



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월29일
(11) 등록번호 10-1401889
(24) 등록일자 2014년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/02 (2006.01) G01L 9/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0000316
(22) 출원일자 2013년01월02일
심사청구일자 2013년01월02일
(56) 선행기술조사문헌
US20110124290 A1*
황석승 외 2인; Beamforming을 이용한 TPMS 간섭
제거, 한국전자통신학회 논문지 제6권 제2호,
pages: 180-185, 2011.4.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
황석승
광주광역시 광산구 장덕로6번길 35, 105동 1701
호(장덕동, 수완진흥더루벤스아파트)
김성민
광주광역시 동구 중흥로213번길 16-18, 201호(계
림동, 금호그린빌라)
박철
광주광역시 북구 우치로303번길 40-13 (오치동)
(74) 대리인
특허법인 에이치애플

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이정수

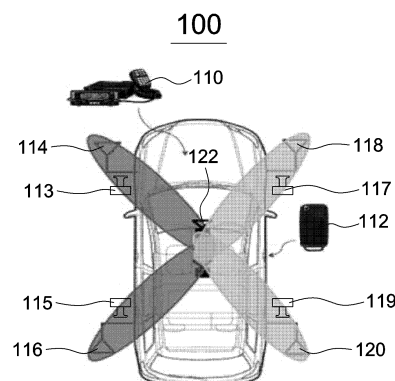
(54) 발명의 명칭 TPMS에서 신호 처리 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명에 적용된 TPMS는 SINR의 특정 임계값보다 큰 경우에는 복잡도가 매우 낮은 스위칭 빔 형성기 모드로 하이브리드 빔 형성기가 작동되고, 상기 스위칭 빔 형성기 출력의 SINR이 임계값보다 낮아지는 경우 간섭에 의한 정확한 데이터 수신율이 낮아지므로 복잡도는 높지만 원하는 방향으로 빔을 형성하고 간섭이 수신되는 방향으로 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화하는 MVDR 빔 형성기를 사용하여 TPMS 무선통신 시 외부의 각종 전기 및 전자 장치에 의한 간섭신호를 제거하고자 한다.

이를 위해 본 발명은 TPMS의 신호 처리 방법에 있어서, TPMS 센서부에서 오브젝트의 기설정된 항목별 특정 이벤트를 모니터링하는 과정과, 오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나를 통해 상기 TPMS 센서부의 모니터링 결과 데이터를 무선 채널을 이용하여 기설정된 커버리지 영역 내 TPMS 리시버로 송신하는 과정과, 기설정된 모드에 따라 상기 오브젝트별 안테나로부터 수신된 데이터 신호의 빔을 조정하고 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하는 과정과, 상기 측정된 SINR을 기설정된 임계값과 비교하는 과정과, 상기 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호의 분석을 수행하고, 상기 분석된 결과를 표시하는 과정을 포함하여 TPMS 신호의 데이터 전송을 방해하는 간섭들을 제거하기 위해 AOA 벡터 기반의 스위칭 빔 형성기와 MVDR 빔 형성기를 SINR 값에 따라 선택적으로 사용하는 하이브리드 빔 형성기를 제안함으로써 안테나 기반의TPMS에서 SINR의 크기에 따라 빔 형성 모드를 적응적으로 스위칭하여 간섭 제거 성능 및 복잡도 효율을 극대화시켜 보다 신뢰적인 데이터를 사용자에게 제공 가능할 뿐만 아니라, 타이어별 고유의 골드 코드(gold code)를 부여함으로써 TPMS의 전력소모를 감소시키는 기술을 제공한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012-0008837
부처명	교육과학기술부
연구사업명	기초연구실용성사업
연구과제명	스마트 그린 건설기술 개발 및 실용화
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2016.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2011-0024811
부처명	교육과학기술부
연구사업명	일반연구자지원사업
연구과제명	이동로봇을 위한 하이브리드 위치추정 수신기 연구
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2016.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

TPMS에서 신호 처리 방법에 있어서,

TPMS 센서부에서 오브젝트의 기설정된 항목별 특정 이벤트를 모니터링하는 과정과,

오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나를 통해 상기 TPMS 센서부의 모니터링 결과 데이터를 무선 채널을 이용하여 기설정된 커버리지 영역 내 TPMS 리시버로 송신하는 과정과,

기설정된 모드에 따라 상기 오브젝트별 안테나로부터 수신된 데이터 신호의 빔을 조정하고 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하는 과정과,

상기 측정된 SINR을 기설정된 임계값과 비교하는 과정과,

상기 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호의 분석을 수행하고, 상기 분석된 결과를 표시하는 과정을 포함하고,

상기 기설정된 모드는,

하기의 수학식과 같은 AOA(angle of arrival) 벡터에 기반한 스위칭 빔 형성 가중치 벡터의 식을 통해 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔을 조정하는 스위칭 빔 형성 모드이고,

$$\mathbf{w}_i = \frac{\mathbf{a}_i(\phi)}{\sqrt{\mathbf{a}_i^H(\phi)\mathbf{a}_i(\phi)}}$$

상기 기설정된 모드의 전환 여부를 결정하는 과정은,

상기 비교 결과, 상기 SINR이 기설정된 임계값 이상인 경우 기설정된 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 분석 결과를 사용자에게 표시하고, 이하인 경우 상기 기설정된 모드를 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 전환하여 상기 MVDR 빔 형성 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 분석 결과를 사용자에게 표시하고,

상기 오브젝트간 간섭을 제거하고, 데이터 신호를 균일하게 분포하기 위해 오브젝트별 골드 코드(gold code)를 부여하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 MVDR 빔 형성 모드에서는,

하기의 수학식과 같은 자기 상관 행렬을 이용하여 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔

형성 가중치 벡터를 산출하고, 상기 산출된 가중치 벡터는 $\mathbf{w}_{MVDR} = [\mathbf{a}_i^H(\phi)\mathbf{R}_i^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)]^{-1}\mathbf{R}_i^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)$ 형태임을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

$$\min \mathbf{w}^H \mathbf{R}_i \mathbf{w} \text{ subject to } \mathbf{a}_i^H \mathbf{w} = 1$$

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 가중치 벡터는,

소정 오브젝트에 대하여 '1'의 크기를 가지는 빔 벡터를 형성하여 원하는 방향으로 빔을 형성하고, 간섭들에 대해서는 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 결정하여 분석된 데이터 신호는,

하기의 수학식을 통해 출력되고, $\mathbf{w}$ 는 현재 모드에 대응하는 가중치 벡터를 사용함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

$$u_i(k) = \mathbf{w}_i^H \mathbf{z}(k)$$

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 오브젝트의 기설정된 항목별 특정 이벤트는,

골드 코드로 소정의 길이를 가지는 타이어의 온도 및 압력을 포함하는 타이어 상태 정보별 임계치 이상의 값이고,

상기 오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나는 차량의 타이어별 각각 대응되는 송신 안테나임을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 TPMS 리시버는,

적어도 둘 이상의 서빙 안테나가 커버리지 영역 내 인접 안테나와 교신하며, 차량의 소정 영역에 기설정된 간격으로 일렬로 배치됨을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 방법.

청구항 10

TPMS에서 신호 처리 장치에 있어서,

하기 제어부의 제어 하에 오브젝트별 송신 안테나에서 수신된 신호를 디지털 신호로 변환하고, 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 A/D 변환부와,

기설정된 모드에 따라 상기 A/D 변환부로부터 출력된 신호의 빔을 조정하고 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하여 기설정된 임계값과 비교하여 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호를 분석하는 제어부와,

상기 제어부로부터 출력된 데이터 신호의 분석 결과를 표시하는 표시부를 포함하고,

상기 기설정된 모드는,

하기의 수학식과 같은 AOA(angle of arrival) 벡터에 기반한 스위칭 빔 형성 가중치 벡터의 식을 통해 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔을 조정하는 스위칭 빔 형성 모드이고,

$$\mathbf{w}_i = \frac{\mathbf{a}_i(\phi)}{\sqrt{\mathbf{a}_i^H(\phi) \mathbf{a}_i(\phi)}}$$

상기 제어부는,

상기 비교 결과, 상기 SINR이 기설정된 임계값 이상인 경우 기설정된 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 분석 결과를 사용자에게 표시하고, 이하인 경우 상기 기설정된 모드를 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 전환하여 상기 MVDR 빔 형성 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 분석 결과를 사용자에게 표시하고,

상기 제어부는,

상기 오브젝트간 간섭을 제거하고, 데이터 신호를 균일하게 분포하기 위해 오브젝트별 골드 코드(gold code)를 부여함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 MVDR 빔 형성 모드에서는,

하기의 수학식과 같은 자기 상관 행렬을 이용하여 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔 형성 가중치 벡터를 산출하고, 상기 산출된 가중치 벡터는 $\mathbf{w}_{MVDR} = [\mathbf{a}^H(\phi)\mathbf{R}_s^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)]^{-1}\mathbf{R}_s^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)$ 형태임을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 장치.

$$\min \mathbf{w}^H \mathbf{R}_s \mathbf{w} \text{ subject to } \mathbf{a}_i^H \mathbf{w} = 1$$

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 가중치 벡터는,

소정 오브젝트에 대하여 '1'의 크기를 가지는 빔 팩터를 형성하여 원하는 방향으로 빔을 형성하고, 간섭들에 대해서는 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 장치.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 제어부는,

기설정된 모드의 전환 여부를 결정하여 출력된 데이터 신호는, 하기의 수학식을 통해 출력되고, $\mathbf{w}$ 는 현재 모드에 대응하는 가중치 벡터를 사용함을 특징으로 하는 TPMS에서 신호 처리 장치.

$$u_i(k) = \mathbf{w}_i^H \mathbf{z}(k)$$

청구항 16

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 송수신 성능이 개선된 TPMS(Tire Pressure Monitoring System)에 관한 것이다.

배경기술

[0002] TPMS(Tire Pressure Measuring System)은 타이어에 구비된 TPMS 센서에서 보내주는 타이어 압력 및 온도 데이터를 리시버 측에서 무선으로 수신하여 처리 후 타이어의 상태 정보에 따라 운전자에게 경보를 해주는 시스템이다. TPMS 기술의 양산차 적용이 확대되고 있으며 북미의 경우 TPMS 적용이 법규로 의무화되어 있는 실정이다. 이러한 TPMS에 있어서, 데이터를 얼마나 잘 송신하고 수신할 수 있는가 하는 무선통신 부분은 핵심적인 기술 사항이라고 할 수 있다. TPMS 개발에 있어서 만약 무선 송수신 성능이 기준 대비 떨어지게 된다면 확률적으로 타이어 경고등 점등에 오류가 발생할 것이고, 이는 운전자에게 혼란을 주게 되는 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 따라서 본 발명은 송신 안테나를 통해 타이어의 상태 정보 데이터 전송 시 외부의 각종 전자기기 및 타이어간 간섭신호로 인해 신호의 왜곡을 방지하기 위하여 타이어로부터 수신된 수신 신호를 스위칭 빔 형성기를 이용하여 필터링하여 간섭과 잡음을 완화하고, 이를 통해 출력된 신호의 SINR을 측정하여 미리 설정된 임계치 값과의 비교를 통해 임계치 값 이상 혹은 미만에 따라 스위칭 빔 형성 모드 혹은 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 선택적으로 전환하여 데이터를 분석함으로써 신뢰성 강한 타이어 상태 데이터를 사용자에게 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 견지에 따르면, TPMS에서 신호 처리 방법에 있어서, TPMS 센서부에서 오브젝트의 기설정된 항목별 특정 이벤트를 모니터링하는 과정과, 오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나를 통해 상기 TPMS 센서부의 모니터링 결과 데이터를 무선 채널을 이용하여 기설정된 커버리지 영역 내 TPMS 리시버로 송신하는 과정과, 기설정된 모드에 따라 상기 오브젝트별 안테나로부터 수신된 데이터 신호의 빔을 조정하고 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하는 과정과, 상기 측정된 SINR을 기설정된 임계값과 비교하는 과정과, 상기 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호의 분석을 수행하고, 상기 분석된 결과를 표시하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

[0005] 본 발명의 다른 견지에 따르면, TPMS에서 신호 처리 장치에 있어서, 하기 제어부의 제어 하에 오브젝트별 송신 안테나에서 수신된 신호를 디지털 신호로 변환하고, 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 A/D 변환부와, 기설정된 모드에 따라 상기 A/D 변환부로부터 출력된 신호의 빔을 조정하고 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하여 기설정된 임계값과 비교하여 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호를 분석하는 제어부와, 상기 제어부로부터 출력된 데이터 신호의 분석 결과를 표시하는 표시부를 포함함을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명은 안테나를 사용하는 무선 통신을 이용하는 TPMS에서 SINR의 크기에 따라 빔 형성 모드를 적응적으로 스위칭하여 간섭 제거 성능 및 복잡도 효율을 극대화시켜 보다 신뢰적인 데이터를 사용자에게 제공 가능할 뿐만 아니라, 타이어별 고유인 골드 코드(gold code)를 부여함으로써 TPMS의 전력소모를 감소시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS의 전체 구성도.
 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 방법에 관한 전체 흐름도.
 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치에 관한 상세 블록도.
 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 하이브리드 빔 형성 모드를 수행 가능한 빔 형성기 구조.
 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치가 적용된 하이브리드 TPMS 빔 형성기의 성능을 ISR(Interference-to-signal Ratio)의 값에 따른 SNR 당 출력 SINR의 시뮬레이션 결과를 보인 그래프.
 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치의 특정 SNR 값에 대한 ISR 당 출력 SINR의 값의 결과를 보인 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

- [0009] 본 발명은 TPMS(Tire Pressure Measuring System)에 관한 것으로, 보다 상세하게는 차량의 타이어 상태(예컨대, 온도 및 압력 등)를 모니터링하여 송신 안테나를 통해 차량의 수신 처리부에 전송하고 디스플레이에 표시하여 운전자에게 타이어의 상태를 가이드(guide)함에 있어서, 상기 송신 안테나를 통해 타이어의 상태 정보 데이터 전송 시 외부의 각종 전자기기 및 타이어 간 간섭신호로 인해 신호의 왜곡을 방지하기 위하여 타이어로부터 수신된 수신 신호를 스위칭 빔 형성기를 이용하여 필터링하여 간섭과 잡음을 완화하고, 이를 통해 출력된 신호의 SINR을 측정하여 미리 설정된 임계치 값과의 비교를 통해 임계치 값 이상 혹은 미만에 따라 스위칭 빔 형성 모드 혹은 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 선택적으로 전환하여 데이터를 분석함으로써 안테나 기반의 무선통신을 이용하는 TPMS에서 SINR의 크기에 따라 빔 형성 모드를 적응적으로 스위칭하여 간섭 제거 성능 및 복잡도 효율을 극대화시켜 보다 신뢰적인 데이터를 사용자에게 제공 가능할 뿐만 아니라, 타이어별 고유의 골드 코드(gold code)를 부여함으로써 TPMS의 전력소모를 감소시키는 기술을 제공하고자 한다.
- [0010] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에 관해 도 1을 참조하여 살펴보기로 한다.
- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS의 전체 구성도이다.
- [0012] 도 1을 참조하면, 본 발명이 적용된 시스템(100)은 차량에 대응되는 타이어(미도시), 상기 타이어의 상태(예컨대, 온도 및 압력 등)를 모니터링하여 출력하는 TPMS 센서부(113, 115, 117, 119), 상기 각 타이어에 각각 배치되어 TPMS 센서부(113, 115, 117, 119)로부터 출력된 결과를 무선 전송하는 송신 안테나(114, 116, 118, 120)와, 상기 송신 안테나(114, 116, 118, 120)를 통해 타이어 모니터링 결과 데이터를 수신하고, 상기 수신된 데이터를 스위칭 빔 형성 모드에서 데이터 처리 후 측정된 SINR을 임계치와 비교하여 비교 결과에 따라 현재 모드에서 데이터를 처리하거나 현재 모드를 MVDR 빔 형성 모드로 전환하여 데이터를 처리하는 TPMS 리시버(122)와, 상기 TPMS 리시버(122)로부터 출력된 결과를 차량 내부의 운전자에게 제공 시 간섭신호를 발생하여 TPMS 신호의 정확한 데이터 전송을 방해하는 외부 기기(110, 112)를 포함한다.
- [0013] 이상에서는, 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에 관해 개략적으로 살펴보았다.
- [0014] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 방법에 관해 살펴보기로 한다.
- [0015] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 방법에 관한 전체 흐름도이다.
- [0016] 도 2를 참조하면, 210 과정에서는 TPMS 센서부에서 오브젝트 즉, 타이어의 기설정된 항목별 특정 이벤트를 모니터링한다.
- [0017] 상기 TPMS 센서부는 타이어의 온도를 측정하기 위한 온도 센서 및 압력을 측정하기 위한 압력 센서를 포함하는 것으로, 미리 설정된 주기별로 기설정된 항목 별 즉 타이어의 온도 및 압력을 센싱하여 센싱 신호의 변화에 의한 특정 이벤트를 모니터링하여 출력한다.
- [0018] 212 과정에서는 오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나를 통해 상기 TPMS 센서부의 모니터링 결과 데이터를 무선 채널을 이용하여 기설정된 커버리지 영역 내 TPMS 리시버로 송신한다.
- [0019] 이때 상기 오브젝트별 인접 영역에 배치된 안테나는 차량의 타이어별 각각 대응되는 송신 안테나이고, 상기 TPMS 리시버는 적어도 둘 이상의 서빙(serving) 안테나가 커버리지 영역 내 인접 안테나와 교신하며, 차량의 소정 영역에 기설정된 간격으로 일렬로 배치된다.
- [0020] 214 과정에서는 기설정된 모드에 따라 상기 오브젝트별 안테나로부터 수신된 데이터 신호의 빔을 조정하고 216 과정에서는 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정한다.
- [0021] 이때, 상기 기설정된 모드는, 하기의 수식식 1과 같은 AOA(angle of arrival) 벡터에 기반한 스위칭 빔 형성 가중치 벡터의 식을 통해 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔을 조정하는 스위칭 빔 형성 모드이다.

수학식 1

$$\mathbf{w}_i = \frac{\mathbf{a}_i(\phi)}{\sqrt{\mathbf{a}_i^H(\phi)\mathbf{a}_i(\phi)}}$$

[0022]

[0023] 즉, 상기 스위칭 빔 형성 모드는 도 4와 같은 빔 형성기 구조를 가지는 i번째 타이어 신호에 대한 스위칭 빔 형성기 가중치 벡터의 식은 수학식 1과 같이 주어지고, 여기서 i번째 타이어에 대한 AOA 벡터를 $\mathbf{a}_i(\phi)$ 로 나타내고, H 는 켈레복소수 전치(transpose)를 나타낸다. 상기 가중치 벡터는 i번째 타이어에 대하여 크기 '1' 빔 팩터를 생성하여 TPMS 데이터 신호를 수신한다.

[0024] 이후, 218 과정에서 상기 측정된 SINR을 기설정된 임계값과 비교하여, 상기 임계값 이상 인 경우 기설정된 모드 즉, 스위칭 빔 형성 모드를 유지하고, 222 과정으로 이동하여 상기 스위칭 빔 형성 모드에 따라 데이터 신호의 분석을 수행하여 224 과정에서 상기 분석 결과를 표시한다.

[0025] 한편, 상기 임계값 체크 결과, 상기 임계값 이하 인 경우 220 과정으로 이동하여 상기 기설정된 모드 즉, 스위칭 빔 형성 모드를 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 전환하여 상기 MVDR 빔 형성 모드에 따라 이후, 222 및 224 과정의 동작을 수행한다.

[0026] 이때, 상기 MVDR 빔 형성 모드에서는, 하기의 수학식 2와 같은 자기 상관 행렬을 이용하여 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔 형성 가중치 벡터를 산출하고, 상기 산출된 가중치 벡터는 $\mathbf{w}_{MVDR} = [\mathbf{a}_i^H(\phi)\mathbf{R}_x^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)]^{-1}\mathbf{R}_x^{-1}\mathbf{a}_i(\phi)$ 형태이다.

수학식 2

$$\min \mathbf{w}^H \mathbf{R}_x \mathbf{w} \text{ subject to } \mathbf{a}_i^H \mathbf{w} = 1$$

[0027]

[0028] 즉, 상기 MVDR 빔 형성 모드에서는 수학식 2를 이용하여 가중치 벡터를 구한다. 여기서, $\mathbf{R}_x$ 는 수신 신호의 자기상관 행렬이고, MVDR 가중치 벡터는 수학식 3으로 주어진다.

수학식 3

$$\mathbf{R}_x = E[\mathbf{z}(k)\mathbf{z}^H(k)]$$

[0029]

[0030] 수학식 3에서 가중치 벡터는 i번째 타이어에 대하여 '1'의 크기를 가지는 빔 팩터를 형성하여 원하는 방향으로 빔을 형성하고 간섭들에 대해서는 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화한다. 또한, 수학식 3에서 $\mathbf{z}(k)$ 는 수신 안테나를 통해 수신되는 수신신호이다.

[0031] 이와 같이 본 발명에 따른 선택적으로 모드를 스위칭하여 데이터 신호를 분석하는 하이브리드 형태의 빔 형성기 출력식은 하기의 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$y_i(k) = \mathbf{w}_i^H \mathbf{z}(k)$$

[0032]

[0033] 즉, 상기 기설정된 모드 즉, 스위칭 빔 형성 모드 혹은 MVDR 빔 형성 모드로의 전환 여부를 결정하여 분석된 데이터 신호는, 수학식 4를 통해 출력된다.

[0034] 수학식 4의 $y_i(k)$ 는 i번째 타이어에 대한 하이브리드 빔 형성기 출력을 나타내며 원하는 i번째 타이어의 TPMS

데이터 신호와 잡음, 그리고 작은 전력의 제거가 되고 남은 간섭 신호 성분들을 포함한다. $\mathbf{w}$ 는 상황에 따라 스위칭 빔 형성기 또는 MVDR의 가중치 벡터를 사용한다.

[0035] 한편, 본 발명에 따른 TPMS에서는 오브젝트 간 간섭을 제거하고, 데이터 신호를 균일하게 분포하기 위해 오브젝트 즉, 타이어별 소정의 길이 예컨대, N=15의 골드 코드(gold code)를 부여한다. 상기 부여된 골드 코드를 통해 각 타이어 간의 간섭을 제거하고, TPMS의 전력소모를 감소시켜 TPMS의 수명을 늘리기 위함이다.

[0036] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치에 관해 살펴보기로 한다.

[0037] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치에 관한 상세 블록도이다.

[0038] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치(300)은 수신부(310), A/D 변환부(312), 제어부(322) 및 표시부(324)를 포함한다.

[0039] 상기 A/D 변환부(312)는 제어부(322)의 제어 하에 상기 수신부(310)를 통해 오브젝트별 송신 안테나에서 수신된 신호를 디지털 신호로 변환하고, 상기 변환된 디지털 신호를 출력한다.

[0040] 상기 제어부(322)는 빔 조정부(314)를 통해 기설정된 모드에 따라 A/D 변환부(312)로부터 출력된 신호의 빔을 조정하도록 제어하고, SINR 측정부(316)을 통해 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 측정하도록 제어하고, 비교부(318)를 통해 기설정된 임계값과 비교하여 비교 결과에 따라 상기 기설정된 모드의 전환 여부를 선택적으로 결정하여 데이터 신호를 분석한다.

[0041] 즉, 상기 제어부(322)는 상기 SINR이 기설정된 임계값 이상 인 경우 기설정된 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 비교부(318)를 통한 분석 결과를 사용자에게 표시하고, 이하 인 경우 모드 전환부(312)를 통해 상기 기설정된 모드를 최소 분산 비왜곡 응답(Minimum Variance Distortionless Response : MVDR) 빔 형성 모드로 전환하여 상기 MVDR 빔 형성 모드에서 데이터 신호의 분석을 수행하여 분석 결과를 사용자에게 표시하도록 표시부(324)를 통해 출력한다.

[0042] 이때, 상기 기설정된 모드는, 하기의 수학식 5와 같은 AOA(angle of arrival) 벡터에 기반한 스위칭 빔 형성 가중치 벡터의 식을 통해 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔을 조정하는 스위칭 빔 형성 모드이다.

수학식 5

$$\mathbf{w}_i = \frac{\mathbf{a}_i(\phi)}{\sqrt{\mathbf{a}_i^H(\phi) \mathbf{a}_i(\phi)}}$$

[0043]

[0044] 상기 MVDR 빔 형성 모드에서는 하기의 수학식과 같은 자기 상관 행렬을 이용하여 소정 오브젝트의 안테나로부터 수신된 데이터 신호에 대한 빔 형성 가중치 벡터를 산출하고, 상기 산출된 가중치 벡터는

$$\mathbf{w}_{MVDR} = [\mathbf{a}_i^H(\phi) \mathbf{R}_i^{-1} \mathbf{a}_i(\phi)]^{-1} \mathbf{R}_i^{-1} \mathbf{a}_i(\phi)$$

형태이다.

[0045] 여기서, 상기 가중치 벡터는 소정 오브젝트에 대하여 '1'의 크기를 가지는 빔 벡터를 형성하여 원하는 방향으로 빔을 형성하고, 간섭들에 대해서는 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화한다.

[0046] 또한, 상기 제어부(322)는 하기의 수학식 6을 통해 출력되고, $\mathbf{w}$ 는 현재 모드에 대응하는 가중치 벡터를 사용한다.

수학식 6

$$y_i(k) = \mathbf{w}_i^H \mathbf{z}(k)$$

[0047]

[0048] 그리고 상기 제어부(322)는 상기 오브젝트간 간섭을 제거하고, 데이터 신호를 균일하게 분포하기 위해 오브젝트

별 골드 코드를 부여한다.

[0049] 이와 같이 본 발명에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치는 두 개의 빔 형성기를 하이브리드 방식으로 구비하여 SINR의 크기에 따라 빔 형성 모드를 전환하여 데이터 신호를 처리하는 것으로, 상기 하이브리드 TPMS 빔 형성기 사용을 위해 M개의 안테나를 차량의 중앙에 일정한 간격으로 일렬로 배치하고 각 타이어에 한 개의 송신 안테나를 배치하여 TPMS 무선통신 데이터를 전송하는 구조를 나타낸다. 등 간격 선형 어레이(Uniform Linear Array, ULA)를 이용하여 TPMS 리시버 즉, 수신 안테나에 입사되는 i번째 타이어와 샘플 인덱스 k 기반의 수신 신호는 하기의 수학식 7과 같이 주어진다.

수학식 7

[0050]
$$\mathbf{z}(k) = \sum_{i=1}^M \mathbf{a}_i(k) g_i(k) + \mathbf{A} \mathbf{j}(k) + \mathbf{n}(k)$$

[0051] 수학식 7에서 $\mathbf{a}_i$ 는 M x 1 크기의 i번째 타이어에 대한 어레이 응답 벡터이고, $g_i(k)$ 는 i번째 타이어에 대한 사이클로스테이션너리(cyclostationary) 골드 코드로 N의 길이를 가지며, $b_i(k)$ 는 한 사이클의 골드 코드에 대하여 일정한 i번째 타이어의 실제 측정된 데이터 비트(bit)를 나타낸다. A는 M x P의 크기를 가지는 어레이 응답 행렬이고, P는 간섭신호의 개수, $\mathbf{j}(k)$ 는 간섭신호들로 이루어진 크기 P x 1의 간섭신호 벡터이다. 또한 $\mathbf{n}(k)$ 는 i.i.d(independent and identically distributed) 원소로 구성되어 있는 '0'과 σ^2 를 평균과 분산으로 가지는 AWGN(additive white Gaussian Noise, 백색 가우시안 잡음)을 의미한다. AOA 어레이 응답 벡터인 A의 i번째 열벡터 및 TPMS 신호에 대한 어레이 응답벡터는 하기의 수학식 8과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0052]
$$\mathbf{a}_i = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\phi_i} \\ \vdots \\ e^{-j(M-1)\phi_i} \end{bmatrix}$$

[0053] 수학식 8에서 ϕ_i 은 하기의 수학식 9로 주어지며,

수학식 9

[0054]
$$\phi_i = 2\pi \left(\frac{d}{\lambda} \right) \cos \phi_i$$

[0055] 수학식 9에서 ϕ_i 은 간섭이 수신 안테나로 입사되는 i번째 간섭신호에 대한 수신 방향 각도를 나타내며, 안테나 사이의 간격 $d = \lambda / 2$ 에서 λ 는 신호의 파장을 나타낸다.

[0056] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치가 적용된 하이브리드 TPMS 빔 형성기의 성능을 ISR(Interference-to-signal Ratio)의 값에 따른 SNR 당 출력 SINR의 시뮬레이션 결과이다.

[0057] 본 발명에서 임계값은 99% 신뢰도를 기준으로 시뮬레이션에 의해 얻은 4.4dB로 가정함을 밝혀두는 바이다.

[0058] 도 5의 (a)는 ISR=0(dB)일 경우 출력 SINR 값을 보여주는데 SNR=4(dB) 이하인 경우 하이브리드 빔 형성기는 4.4dB 이상의 SINR을 얻을 수 없다. 하지만 SNR=4(dB)이상 일 경우에는 스위칭 빔 형성기 모드로도 원하는 SINR 값을 얻을 수 있다. 도 5의 (b)에서는 ISR=3(dB)일 경우 시뮬레이션 결과값을 나타내며, SNR=-4(dB)이상의 구간에서는 출력 SNR이 임계값보다 크기 때문에 스위칭 빔 형성기를 사용하고 SNR=-4(dB)이하인 구간에서는 SINR이 임계값보다 작아져서 스위칭 빔 형성기 모드에서 MVDR 빔 형성기 모드로 전환되어 동작하는 결과를 나타낸다. 도 5의 (c)는 ISR=10(dB)에 대하여 스위칭 빔 형성기 출력 SINR 값이 모든 구간에서 임계값보다 작으므로 모든 구간에서 MVDR 빔 형성기 모드로 동작한 결과를 나타낸다.

- [0059] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치의 특정 SNR 값에 대한 ISR 당 출력 SINR의 값의 결과를 보인 것이다.
- [0060] 도 6의 (a)는 SNR=0(dB)일 경우 ISR 당 출력 SINR의 값을 보여준다. 도 6의 (a)에서 ISR=4(dB) 구간에서 SINR 값이 감소하다가 상승하는 구간이 존재하는데 이 구간은 스위칭 빔 형성기 모드로 동작되다가 SINR이 임계값 이하가 되어 MVDR 빔 형성기 모드로 전환되는 결과를 나타낸다. 도 6의 (b)는 SNR=10(dB)일 경우 ISR 당 출력 SINR의 값을 나타내는데, ISR=3(dB)에서 측정된 SINR 값이 임계값보다 작아져서 MVDR 빔 형성기 모드로 전환된 결과를 보인다. 마찬가지로 도 6의 (c)에서 SNR=20(dB)일 경우의 ISR 당 출력 SINR의 값을 나타내는데, ISR=3(dB)에서 도 6의 (a) 및 (b)와 같이 스위칭 빔 형성기에서 MVDR 빔 형성기로 전환되는 결과를 보여준다. 도 6의 (a), (b) 및 (c)에서 SNR이 임계값보다 작은 구간이 발생하여 스위칭 빔 형성기 모드에서 MVDR 빔 형성기 모드로 전환되는 것을 확인할 수 있다.
- [0061] 즉, 본 발명에 적용된 TPMS는 SINR의 특정 임계값보다 큰 경우에는 복잡도가 매우 낮은 스위칭 빔 형성기 모드로 하이브리드 빔 형성기가 작동되고, 상기 스위칭 빔 형성기 출력의 SINR이 임계값보다 낮아지는 경우 간섭에 의한 정확한 데이터 수신율이 낮아지므로 복잡도는 높지만 원하는 방향으로 빔을 형성하고 간섭이 수신되는 방향으로 널(null)을 형성하여 간섭을 최소화하는 MVDR 빔 형성기를 사용한다.
- [0062] 이와 같이 본 발명에 적용된 TPMS의 신호 처리에 따르면 TPMS 신호의 데이터 전송을 방해하는 간섭들을 제거하기 위해 AOA 벡터 기반의 스위칭 빔 형성기와 MVDR 빔 형성기를 SINR 값에 따라 선택적으로 사용하는 하이브리드 빔 형성기를 제안함으로써 안테나 기반의 TPMS에서 SINR의 크기에 따라 빔 형성 모드를 적응적으로 스위칭하여 간섭 제거 성능 및 복잡도 효율을 극대화시켜 보다 신뢰적인 데이터를 사용자에게 제공 가능할 뿐만 아니라, 타이어별 고유의 골드 코드(gold code)를 부여함으로써 TPMS의 전력소모를 감소시키는 기술을 제공하고자 한다.
- [0063] 상기와 같이 본 발명에 따른 TPMS에서 신호 처리 장치 및 방법이 이루어질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.
- [0064] [참고문헌]

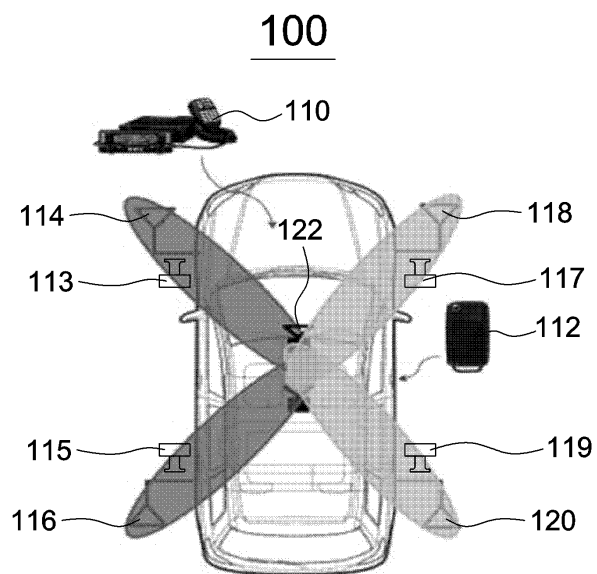
- [1] 김병수, "타이어 공기압 모니터링 시스템의 판단 로직 설계에 관한 연구," 한국산학기술학회논문지, Vol 7 No. 3 pp. 285-290, June 2006.
- [2] 천계영, 조평동, "타이어 공기압 감지 시스템 기술 동향," 전자통신동향분석 제20권 제6호 pp. 167-177, Dec. 2005.
- [3] 최광택, 황교수, 정완영, "RF 송수신 모듈을 이용한 타이어 압력 모니터링 시스템(TPMS)의 기초연구"한국센서학회지, Vol 15, No. 1 pp. 167-168, 2004
- [4] 최범규, 김도형, 오재근, "TPMS 적용을 위한 가변 정전 용량형 압력센서 개발"한국센서학회지, Vol 14, No. 4, pp.265-271, 2005
- [5] M. Bezecka, J. Pontes, G. A. Chakam, and W. Wiesbeck, "RF-Design Characterization and Modelling of Tyre Pressure Sensors," in Proc. EuCAP 2007, Edinburgh, pp. 1-5, Nov. 2007.
- [6] 정보통신부, "차량용 주파수 분배방안" 차량용 주파수 분배 공청회, July 2005.
- [7] John G. Proakis, Masoud Salehi, Gerhard Bauch, "Contemporary Communication Systems using MATLAB and Simulink", Brooks/Cole Publishing Company, June 2003.
- [8] R. A. Monzingo,, and T. W. Miller, "Introduction to Adaptive Arrays", New York: Wiley, 1980.
- [9] Yu Yang, Jiang-Ying Wang ; Zhong-Ke Yin, "A new approach for source localization of wideband signals based on matching pursuit", ICWAPR '07, Vol. 3, pp. 1020-1025, Nov. 2007
- [10] Seunggil Kim, Yang-seok Jeong "Array Signal Processing", 포판민, Sep. 2007.
- [11] Olli E. Karvonen, V, "Influence Function and Asymptotic Efficiency of Scatter Matrix Based Array Processors: Case MVDR Beamformer", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 57, NO. 1, JANUARY 2009.
- [12] Benesty J.,Jingdong Chen, Yiteng Huang," A generalized MVDR spectrum,"IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, VOL. 12, NO. 12, pp. 827-830, Dec. 2005.
- [13] 김정민, 황석승 "양방향 통신 기반의 TPM6 데이터 신박성 환경 개발"한국전자통신학회 2011 추계총합학술대회지, VOL. 5, NO. 2 pp.167-170, Nov. 2011

부호의 설명

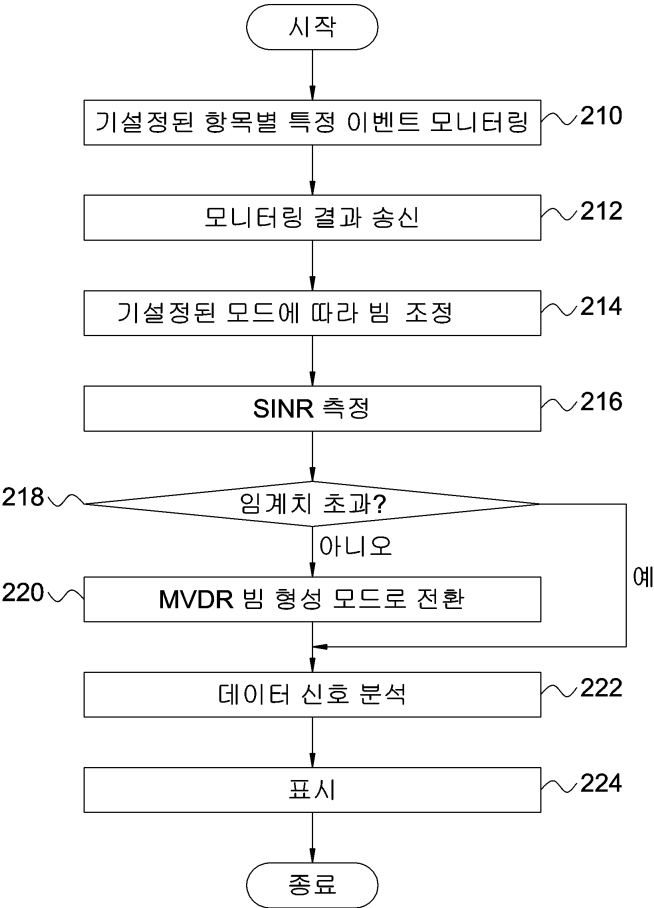
310: 수신부	312: A/D 변환부
314: 빔 조정부	316: SINR 측정부
318: 비교부	320 모드 전환부

도면

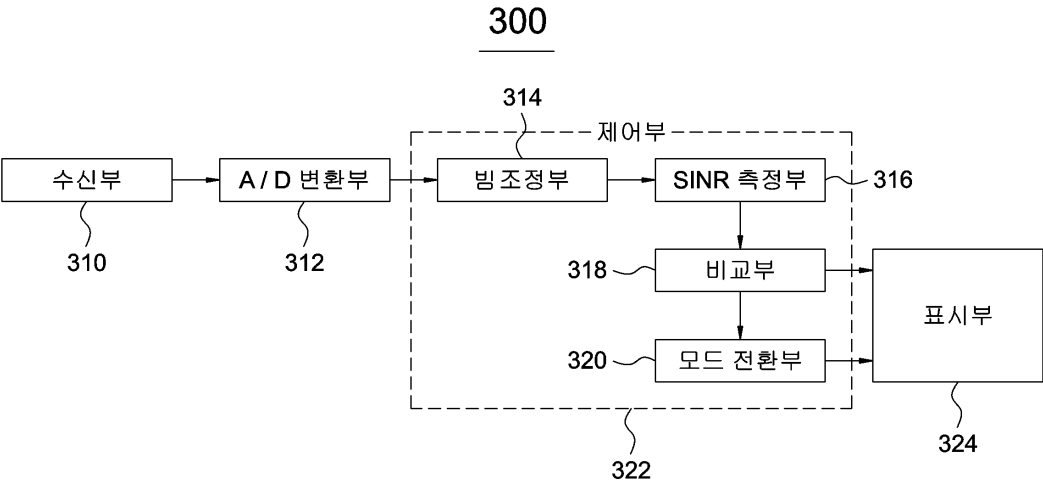
도면1



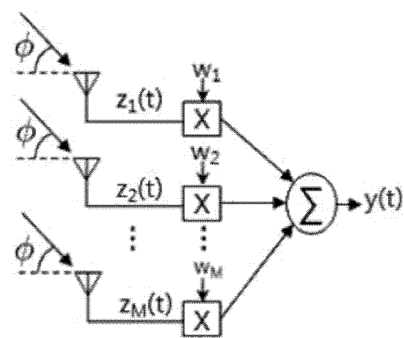
도면2



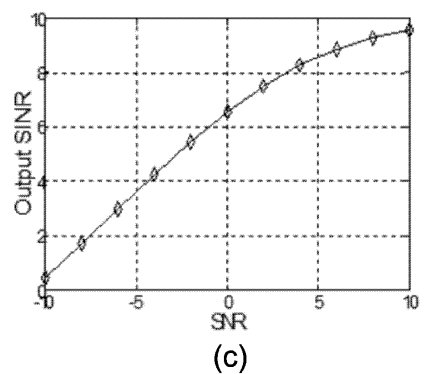
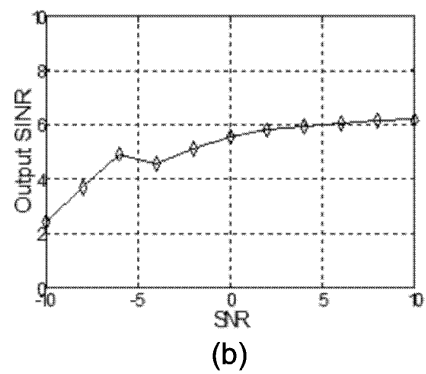
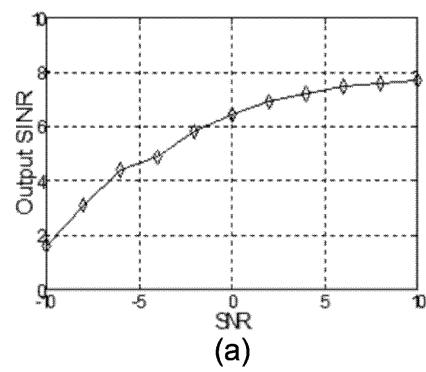
도면3



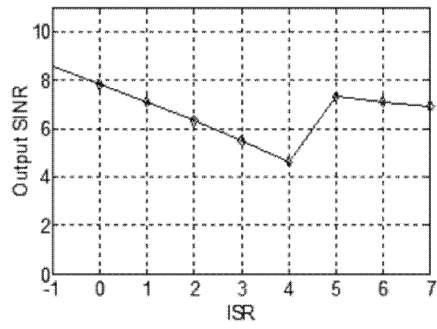
도면4



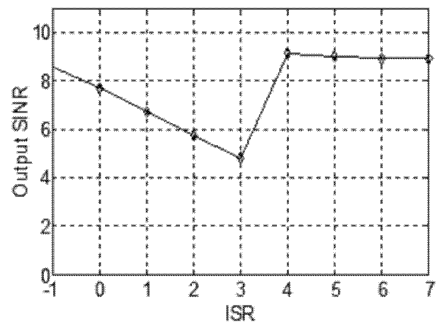
도면5



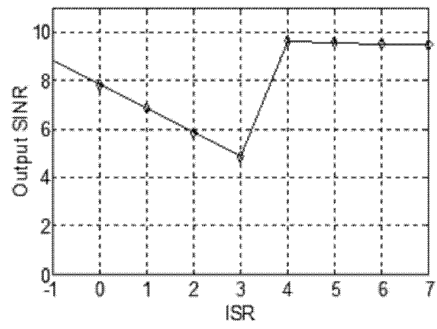
도면6



(a)



(b)



(c)