



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월15일
 (11) 등록번호 10-1449983
 (24) 등록일자 2014년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06F 19/00 (2011.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0084774
 (22) 출원일자 2013년07월18일
 심사청구일자 2013년07월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020060090304 A
 JP2006046953 A

(73) 특허권자
 한국 천문 연구원
 대전광역시 유성구 대덕대로 776 (화암동)
 (72) 발명자
 염재환
 대전 유성구 대덕대로 776, (화암동)
 오세진
 대전광역시 유성구 대덕대로 776
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김정수

전체 청구항 수 : 총 10 항

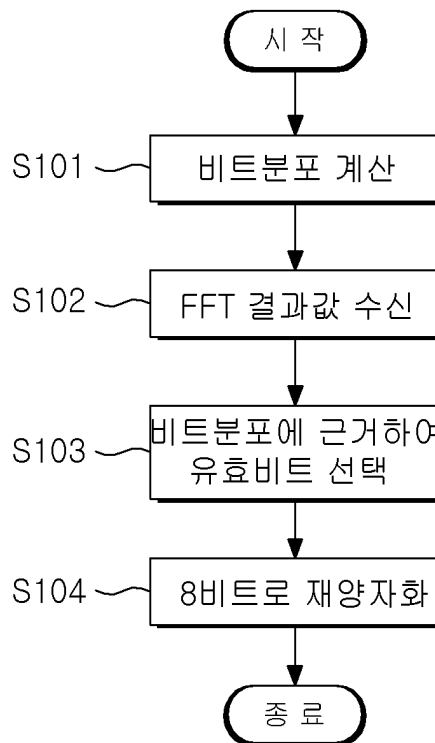
심사관 : 손경완

(54) 발명의 명칭 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지하기 위한 재양자화 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법은, 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하는 제 1 단계와, 상기 다중 관측국의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 제 2 단계와, 상기 제 2 단계에서 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 근거하여 유효 비트를 선택하는 제 3 단계 및 상기 제 3 단계에서 선택된 유효 비트를 인코더에서 8비트로 재양자화하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자
노덕규
대전광역시 유성구 대덕대로 776
오충식
대전광역시 유성구 대덕대로 776

정진승
대전광역시 유성구 대덕대로 776
정동규
대전광역시 유성구 대덕대로 776

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2013-1-720-01
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국천문연구원
연구사업명 기관고유사업
연구과제명 한국우주전파관측망 운영
기 여 율 1/1
주관기관 한국천문연구원
연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하는 제 1 단계;

상기 다중 관측국의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 제 2 단계;

상기 제 2 단계에서 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 근거하여 유효 비트를 선택하는 제 3 단계;

상기 제 3 단계에서 선택된 유효 비트를 인코더에서 8비트로 재양자화하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 3 단계에서 선택되는 유효비트는 4비트인 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 4 단계는, 관측 데이터에 대해 USB(Upper Side Band) 또는 LSB 중 어느 하나를 재양자화하는 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법.

청구항 4

다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 제 1 단계;

일정 시간 분량의 관측 데이터에 대해 유효 비트를 확인하여 문턱치(threshold)를 결정하는 제 2 단계;

상기 제 1 단계에서 수신된 FFT 결과값과 상기 제 2 단계에서 결정된 문턱치를 비교하는 제 3 단계;

4비트 인코더를 이용하여 상기 제 3 단계에서 비교된 FFT 결과값과 문턱치의 비교 결과에 대한 재양자화를 수행하는 제 4 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 단계에서 결정되는 문턱치는,

FFT 결과값 중 최대값에 근거하여 계산되는 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제 4 단계는, 유효 비트만큼의 데이터를 재양자화하는 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법.

청구항 7

다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하는 비트분포 계산모듈;

관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 FFT 결과값 수신모듈;

상기 FFT 결과값 수신모듈을 통해 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 근거하여 4비트의 유효 비트를 선택하는 유효 비트 선택모듈;

선택된 유효 비트를 8비트로 재양자화하는 인코더;를 포함하는 것을 특징으로 하는 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 인코더는 USB(Upper Side Band) 또는 LSB 중 어느 하나를 재양자화하는 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 장치.

청구항 9

다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 FFT 결과값 수신모듈;

일정 시간 분량의 관측 데이터에 대해 유효 비트를 확인하여 문턱치(threshold)를 결정하는 문턱치 결정모듈;

상기 FFT 결과값 수신모듈을 통해 수신한 FFT 결과값과 상기 문턱치 결정모듈에서 결정된 문턱치를 비교하는 비교모듈;

상기 비교모듈에서 비교된 FFT 결과값과 문턱치의 비교 결과에 대한 재양자화를 수행하는 4비트 인코더;를 포함하고,

문턱치는 FFT 결과값 중 최대값에 근거하여 계산되는 것을 특징으로 하는 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 4비트 인코더는 유효 비트만큼의 데이터를 재양자화하는 것을 특징으로 하는 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 한국우주전파관측망(Korean VLBI Network, KVN)과 VERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)를 포함한 최대 16관측국의 전파망원경으로 관측한 천체에 대해 초장기선 전파간섭계(Very Long Baseline

[0001]

Interferometry, VLBI)를 이용하여 상관처리를 수행하는 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] VLBI(Very Long Baseline Interferometry)는 서로 멀리 떨어져 있는 전파망원경을 이용하여 천체의 정확한 위치 및 영상을 얻는 전파간섭기술로, 각각의 전파망원경이 수신한 전파신호를 특수한 자기테이프에 기록한 후 테이프를 한 곳에 모아 전파신호를 컴퓨터를 이용하여 간섭시킴으로써 천체의 정확한 위치 및 영상을 얻을 수 있다.
- [0003] "2008년도 한일공동 VLBI 상관기 및 수신기 개발 결과보고서(한국천문연구원, pp.3-100, 2008"에 나타낸 바와 같이, 한국천문연구원과 일본국립천문대가 한국우주전파관측망과 VERA 등을 이용하여 전파 관측데이터를 처리할 수 있도록 한일공동 VLBI 상관기(Korea-Japan Joint VLBI Correlator, KJJVC)가 개발되었다.
- [0004] 한일간의 공통적인 요구에 부합하도록 개발한 한일공동 VLBI 상관기는 최대 16관측국에서 관측한 VLBI 데이터를 관측국당 최대 8192Mbps 속도로 8192 상관출력 채널의 결과를 출력할 수 있다.
- [0005] 우주 공간의 은하, 성운, 항성 등 전파원으로부터 나오는 전파신호는 전파간섭계의 전파 망원경으로 수신되고, 초고속샘플러에 의해 디지털 신호로 변환될 수 있다. 이러한 관측데이터는 고속기록기의 HDD나 마그네틱테이프와 같은 매체에 저장된 후, 도 1에 나타낸 바와 같이, HDD 매체를 재생할 수 있는 Mark5B와 테이프 매체를 재생할 수 있는 VERA2000 재생기에 의해 RVDB로 복사되고, 이렇게 복사한 여러 관측국의 관측데이터는 RVDB를 통하여 VCS로 재생될 수 있다.
- [0006] VCS는 RVDB로부터 재생된 관측데이터를 IVS에 의해 표준화된 VSI-H 규격에서 정한 VSI 케이블로 전송받아서 상관처리를 수행하고, VCS의 상관결과는 VCS의 출력포트와 10GbE의 광케이블 4개로 연결된 데이터아카이브에 저장된다.
- [0007] 한일공동 VLBI 상관기에서 VCS는 FX 형식으로, 도 2에 나타낸 바와 같이, 안테나 유닛(Antenna Unit)과 상관유닛(Correlation and Accumulation Unit, CAU)으로 구성될 수 있다
- [0008] 안테나 유닛에서는 입력된 관측데이터를 대상으로 데이터 정렬을 한 다음, 지연추적과 프린지 회전을 수행한 후 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 수행하고 지연추적과 프린지 회전의 잔차 성분을 보정하기 위한 잔차 지연보정(Residual delay compensation, $\Delta \omega$, fractional-bit error)을 진행한다.
- [0009] 그리고 데이터를 재양자화한 후 상관유닛에서 각 기선별 관측데이터에 대해 상관처리와 적분을 수행하고 있다.
- [0010] 특히, VCS에서의 재양자화는 16비트로 처리된 FFT 결과에서 데이터의 양을 줄이기 위해 비트를 재정렬하고 있으나, 지연추적을 수행할 때 상관 처리 결과의 스펙트럼이 왜곡되어 관측 데이터의 손실이 발생할 수 있다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 재양자화 시 비교형 재양자화 기법을 수행함으로써, 스펙트럼이 왜곡되는 현상으로 인해 데이터의 손실을 방지할 수 있는 VCS(VLBI Correlation

Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지하기 위한 재양자화 방법에 관한 것이다.

[0012] 또한, 본 발명은 관측 데이터에 대한 비트분포(bit-distribution)를 계산하여, 신호의 비트분포에 따라 재양자화 할 비트를 선택하는 선택형 재양자화 방법을 적용함으로써 상관 결과에서 발생할 수 있는 신호의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법에 관한 것이다.

[0013] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법은, 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하는 제 1 단계와, 상기 다중 관측국의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 제 2 단계와, 상기 제 2 단계에서 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 근거하여 유효 비트를 선택하는 제 3 단계 및 상기 제 3 단계에서 선택된 유효 비트를 인코더에서 8비트로 재양자화하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 한다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법은, 상기 제 3 단계에서 선택되는 유효비트는 4비트인 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법은, 상기 제 4 단계는, 관측 데이터에 대해 USB(Upper Side Band) 또는 LSB(Lower Side Band) 중 어느 하나를 재양자화하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 방법은 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 제 1 단계와, 일정 시간 분량의 관측 데이터에 대해 유효 비트를 확인하여 문턱치(threshold)를 결정하는 제 2 단계와, 상기 제 1 단계에서 수신된 FFT 결과값과 상기 제 2 단계에서 결정된 문턱치를 비교하는 제 3 단계와, 상기 제 3 단계에서 비교 결과에 대해, 4비트 인코더를 이용하여 재양자화를 수행하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법은, 상기 제 2 단계에서 결정되는 문턱치가, FFT 결과값 중 최대값에 근거하여 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 장치는, 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하는 비트분포 계산 모듈과, 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 FFT 결과값 수신모듈과, 상기 FFT 결과값 수신모듈을 통해 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 근거하여 4비트의 유효 비트를 선택하는 유효 비트 선택모듈과, 선택된 유효 비트를 8비트로 재양자화하는 인코더를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명에 따른 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지할 수 있는 재양자화 장치는, 상기 인코더가 USB(Upper Side Band) 또는 LSB 중 어느 하나를 재양자화하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 장치는, 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신하는 FFT 결과값 수신모듈과, 일정 시간 분량의 관측 데이터에 대해 유효 비트를 확인하여 문턱치(threshold)를 결정하는 문턱치 결정모듈과, 상기 FFT 결과값 수신모듈을 통해 수신한 FFT 결과값과 상기 문턱치 결정모듈에서 결정된 문턱치를 비교하는 비교모듈과, 상기 비교모듈에서의 비교 결과에 대해, 재양자화를 수행하는 4비트 인코더를 포함하고, 문턱치는 FFT 결과값 중 최대값에 근거하여 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 아울러, 본 발명에 따른 VCS에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 장치는 상기 4비트 인코더가 유효 비트만큼의 데이터를 재양자화하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법 및 장치에 따르면, 고속 푸리에 변환(FFT) 후 잘못 적용된 재양자화로 인해 스펙트럼이 왜곡되어 발생할 수 있는 관측 데이터의 손실을 방지할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은, 한일공동 VLBI(Very Long Baseline Interferometry)상관기의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는, VLBI(Very Long Baseline Interferometry)상관기에서 VCS(VLBI 상관서브시스템)의 구성을 개략적으로 나타내는 블럭도이다.
- 도 3은, 본 발명의 실시예에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화부의 구성을 나타내는 블럭도이다.
- 도 4는, 본 발명의 실시예에 따른 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화부의 구성을 나타내는 블럭도이다.
- 도 6은, 본 발명의 다른 실시예에 따른 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은, 비교형 재양자화 방법을 이용한 시뮬레이션 결과를 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 8은, 8은 FFT의 스케일링과 선택형 재양자화 방법을 나타내는 예시도이다.
- 도 9는, 4샘플 이동시킨 경우 재양자화 유효비트 선택에 따른 시뮬레이션 결과를 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 10은, 선택형 재양자화에서 부동소수점과 고정소수점 계산에 따른 상관시뮬레이션 결과를 나타내는 예시도이다.
- 도 11은, 부동소수점에서 FFT 스케일링 값과 4비트 선택형 재양자화 기법의 시뮬레이션 결과를 나타내는 예시도이다.
- 도 12는, 부동소수점 연산에서 스케일링 32일 때 8비트와 16비트의 선택형 재양자화 방법의 시뮬레이션 결과를 나타내는 예시도이다.
- 도 13은, 8비트 선택형 재양자화를 적용한 후의 VCS 상관처리 결과를 나타내는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0026] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0027] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0028] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 특정, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 디지털 신호처리에서, 도 2에 나타난 바와 같이, FFT 처리 후 수행하는 재양자화는 FFT 결과의 비트 수를 재정렬하여 출력되는 데이터 속도를 감소시킬 수 있다.
- [0030] 예를 들어, 16비트로 구성된 FFT 결과의 유효한 데이터 분포가 2~5비트 사이에 존재한다고 가정하면, 유효 비트의 범위가 4비트이므로 추출한 데이터에서 유효한 비트의 분포를 가지는 데이터가 제외될 가능성이 높고, 이는 FFT 처리 이후의 재양자화 과정에서 데이터에 문제가 발생할 수 있다.
- [0031] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화부의 구성을 나타내는 블럭도이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 따른 재양자화부(10)는 선택형 재양자화 방법을 수행하는 것으로, 비트분포(bit-distribution) 계산모듈(110), FFT 결과값 수신모듈(120), 유효 비트 선택모듈(130) 및 인코더(140)를 포함할 수 있다.
- [0033] 선택형 재양자화는 관측 데이터에 대한 초기시험으로 통해 비트분포를 계산하여 신호의 비트분포에 따라 재양자화 할 비트를 선택하는 방식이다.
- [0034] 도 3 및 도 4를 참조하면, 비트분포 계산모듈(110)에서는 다중 관측국(도시하지 않음)에서 관측된 전체의 관측 데이터에 대해 비트분포(bit-distribution)를 계산하여(S101), 재양자화에 선택할 비트의 범위를 결정할 수 있

다.

- [0035] FFT 결과값 수신모듈(120)은 다중 관측국에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 도 2의 FFT부에서 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 FFT 결과값을 각각 수신한다(S102).
- [0036] 이후, 유효 비트 선택모듈(130)에서는 FFT 결과값 수신모듈(120)을 통해 수신된 FFT 결과값 중, 부호비트를 제외한 15비트에서 비트분포에 따른 유효 비트인 4비트를 선택한다(S103).
- [0037] 그리고, 유효 비트 선택모듈(130)을 통해 선택된 유효 비트를 인코더(140)에서 8비트로 재양자화 시킨다(S104).
상관기에서는 상관 적분을 수행하는 경우, 낮은 비트를 절사하기 때문에 재양자화시 4비트로 재양자화하는 경우, 데이터의 정밀도가 낮아지는 반면, 8비트 재양자화는 데이터의 정밀도에 있어서, 4비트로 재양자화한 경우보다 많은 데이터를 표현할 수 있어 정밀도를 향상시킬 수 있는 특징이 있다.
- [0038] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 VCS(VLBI Correlation Subsystem)에서 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화부의 구성을 나타내는 블록도이고, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 상관 결과의 왜곡을 방지시키는 재양자화 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0039] 본 발명의 다른 실시예에 따른 재양자화부(20)는 비교형 재양자화 방법을 수행하는 것으로, FFT 결과값 수신모듈(210), 문턱치(threshold) 결정모듈(220), 비교모듈(230) 및 4비트 인코더(240)로 구성될 수 있다.
- [0040] 비교형 재양자화의 경우, 관측 데이터에 대해 재양자화를 수행할 때, 관측 데이터의 분포를 비교한 후 값을 정하기 때문에 데이터의 정밀한 재정렬이 가능하다.
- [0041] 도 5 및 도 6을 참조하면, FFT 결과값 수신모듈(210)은 다중 관측국(도시하지 않음)에서 관측된 천체의 관측 데이터에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 수행된 16비트(bit)의 각각의 FFT 결과값을 수신한다(S201).
- [0042] 이후, 문턱치(threshold) 결정모듈(220)은 일정 시간 분량의 관측 데이터에 대해 비트 분포 등과 같이 유효 비트를 확인하여 문턱치를 결정한다.
- [0043] 이때 결정되는 문턱치는, 수신되는 FFT 결과값 중 최대값에 근거하여 계산될 수 있다.
- [0044] 비교 모듈(230)에서는, 입력되는 데이터로서 FFT 결과값 수신모듈(210)을 통해 수신된 FFT 결과값과 문턱치 결정모듈(220)에서 결정된 문턱치를 비교하는 것으로, 예를 들어 8개의 비교 모듈이 사용될 수 있다.
- [0045] 이후, 4비트 인코더(240)에서는 비교 모듈(230)을 통해 비교된 비교 결과에 대해, 4비트 인코더를 이용하여 재양자화를 수행한다(S204).
- [0046] 이 경우, 4비트 인코더(240)에서는 비교 모듈(230)을 통해 비교된 유효 비트만큼의 데이터를 재양자화할 수 있다.
- [0047] 상기와 같이, 본 발명에 따른 재양자화는 상관처리에서 지연추적(delay tracking)을 수행할 때, 상관처리 결과

의 스펙트럼이 왜곡되는 현상을 방지할 수 있는 특징이 있다.

- [0048] [실험예]
- [0049] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 비교형 및 선택형 재양자화 방법을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0050] 도 7은 비교형 재양자화 시뮬레이션 결과로, 시뮬레이션 데이터의 대역폭은 256MHz이며, 도 7의 (a)는 FFT 연산 후의 최소값에서 최대값까지의 비트 분포를 나타내고, 도 7의 (b)는 4샘플 이동의 결과를 나타내는 예시도이다.
- [0051] 도 7의 (a)에서 x축의 FFT 출력에 대한 절대값은 FFT 출력의 실수와 허수 데이터 값의 범위를 나타내고 있으며, y축은 x축에 해당하는 값을 갖는 데이터의 수를 나타내고 있다. 또한, 점선은 y축의 데이터 수의 합이 1024가 되는 FFT 출력이 16비트인 경우를 나타낸다.
- [0052] 도 7의 (a)에서 FFT 출력이 16비트인 경우 입력데이터에 대해 자동으로 FFT 연산 후의 최소값에서 최대값까지의 절대값에서, 11에서 8비트는 256 ~ 3,840이고, 10에서 7비트는 128 ~ 1,920, 9에서 6비트는 64 ~ 960, 8에서 5비트는 32 ~ 480, 7에서 4비트는 16 ~ 240까지의 값을 갖는 것을 알 수 있다.
- [0053] 도 7의 (a)의 분포에서 0 ~ 1,000 범위의 값을 갖는 유효비트를 선택하는 것이 실험적으로 가장 적합한 것으로 판단되지만 기존의 VCS에서 제안된 재양자화의 경우 4비트를 사용하고 있기 때문에, 동일한 4비트를 사용한 경우, 즉 가장 유효 비트가 많이 포함된 것으로 생각되는 8에서 5비트를 사용하여 FFT 결과를 재양자화 하였으며 4샘플 이동한 후의 결과를 도 7의 (b)에 나타내었다.
- [0054] 도 7의 (b)의 시뮬레이션 결과에서 스펙트럼 채널의 주파수 분해능은 62.5kHz이며, FFT 결과 후 USB/LSB를 동시에 나타내었다.
- [0055] 도 8은 FFT의 스케일링과 선택형 재양자화 방법을 나타내는 예시도이고, 도 9는 4샘플 이동시킨 경우 재양자화 유효비트 선택에 따른 시뮬레이션 결과를 예시적으로 나타내는 것으로, 도 9의 (a)는 유효비트를 11에서 8, (b)는 10에서 7, (c)는 9에서 6, (d)는 8에서 5, 그리고 (e)는 7에서 4를 선택한 경우를 나타낸다.
- [0056] 도 8에서는 16비트의 FFT 결과에서 4비트 재양자화를 수행할 때 유효한 비트를 선택함에 따라 결과가 어떻게 변화하는지 비교검토하기 위한 것과 FFT의 버터플라이(butterfly) 연산에서 오버플로우를 방지하기 위해 스케일링 값을 곱하여 재양자화에서 유효비트가 포함된 곳의 비트를 이동한 경우를 예시적으로 나타내고 있다.
- [0057] 도 8에 나타난 결과에서 잡음신호에 16kHz의 CW신호를 삽입한 시뮬레이션 데이터에 대해 4샘플 이동한 경우로서, 실제로는 지연추적과 같이 데이터의 이동이 있어도 스펙트럼 모양이나 위상 등에서 왜곡이 발생하지 않는 것이 정상이다.
- [0058] 그러나 도 9의 (a)와 (e)의 유효비트를 11에서 8과 7에서 4를 선택한 경우 스펙트럼과 위상 등에서 파도 모양의 신호왜곡이 발생하는 것을 확인하였다.
- [0059] 도 10은 선택형 재양자화에서 부동소수점과 고정소수점 계산에 따른 상관시뮬레이션 결과를 나타내는 예시도로, 시뮬레이션 결과는 16MHz CW신호가 포함된 잡음신호에 대해 1샘플링 이동한 경우로 6단계 FFT의 버터플라이 연산을 하고, FFT 처리 데이터에 64의 스케일링 값을 곱하여 부동소수점과 고정소수점에 대한 4비트 재양자화를 수행한 결과를 나타내고 있다.
- [0060] 도 10의 결과를 비교해 보면 FFT 연산과 재양자화에서 부동소수점으로 계산할 경우 주어진 계산블록에서 신호의 왜곡이 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 부동소수점으로 연산할 경우 데이터를 표현하는 비트수와 지수비트 및 소수비트의 정렬에 따른 계산량의 증가로 인해 하드웨어로 구현할 때 많은 물량의 자원이 필요하게 되어, 높은 정밀도를 유지하면서 고속연산을 수행하고 하드웨어를 보다 쉽게 구현할 수 있도록 Q15형식의 부동소수점으로 구현하였다.

- [0061] 그리고 선택형 재양자화기법을 확장하여 비트수를 변화시켰을 경우 Q15형식의 부동소수점으로 구현한 FFT 결과가 상관결과에 미치는 결과를 검토하기 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이션에서는 FFT의 오버플로우를 방지하기 위해 도 7에 나타난 것과 같이 우선 적절한 스케일링 값을 선택하였다.
- [0062] 도 11은 부동소수점에서 FFT 스케일링 값과 4비트 선택형 재양자화 기법의 시뮬레이션 결과를 나타내는 것으로, 도 11의 (a)는 스케일링 128, 4비트 선택을 나타내고, (b)는 스케일링 32, 4비트 선택의 결과를 나타내고 있다.
- [0063] 도 11의 결과에서 알 수 있는 것은 선택형 재양자화 기법에서 동일한 비트를 선택할 때, 도 7에 나타난 것과 같이 FFT 결과에서 유효한 데이터가 포함된 비트를 선택하기 위해 데이터를 이동시키는 스케일링 값에도 상관결과가 영향을 받고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 도 11의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 FFT의 스케일링 값을 32로 설정한 후, 선택형 재양자화의 선택 비트를 8비트와 16비트로 증가시켜 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0064] 도 12는 부동소수점 연산에서 스케일링 32일 때 8비트와 16비트의 선택형 재양자화 방법의 시뮬레이션 결과를 나타내는 예시도로, 도 12의 결과에 나타난 것과 같이 부동소수점 연산에서 실험을 통하여 얻은 스케일링 값을 32로 고정하고 선택형 재양자화 기법의 양자화 비트를 8비트와 16비트로 설정하여 상관처리 시뮬레이션을 수행한 결과, 16비트로 재양자화하기 때문에 데이터의 양이 많이 표현되어 상호상관스펙트럼(cross power spectrum)과 비지빌리티(visibility)에서 진폭이 증가되어 표시되지만, 8비트와 16비트의 결과모양이 거의 비슷한 것을 알 수 있다.
- [0065] 그러나, 도 10의 (b)와 도 11의 (a)에 나타난 바와 같이, 4비트로 재양자화를 선택한 경우 스펙트럼과 위상 부분에서 왜곡이 발생하는 것을 알 수 있다.
- [0066] 상기와 같이, 본 발명에 따른 선택형 재양자화 방법에 대해 주어진 시스템 자원을 최대한 활용하여 VCS에 적용할 때 신호의 왜곡을 방지하는 방법에서는, 먼저 FFT의 버터플라이 연산에서 오버플로우를 방지하기 위해 관측 데이터에 대해 적절한 스케일링 값을 찾고, 재양자화 비트는 최소한 8비트 이상을 도입할 수 있다. 그 결과, 전체 상관처리 시스템의 성능을 효과적으로 개선할 수 있다.
- [0067] 상기 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 관측데이터를 대상으로 VCS에서 상관처리 시험을 수행하였다.
- [0068] VCS에는 선택형 재양자화 방법으로 양자화 비트는 8비트를 적용하였으며, 시험을 통하여 적절한 스케일링 값을 선택하였다.
- [0069] 실험에 사용된 관측데이터는, 대상 천체로 3C454.3이고 KVN을 이용하여 19분 동안 관측하였다. 기존의 선택형 재양자화 기법을 확장하여 VCS에서 8비트로 설정하고, FFT 처리 후 데이터를 추출하는 비트의 범위에 따른 상관결과의 영향을 확인하고자 상관처리를 수행하였으며, 그 결과를 도 13에 나타내었다.
- [0070] 도 13에 나타난 바와 같이, AIPS에서 프린지 피팅(fringe fitting)을 하기 전에 상관 결과로부터 상호상관스펙트럼과 위상에 대해 나타내었다.
- [0071] 도 13의 (a)는 데이터를 추출할 때 14번째 비트부터 8비트를 선택하여 추출하고, 도 13의 (b)에서는 12번째부터 8비트를 선택하도록 설정한 후의 결과를 나타내고 있다.
- [0072] 도 13의 (b)의 12번째부터 8비트 데이터를 추출할 때 위상의 변화는 없으나 상관 스펙트럼의 진폭이 60에서 200 정도로 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

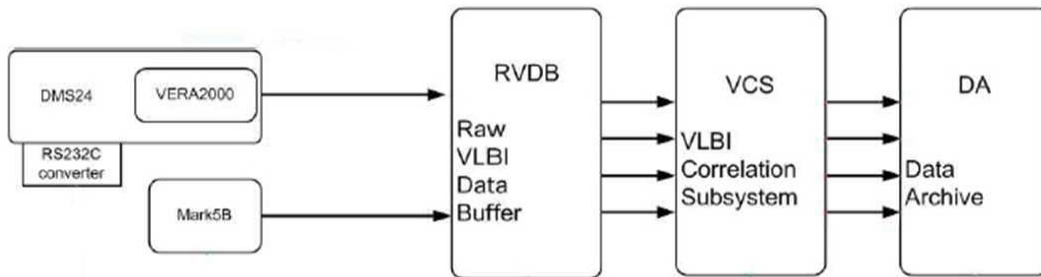
[0073] 상기 본 발명의 내용은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

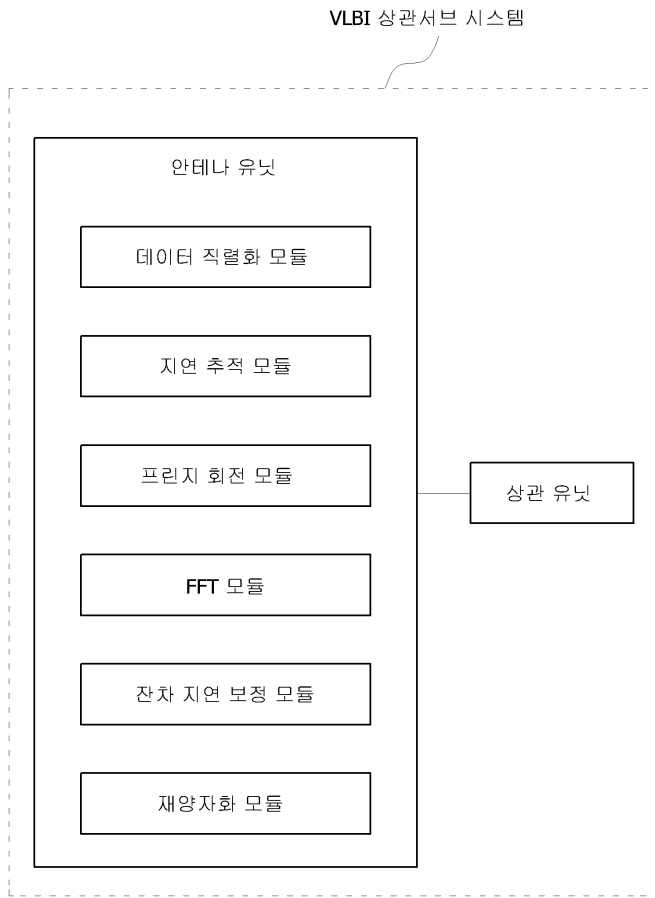
- [0074] 10, 20 : 재양자화부
 110 : 비트분포 계산모듈
 120 : FFT 결과값 수신모듈
 130 : 유효비트 선택모듈
 140 : 인코더
 210 : FFT 결과값 수신모듈
 220 : 문턱치(threshold) 결정모듈
 230 : 비교모듈
 240 : 인코더

도면

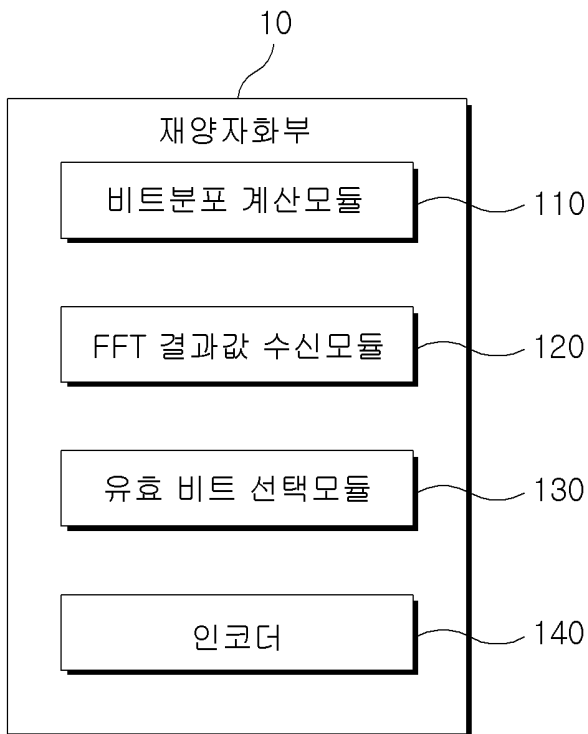
도면1



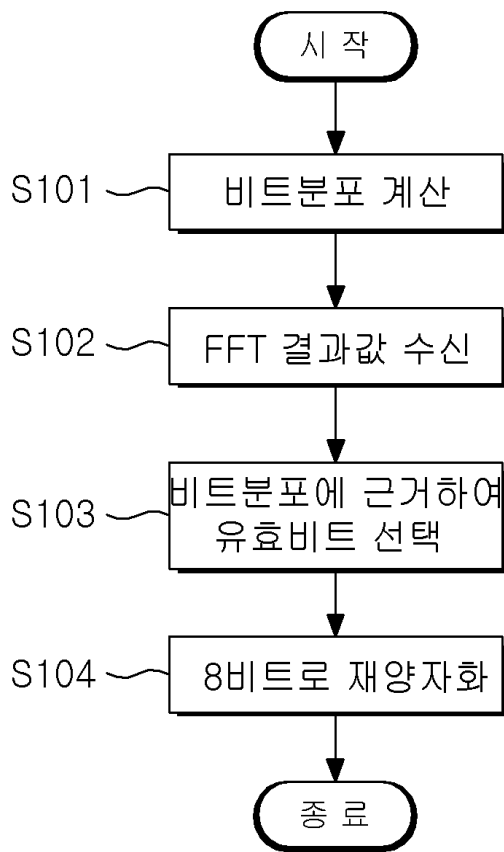
도면2



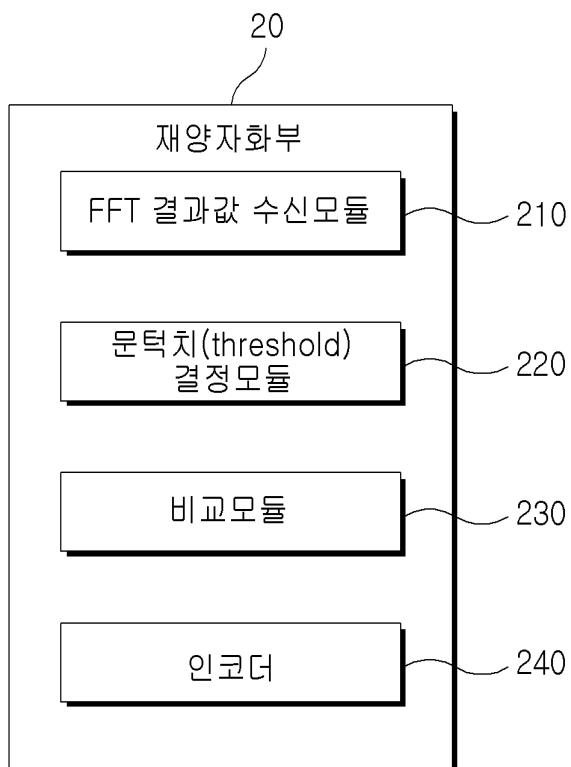
도면3



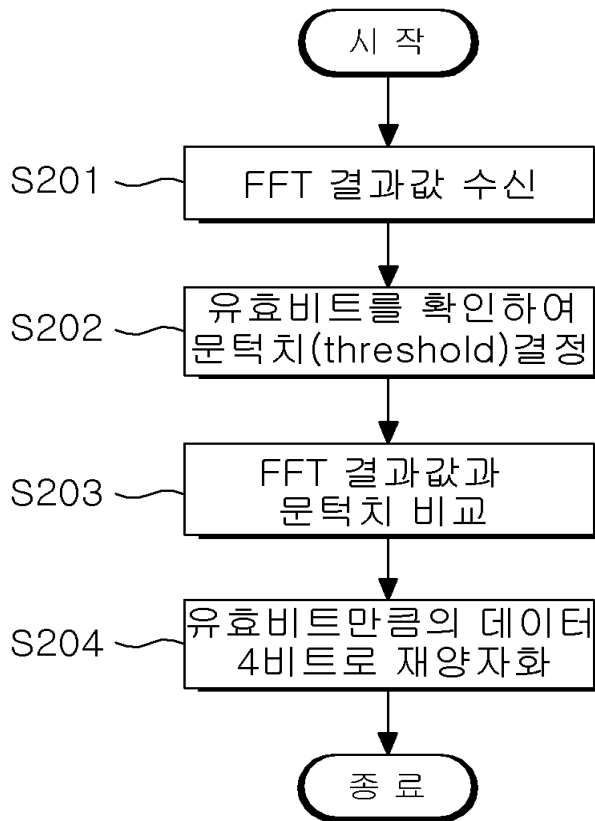
도면4



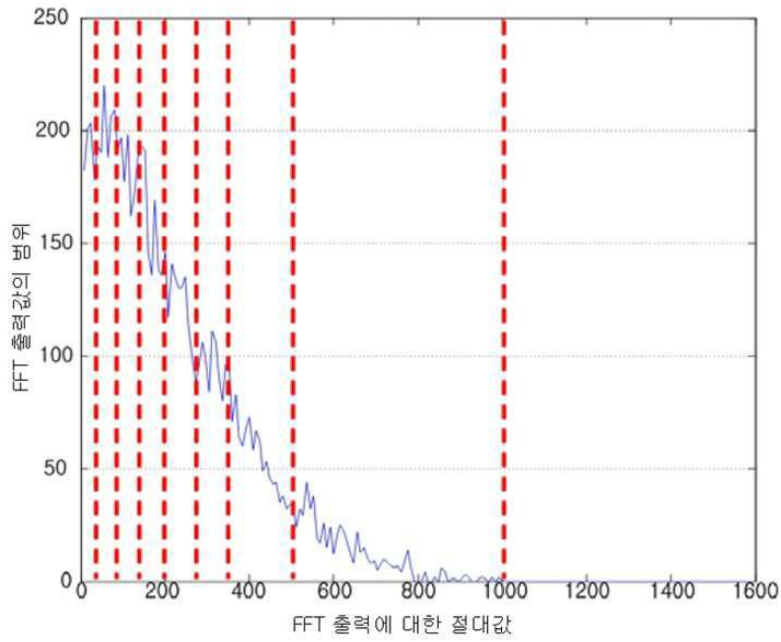
도면5



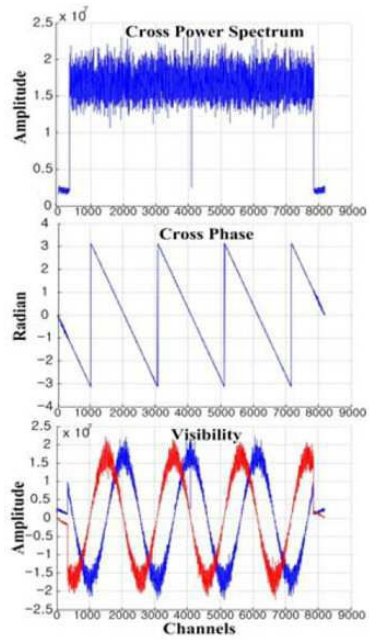
도면6



도면7

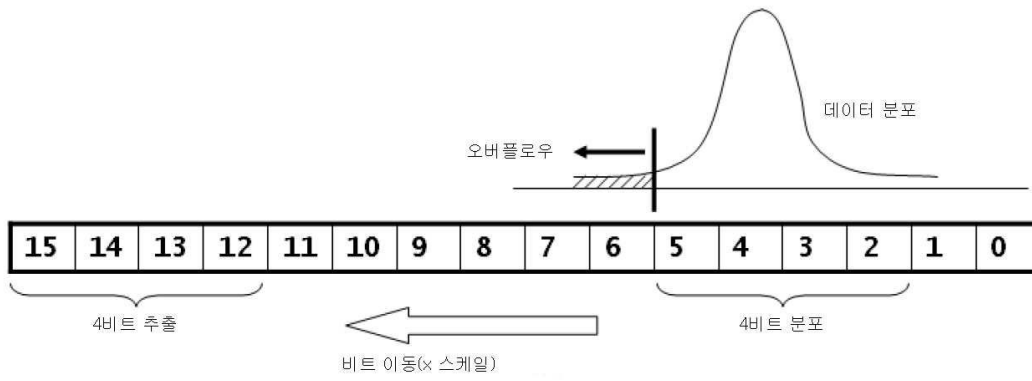


(a)

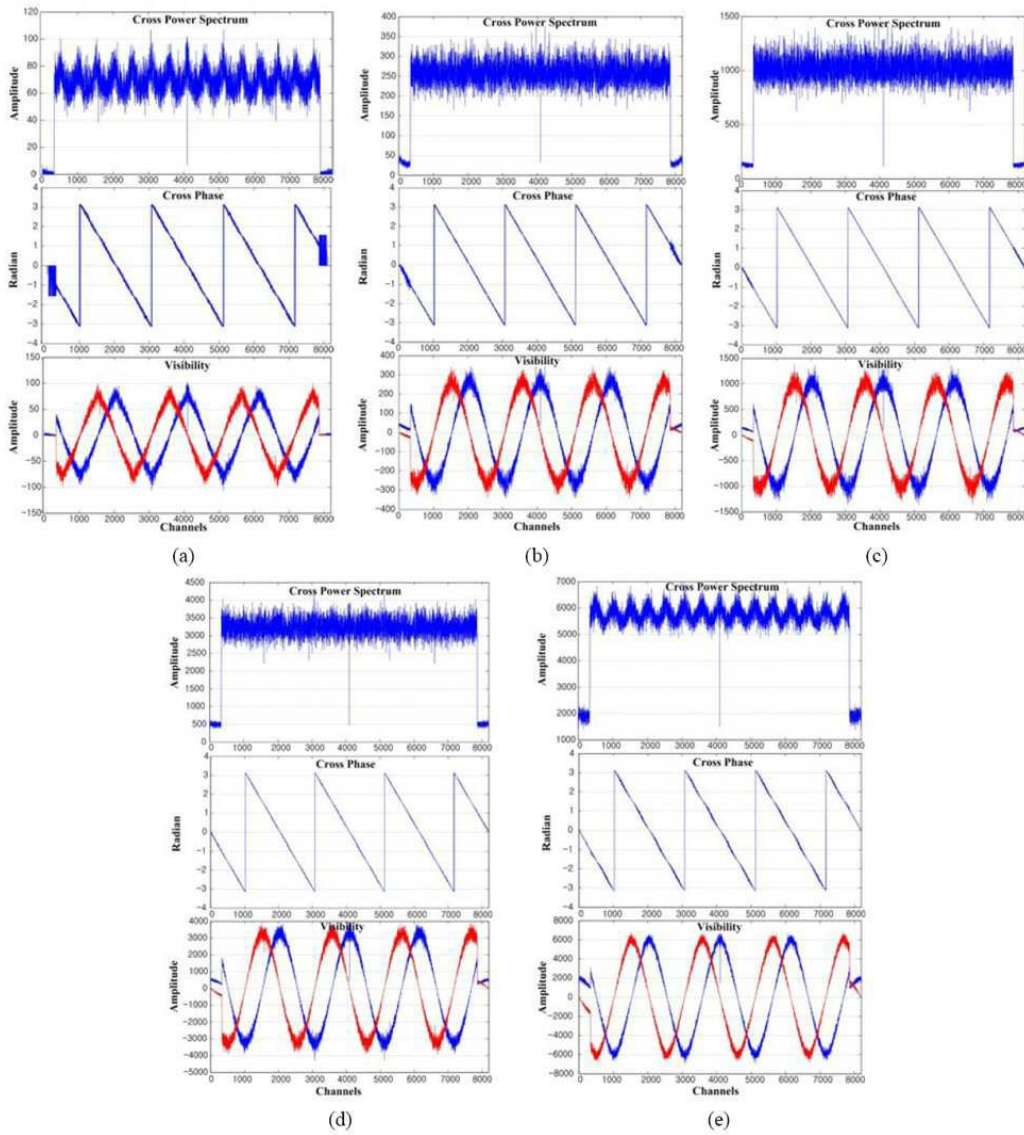


(b)

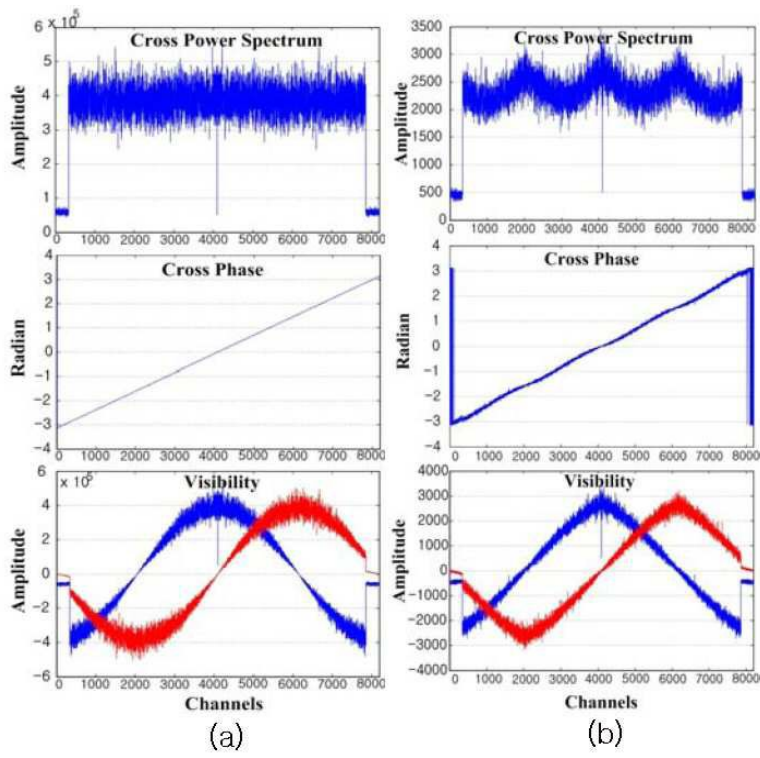
도면8



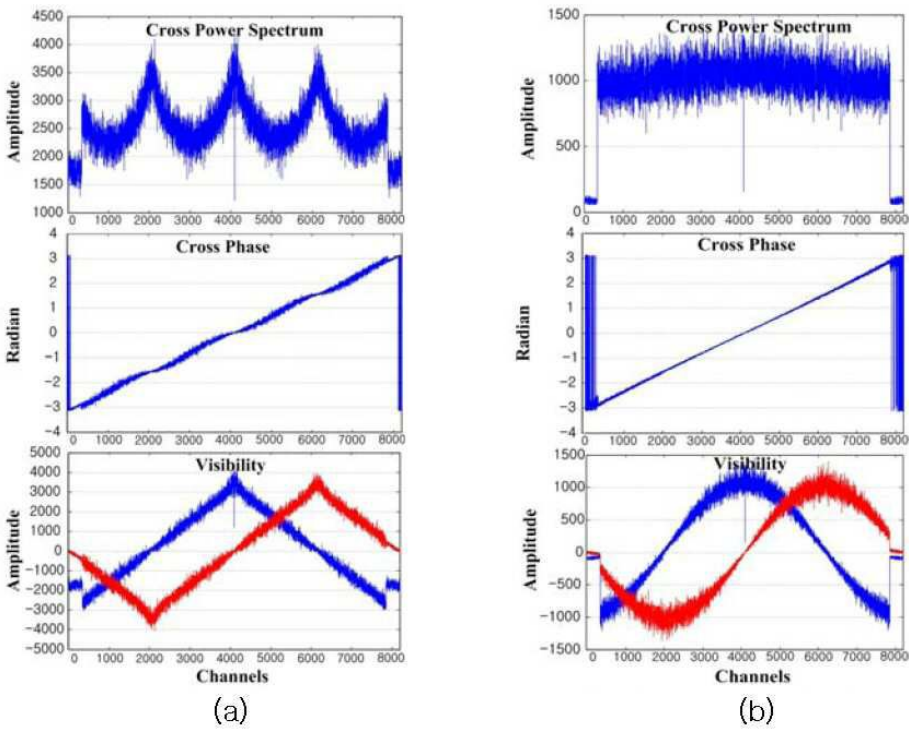
도면9



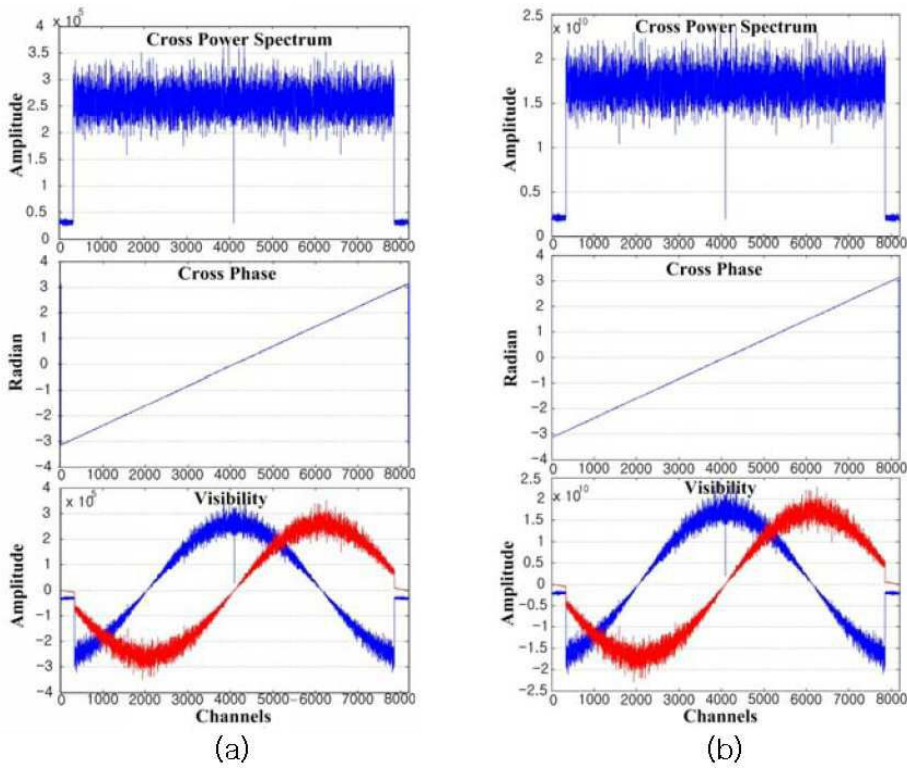
도면10



도면11



도면12



도면13

