 통과한 모든 대역의 신호를 처리하여 포락선 검출할 수 있다.
- [0033] 나아가, 제어부(300)는 다수의 포락선 검출 결과를 비교하여 어느 대역의 반사 신호가 가장 크지를 비교기(Comparator)를 통해 비교한다. 이와 같은 과정을 통해 제어부(300)는 가장 큰 감지 신호가 감지된 감지 대역만을 인식하여 주파수 선택 과정을 수행할 수 있다.
- [0034] 제어부(300)는 주파수 선택 과정을 통해 인식된 감지 대역의 정보를 이용하여 제2 필터의 정보를 변경하여 감지 대역의 신호를 통과시킨다. 여기서, 제2 필터는 품질 계수의 변경이 가능한 동적 대역 통과 필터(Dynamic BPF)로서, 제1 필터(대역 통과 필터)보다 높은 복잡도를 갖는 필터일 수 있다. 바람직하게, 제어부(300)는 가장 큰 감지 신호가 감지된 감지 대역의 정보를 이용하여 통과 대역을 실시간으로 변경함으로써 감쇄 없이 감지 대역의 신호를 통과시킨다. 이후, 제어부(300)는 제2 필터(동적 대역 통과 필터)를 통과한 신호를 포락선 검출 과정을 수행하여 물체의 존재 여부 및 물체와의 거리를 확인할 수 있다.
- [0035] 만약, N개의 다수의 대역에서 높은 복잡도의 대역 통과 필터 및 저역 통과 필터는 31차 FIR(Finite Impulse Respose) 필터를 사용하며, 낮은 복잡도의 대역 통과 필터는 3차 butterworth를 사용할 경우, 필요한 곱셈기의 수는 다음과 같을 수 있다. 즉, 도 4에서와 같이 병렬 형태 구성의 대역 통과 필터를 사용한 경우의 곱셈기의 수는 $32 \times 2 \times N$ 일 수 있으며, 도 5에서와 같이 주파수 선택의 경우는 $2 \times 2 \times N + 32 + 32$, 시분할 형태의 주파수 선택의 경우는 $2 \times N + 2 + 32 + 32$ 로, 각 경우에 대한 복잡도를 확인할 수 있다.
- [0036] 이와 같이, 도 5의 구성을 갖는 초음파 센서의 감지 성능 향상 장치(10)는 낮은 복잡도의 다수개의 대역 통과 필터 및 하나의 저역 통과 필터만을 사용하여 반사 신호가 있는 대역을 선택(인식) 한 후, 반사 신호가 있는 대역만을 높은 복잡도의 동적 대역 통과 필터를 사용하여 신호를 처리함으로써, 도 4의 구성에 비해 하드웨어의 복잡도가 줄어든다.
- [0037] 구체적인 예를 들어 설명하면, 2m에서 100km/h로 가까워지는 물체에 대한 처리 결과는 그림 6과 같을 수 있다. 여기서, 도 6의 (a)의 그래프는 도 5와 같이 주파수 대역 선택 과정에서 저성능 필터를 사용한 포락선 검출 결과이다.
- [0038] 이때, 송신부(100)를 통해 송신된 송신 신호의 송신 주파수는 58kHz이며, $\Delta f = 7\text{kHz}$, 그리고 $N = 3$ 이다. 또한, 100km/h로 근접할 때 도플러 효과에 의하여 반사 신호의 주파수는 67.5kHz이다. 따라서, 기존의 차량용 주차 보조 시스템용 초음파 센서의 경우 54.5kHz ~ 61.5kHz만 통과시키는 대역 통과 필터를 사용하므로, 도 6의 (b)의 청색선 그래프와 같이 신호가 감쇄 된다. 이러한 경우, 물체를 인식하는 임계값이 0.6으로 설정되어 있다면, 기존의 초음파 센서는 물체를 인식할 수 없다.
- [0039] 그러나, 도 4와 같이 N개의 병렬 형태로 구성된 필터를 사용하는 방법과 도 5와 같이 주파수 선택 방법 과정을

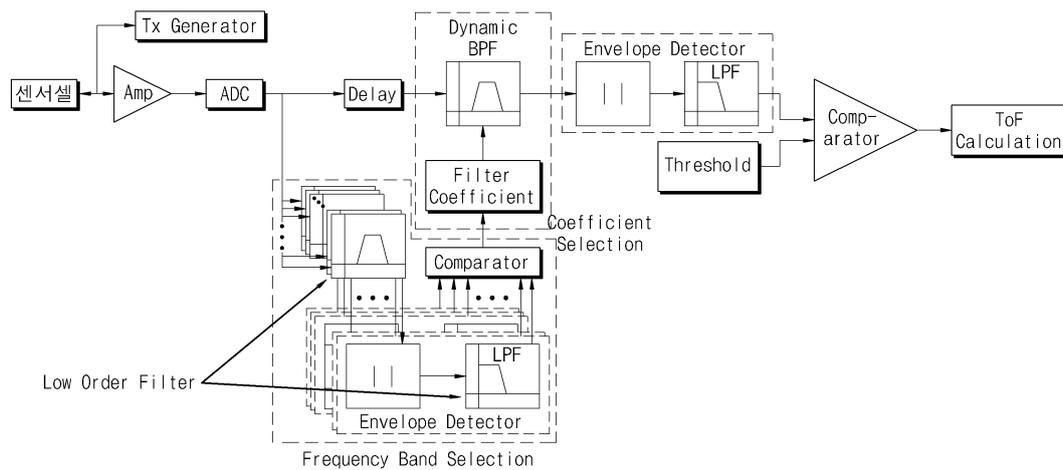
도면3



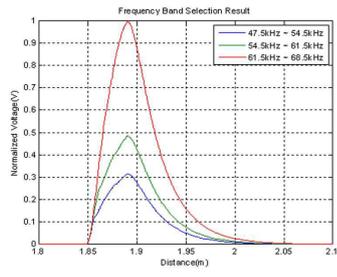
도면4



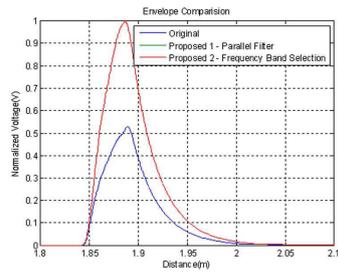
도면5



도면6



(a)



(b)