

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H04N 7/015 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년06월30일 10-0594269 2006년06월21일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0023176 2004년04월03일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0097393 2005년10월07일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자	삼성전자주식회사 경기도 수원시 영통구 매탄동 416
(72) 발명자	짱준령 경기도용인시기홍읍삼성전자(주)기홍공장남자기숙사 강기동 경기도안양시동안구호계동1052-5목련우성아파트503-1205
(74) 대리인	리엔목특허법인 이해영

심사관 : 최훈

(54) 주파수 위상 동기루프회로 및 이를 사용하는 ATSC DTV 복조기.

요약

여러 가지 원인으로 인하여 파일럿 톤(pilot tone)이 심하게 희미하여 지는 경우에도 주파수 및 위상에 대한 트래킹(tracking)이 짧은 시간 내에 이루어지도록 하는 주파수 위상 동기루프(Frequency Phase Locked Loop) 회로 및 이를 채용하는 ATSC DTV 복조기에 대하여 개시한다. 상기 주파수 위상 동기루프회로는, 평균전력 주파수 판별장치, 평균값 계산기, 코스타스 위상 판별기, 루프필터 및 덧셈기를 구비한다. 상기 주파수 위상 동기루프회로는, 먼저 상기 평균전력 주파수 판별장치, 상기 평균값 계산기 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제1경로를 이용하여 캐리어 주파수를 획득하고, 이어서 상기 코스타스 위상 판별장치, 상기 루프필터 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제2경로를 이용하여 획득된 캐리어 주파수의 위상을 트래킹 한다. 상기 ATSC DTV 복조기는, ADC, 다중위상필터, 곱셈블록, 필터블록, 업 컨버터, 심볼 타이밍 복원장치, 주파수 위상 동기루프회로, NCO 및 위상 이동기를 구비한다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 간단한 설명이 제공된다.

도 1은 종래의 ATSC DTV 복조기의 블록 다이어그램이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 ATSC DTV 복조기의 블록 다이어그램이다.

도 3은 도 2에 도시된 주파수 위상 동기루프회로(271)의 일 실시 예를 나타내는 블록 다이어그램이다.

도 4는 수학적 식 4에 표시된 제3가지신호에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸다.

도 5는 도 3에 도시된 평균전력 주파수 판별장치의 주파수 오프셋 DELTA ω 에 대한 예러함수 $e[\{t\}_{n}]$ 을 나타내는 곡선이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 디지털 텔레비전에 관한 것으로서, 특히, ATSC DTV 복조기(Advanced Television Systems Committee Digital Television demodulator)에 인가되는 캐리어 주파수의 오프셋에 대응하는 에러신호를 출력하는, 평균전력 주파수 판별장치(Mean Power Frequency Discriminator)에 관한 것이다.

ATSC DTV 수신기(receiver)에 사용되는 복조기(demodulator)는, ATSC DTV 송신기(transmitter)에서 송신한 변조된(modulated) 디지털 신호를 복원한다. ATSC DTV 수신기는, 변조된 디지털 신호를 복원하기 위하여, 송신기에서 보내준 신호의 캐리어 주파수를 획득(acquisition)하여야 한다. 송신 신호의 캐리어 주파수를 획득하기 위하여, 주파수 위상 동기 루프(Frequency Phase Locked Loop)를 사용하는 것이 일반적이다.

ATSC DTV 복조기에서 상기 디지털 신호를 복원하기 위해서, 먼저 캐리어 주파수에 대한 트래킹을 수행하여 캐리어 주파수를 획득한 다음, 위상에 대한 트래킹을 수행하는 것이 일반적이다.

도 1은 종래의 ATSC DTV 복조기의 블록 다이어그램이다.

도 1을 참조하면, 상기 ATSC DTV 복조기는, ADC(110), PPF(120), 곱셈블록(130), 필터블록(140), 업 컨버터(150), STR(160), FPLL(170), NCO(180) 및 위상 이동기(190)를 구비한다.

ADC(Analog to Digital Converter, 110)는, ATSC DTV 전송기(transmitter, 미도시)로부터 전송되어온 아날로그 신호 R(t)를 디지털 신호로 변환시킨다.

PPF(Poly Phase Filter, 120)는, ADC(110)에서 출력되는 디지털 신호를 수신하여, 샘플링 주파수 $f_s (= \frac{1}{T_s})$ 로 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 을 생성시킨다. 여기서, T_s 는 샘플링 시간이고, $t_n = n \cdot T_s$ 이며, n은 정수이다. PPF(120)의 동작은, STR(Symbol timing recovery, 160)의 출력신호에 의하여 제어된다.

곱셈블록(130)은, 제1곱셈기(131) 및 제2곱셈기(132)를 구비한다.

제1곱셈기(131)는, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 및 제1정현파 신호(f_{s1})를 곱하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 와 위상이 동일한(In Phase) 제1가지신호 $I[t_n]$ 을 출력한다. 제2곱셈기(132)는, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 및 제2정현파 신호(f_{s2})를 곱하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 와 위상이 소정의 각도 차이가 나는(Quadrature) 제2가지신호 $Q[t_n]$ 을 출력한다.

필터블록(140)은, 제1MF(141, Matched Filter) 및 제2MF(142)를 구비한다.

제1MF(141)는, 제1가지신호 $I[t_n]$ 에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제3가지신호 $I[t_n]$ 을 출력한다. 제2MF(142)는, 제2가지신호 $Q[t_n]$ 에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제4가지신호 $Q[t_n]$ 을 출력한다.

업 컨버터(150)는, 제3가지신호 $I[t_n]$ 및 제4가지신호 $Q[t_n]$ 을 이용하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 의 실수 성분을 추출한 신호 $R_e[t_n]$ 을 STR(160) 및 PPLL(170)에 전송하고, 허수 성분을 추출한 신호 $Im[t_n]$ 을 PPLL(170)에 전송한다.

STR(160)은, 실수성분신호 $R_e[t_n]$ 를 이용하여 PPF(120)에서의 샘플링 주파수 및 타이밍 위상(timing phase)을 제어하는 제어신호(C1)를 출력한다.

FPLL(170, Frequency and Phase Locked Loop)은, 실수성분신호 $R_e[t_n]$ 및 허수성분신호 $Im[t_n]$ 를 이용하여 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 에 포함된 주파수 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 에러신호 $e[t_n]$ 을 출력한다.

NCO(Number Controlled Oscillator, 180)는, FPLL(170)의 출력신호에 따라 주파수가 결정되는 제1정현파 신호(fs1, fixed frequency sinusoidal signal) $\cos((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 를 출력한다.

위상 이동장치(190, phase shifter)는, 제1정현파 신호(fs1)의 위상을 90도 이동시킨 제2정현파 신호(fs2) $\sin((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 를 출력한다.

여기서 $\Delta\omega$ 및 ϕ 는 ATSC DTV의 송신기(미도시)와 상기 복조기(100) 사이의 주파수 오프셋(frequency offset) 및 위상 오프셋(phase offset)을 각각 나타낸다.

ATSC DTV 송신기에서 전송하는 아날로그 신호 $R(t_n)$ 에 파일럿 톤(pilot tone)이 포함되어 있을 때에는, 종래의 FPLL(170)을 이용하여 행하는 캐리어 신호의 주파수 및 위상에 대한 트래킹은 신뢰할 수 있다.

그러나, 상기 아날로그 신호 $R(t_n)$ 에 파일럿 톤이 포함되어 있지 않거나, 파일럿 톤이 전송되는 과정에서 희미하여 진다면, 종래의 FPLL(170)을 이용하여 행하는 캐리어 신호의 주파수 및 위상에 대한 트래킹은 신뢰할 수 없다.

특히, 상기 아날로그 신호 $R(t_n)$ 가 다중 경로 채널(multi path channel)을 통하여 ATSC DTV 수신기에 수신된 경우, 신호에 포함된 파일럿 톤이 심각하게 희미하여(faded) 지게 되므로, 종래의 FPLL(170)을 이용하여 캐리어 신호의 주파수 및 위상에 대한 트래킹은 신뢰할 수 없게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는, 여러 가지 원인으로 인하여 파일럿 톤(pilot tone)이 심하게 희미하여 지는 경우에도 캐리어 신호의 주파수 및 위상에 대한 트래킹(tracking)이 짧은 시간 내에 이루어지도록 하는 주파수 위상 동기(Frequency Phase Locked Loop) 회로를 제공하는데 있다.

본 발명이 이루고자하는 다른 기술적 과제는, 여러 가지 원인으로 파일럿 톤이 심하게 희미하여 지는 경우에도 캐리어 신호의 주파수 및 위상에 대한 트래킹이 짧은 시간 내에 이루어지도록 하는 ATSC DTV 복조기를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 상기 주파수 위상 동기루프회로는, 평균전력 주파수 판별장치, 평균값 계산기, 코스타스 위상 판별기, 루프필터 및 덧셈기를 구비한다.

상기 주파수 위상 동기루프회로는, 소정의 샘플링 된 신호와 위상이 일치하는 제1가지신호, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 차이가 나는 제2가지신호, 상기 샘플링 된 신호의 실수성분신호 및 상기 샘플링 된 신호의 허수성분신호를 수신하여 상기 샘플링 된 신호의 캐리어 주파수 및 위상을 판별한다.

상기 평균전력 주파수 판별장치(Mean Power Frequency Discriminator)는, 상기 제1가지신호 및 상기 제2가지신호에 소정의 연산을 수행하여, 상기 샘플링 된 신호에 포함된 주파수 오프셋에 대응하는 제1에러신호를 출력한다. 상기 평균값 계산기(Mean calculator)는, 상기 제1에러신호의 평균을 취하여, 캐리어 신호의 주파수 오프셋에 대한 정보를 가지고 있는 제2에러신호를 출력한다.

상기 코스타스 위상 판별장치(Costas Phase Discriminator)는, 상기 실수성분신호 및 상기 허수성분신호를 이용하여 캐리어 신호의 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 신호를 출력한다. 상기 루프필터는, 상기 코스타스 위상 판별장치의 출력신호에 포함된 고주파 잡음을 제거한다.

상기 제1덧셈기는, 상기 평균값 계산기 및 상기 루프필터의 출력신호를 더하여 상기 샘플링 된 신호에 포함된 캐리어 주파수 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 제3에러신호를 출력한다.

상기 주파수 위상 동기루프회로는, 먼저 상기 평균전력 주파수 판별장치, 상기 평균값 계산기 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제1경로를 이용하여 캐리어 주파수를 획득하고, 이어서 상기 코스타스 위상 판별장치, 상기 루프필터 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제2경로를 이용하여 획득된 캐리어 주파수의 위상을 트래킹 한다.

상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 상기 ATSC DTV 복조기는, ADC, 다중위상필터, 곱셈블록, 필터블록, 업 컨버터, 심볼 타이밍 복원장치, 주파수 위상 동기루프회로, NCO 및 위상 이동기를 구비한다.

상기 ADC(Analog to Digital Converter)는, ATSC DTV 전송기(transmitter)로부터 전송되어온 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시킨다. 상기 중위상필터(Poly Phase Filter)는, 상기 ADC에서 출력되는 디지털 신호 및 소정의 제어신호를 수신하여, 소정의 제어신호에 따라 변하는 샘플링 주파수 f_s 로 샘플링 된 신호를 생성시킨다. 상기 곱셈블록은, 상기 샘플링 된 신호, 소정의 제1정현파 신호 및 소정의 제2정현파 신호를 수신하여, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 동일한(In Phase) 제1가지신호 및 상기 샘플링 된 신호와 위상이 차이가 나는(Quadrature) 제2가지신호를 출력한다.

상기 필터블록은, 상기 제1가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제3가지신호 및 상기 제2가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제4가지신호를 출력한다. 상기 업 컨버터는, 상기 제3가지신호 및 상기 제4가지신호를 이용하여, 상기 샘플링 된 신호의 실수 성분을 추출한 실수성분신호 및 허수 성분을 추출한 허수성분신호를 출력한다. 상기 심볼 타이밍 복원장치(Symbol Timing Recovery unit)는, 상기 실수성분신호를 이용하여 상기 제어신호를 출력한다.

주파수 위상 동기루프 회로(Frequency Phase Locked Loop Circuit)는, 상기 제1가지신호, 상기 제2가지신호, 상기 실수성분신호 및 상기 허수성분신호를 이용하여, 상기 샘플링 된 신호에 포함된 주파수 오프셋 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가진 에러신호를 출력한다. 상기 NCO(Number Controlled Oscillator)는, 상기 주파수 위상 동기루프 회로의 출력신호에 따라 주파수가 결정되는 상기 제1정현파 신호(sinusoidal signal)를 출력한다. 상기 위상 이동장치(phase shifter)는, 상기 제1정현파 신호의 위상을 소정의 각도 이동시킨 상기 제2정현파 신호를 출력한다.

본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 도면에 기재된 내용을 참조하여야 한다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 ATSC DTV 복조기의 블록 다이어그램이다.

도 2를 참조하면, 상기 ATSC DTV 복조기는, ADC(210), PPF(220), 곱셈블록(230), 필터블록(240), 업 컨버터(250), STR(260), 주파수 및 위상 트래킹 회로(frequency and phase tracking circuit; 270), NCO(280) 및 위상 이동기(290)를 구비한다.

ADC(Analog to Digital Converter, 210)는, ATSC DTV 전송기(transmitter, 미도시)로부터 전송되어온 아날로그 신호 R(t)를 디지털 신호로 변환시킨다.

다중위상필터(Poly Phase Filter, 220)는, ADC(110)에서 출력되는 디지털 신호를 수신하여, 샘플링 주파수

$f_s (= \frac{1}{T_s})$ 로 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 을 생성시킨다. 여기서, T_s 는 샘플링 시간이고, $t_n = n \cdot T_s$ 이며, n 은 정수이다. PPF(220)의 동작은, STR(Symbol timing recovery, 260)의 출력신호에 의하여 제어된다.

곱셈블록(230)은, 제1곱셈기(231) 및 제2곱셈기(232)를 구비한다.

제1곱셈기(231)는, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 및 제1정현파 신호(fs1)를 곱하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 와 위상이 동일한(In Phase) 제1가지신호 $I[t_n]$ 을 출력한다. 제2곱셈기(232)는, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 및 제2정현파 신호(fs2)를 곱하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 에 대하여 소정의 위상 값이 차이가 나는(Quadrature) 제2가지신호 $Q[t_n]$ 을 출력한다.

필터블록(low pass filter block, 240)은, 제1MF(241, Matched Filter) 및 제2MF(242)를 구비한다.

제1MF(241)는, 제1가지신호 $I[t_n]$ 에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제3가지신호 $I[t_n]$ 을 출력한다. 제2MF(242)는, 제2가지신호 $Q[t_n]$ 에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제4가지신호 $Q[t_n]$ 을 출력한다.

업 컨버터(250)는, 제3가지신호 $I[t_n]$ 및 제4가지신호 $Q[t_n]$ 을 이용하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 의 실수 성분을 추출한 신호 $R_e[t_n]$ 을 STR(260) 및 PPLL(270)에 전송하고, 허수 성분을 추출한 신호 $Im[t_n]$ 을 주파수 및 위상 트래킹 회로(270)에 전송한다.

심볼 타이밍 복원장치(260, Symbol Timing Recover unit)는, 상기 실수성분신호 $R_e[t_n]$ 을 이용하여 PPF(220)에서의 샘플링 주파수 및 타이밍 위상(timing phase)을 제어하는 제어신호(C1)를 출력한다.

주파수 위상 동기루프회로(270, Frequency and Phase Locked Loop circuit)는, 평균전력 주파수 판별장치(271), 평균값 계산기(272), 코스타스 PD(273), 루프필터(274) 및 제1덧셈기(275)를 구비한다.

평균전력 주파수 판별장치(271, Mean Power Frequency Discriminator; MP-FD)는, 곱셈블록(230)으로부터 제1가지신호 $I[t_n]$ 및 제2가지신호 $Q[t_n]$ 에 소정의 연산을 수행하여, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 에 포함된 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 에 대응하는 제1에러신호 $e[t_n]$ 을 출력한다.

평균값 계산기(272, Mean)는, MP-FD(271)로부터 수신한 제1에러신호 $e[t_n]$ 의 평균을 취하여 제2에러신호 $e^2[t_n]$ 을 출력한다. 캐리어 신호의 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 에 대한 정보를 가지고 있는 제2에러신호 $e^2[t_n]$ 는, NCO(280)에서 출력되는 신호의 발진주파수(oscillation frequency)를 적응적으로(adaptively) 제어함으로써, 캐리어 신호의 주파수를 획득(acquisition)할 수 있도록 한다.

코스타스 위상 판별기(273, costas Phase Discriminator; PD)는, 실수성분신호 $R_e[t_n]$, 허수성분신호 $Im[t_n]$ 을 이용하여 캐리어 신호의 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 신호를 출력한다. 루프필터(274, Loop Filter)는, 코스타스 PD(273)의 출력신호에 포함된 고주파 잡음을 제거한다.

제1덧셈기(275, Adder)는, 평균값 계산기(272) 및 루프필터(274)의 출력신호를 더하여 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 에 포함된 캐리어 주파수 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 제3에러신호 $E[t_n]$ 을 출력한다.

주파수 및 위상 트래킹 회로(270)에서는, 먼저 평균전력 주파수 판별장치(271), 평균값 계산기(272) 및 제1덧셈기(275)로 이어지는 제1경로를 이용하여 캐리어 주파수를 획득하고, 이어서 코스타스 위상 판별장치(273), 루프필터(274) 및 제1덧셈기(275)로 이어지는 제2경로를 이용하여 획득된 캐리어 신호의 위상을 트래킹 한다.

NCO(Number Controlled Oscillator, 280)는, 주파수 및 위상 트래킹 회로(270)의 출력신호에 따라 주파수가 결정되는 제1정현파 신호(fs1, fixed frequency sinusoidal signal) $\cos((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 를 출력한다.

위상 이동장치(290, phase shifter)는, 제1정현파 신호(fs1)의 위상을 90도 이동시킨 제2정현파 신호(fs2) $\sin((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 를 출력한다.

여기서 $\Delta\omega$ 및 ϕ 는 ATSC DTV 송신기(미도시)와 ATSC DTV 수신기(미도시)에서 사용하는 복조기(200) 사이의 주파수 오프셋(frequency offset) 및 위상 오프셋(phase offset)을 각각 나타낸다.

이하 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시 예에 따른 ATSC DTV 복조기의 동작에 대하여 설명한다.

다중위상필터(220)에서 출력되는, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 는, 수학식 1로 표시할 수 있다.

수학식 1

$$R[t_n] = x_{VSB,Re}[t_n] \cdot \cos(\omega_c \cdot t_n) - x_{VSB,Im}[t_n] \cdot \sin(\omega_c \cdot t_n) + n[t_n]$$

여기서 잔류측파대(Vestigial Side Band) 신호 $x_{VSB,Re}[t_n]$ 및 $x_{VSB,Im}[t_n]$ 은, ATSC DTV 송신기(미도시)로부터 ATSC DTV 수신기(미도시)에 전송된 신호의 실수부분(Real part) 및 허수부분(Imaginary part)을 샘플링 주파수 $f_s (= \frac{1}{T_s})$ 로 샘플링 한 신호를 나타낸다. ω_c 는, ATSC DTV 트랜스미터의 캐리어 주파수이며, $n[t_n]$ 은 AWGN(Additive White Gaussian Noise)를 샘플링 주파수 $f_s (= \frac{1}{T_s})$ 로 샘플링 한 신호이고, $t_n = n \cdot T_s$ (n은 정수)이다.

잔류측파대 신호 $x_{VSB,Re}[t_n]$ 및 $x_{VSB,Im}[t_n]$ 에는, ATSC DTV 표준에서 정의한 파일릿 톤이 존재한다. 수학식 1의 AWGN인 $n[t_n]$ 은, 후술하게 될 주파수 및 위상 트래킹 회로(270)의 내부 출력신호인 에러신호 $e[t_n]$ 의 평균 특성에는 영향을 미치지 않으므로, 수학식을 보다 간단하게 하기 위하여, 이 후에 유도(derivation)되는 수학식에서는 생략한다.

도 2를 참조하면, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 은, NCO(280)로부터 출력되는 제1정현파 신호(fs1) $\cos((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 와 제1곱셈기(231)에서 곱하여져 제1가지신호 $I[t_n]$ 을 생성시킨다.

또한, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 은, 위상 이동기(290)로부터 출력되는 제2정현파 신호(fs2) $\sin((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)$ 와 제2곱셈기(212)에서 곱하여져 제2가지신호 $Q[t_n]$ 을 생성시킨다.

곱셈블록(230)의 출력신호인 제1가지신호 $I[t_n]$ 및 제2가지신호 $Q[t_n]$ 은 각각 수학식 2 및 3으로 표시할 수 있다.

수학식 2

$$I[t_n] = \frac{1}{2} x_{VSB,Re}[t] \cdot [\cos(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) + \cos((2\omega_c + \Delta\omega) \cdot t_n + \phi)] + \frac{1}{2} x_{VSB,Im}[t] \cdot [\sin(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) - \sin((2\omega_c + \Delta\omega) \cdot t_n + \phi)]$$

수학식 3

$$Q[t_n] = \frac{1}{2} x_{VSB,Im}[t] \cdot [\cos(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) - \cos((2\omega_c + \Delta\omega) \cdot t_n + \phi)] - \frac{1}{2} x_{VSB,Re}[t] \cdot [\sin(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) + \sin((2\omega_c + \Delta\omega) \cdot t_n + \phi)]$$

도 3은 도 2에 도시된 주파수 위상 동기루프회로(271)의 일 실시 예를 나타내는 블록 다이어그램이다.

도 3을 참조하면, 주파수 위상 동기루프회로(271)는, 2개의 나이키스트 LPF(301 및 303, Nyquist Low Pass Filter), 2개의 제곱기능블록(302 및 304, square function block) 및 제2덧셈기(305)를 구비한다.

제1나이키스트 LPF(301, Nyquist Low Pass Filter)는, 나이키스트 기준조건(Nyquist criterion)을 만족하는 저역통과필터로서, 제1가지신호 $I'[t_n]$ 을 필터링하여 제3가지신호 $I''[t_n]$ 을 출력한다.

제2나이키스트 LPF(303, Nyquist Low Pass Filter)는, 나이키스트 기준조건을 만족하는 저역통과필터로서, 제2가지신호 $Q'[t_n]$ 을 필터링하여 제4가지신호 $Q''[t_n]$ 을 출력한다.

제3가지신호 $I''[t_n]$ 및 제4가지신호 $Q''[t_n]$ 는 수학식 4와 같이 표시할 수 있다.

수학식 4

$$I''[t_n] = \frac{1}{2} x_{VSB,Re}[t_n] \cdot \cos(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) * h[t_n] + \frac{1}{2} x_{VSB,Im}[t_n] \cdot \sin(\Delta\omega \cdot t_n + \phi) * h[t_n]$$

여기서, $h[\cdot]$ 는 나이키스트 저역통과필터의 임펄스 응답(impulse response)을 나타내고, *는 컨벌루션(convolution)을 나타낸다.

잔류측파대(Vestigial Side Band) 신호 $x_{VSB,Re}[t_n]$ 및 $x_{VSB,Im}[t_n]$ 는 수학식 5 및 수학식 6과 같이 주어진다.

수학식 5

$$x_{VSB,Re}[t_n] = [s[t_n] \cdot \cos(\omega_1 \cdot t_n)] * MF_{Tx}$$

수학식 6

$$x_{VSB,Im}[t_n] = [s[t_n] \cdot \sin(\omega_1 \cdot t_n)] * MF_{Tx}$$

여기서, $s[t_n]$ 은 전송되는 데이터이며, $s[t_n]$ 은 ATSC DTV 송신기(미도시)의 다운 컨버터(down converter)의 동작주파수이다. MF_{Tx} 는, ATSC DTV 전송기의 매치드 필터(matched filter)의 출력데이터로서, 수학식 5에서는 전송되는 신호의 I(In phase) 성분을 나타내고, 수학식 6에서는 전송되는 신호의 Q(Quadrature) 성분을 각각 나타낸다.

이하에서 본 발명의 일 실시 예에 따른 주파수 및 위상 트래킹 회로 및 ATSC DTV 복조기가, 주파수 및 위상의 오프셋에 대하여 트래킹 시간을 단축시키는 이유에 대하여 설명한다.

도 4는 수학식 4에 표시된 제3가지신호에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸다.

여기서, 점선은 임펄스 함수 $h[\cdot]$ 의 푸리에 변환 $H(f)$ 을 의미한다. $\sin(\omega_0 t)$ 및 $\cos(\omega_0 t)$ 의 푸리에 변환은 수학식 7 및 수학식 8과 같다.

수학식 7

$$\frac{j}{2} \{ \delta(f+f_0) - \delta(f-f_0) \}$$

수학식 8

$$\frac{1}{2} \{ \delta(f+f_0) + \delta(f-f_0) \}$$

여기서, $j = \sqrt{-1}$ 이다.

또한 잔류측파대 함수 $x_{VSB,Re}[t_n] \cdot \cos(\Delta\omega \cdot t_n + \phi)$ 및 $x_{VSB,Im}[t_n] \cdot \sin(\Delta\omega \cdot t_n + \phi)$ 에 대한 푸리에 변환은 수학식 9 및 수학식 10과 같이 표시된다.

수학식 9

$$\frac{1}{2} \{ X_{VSB,Re}(f+\Delta f) + X_{VSB,Re}(f-\Delta f) \}$$

수학식 10

$$\frac{j}{2} \{ X_{VSB,Im}(f+\Delta f) - X_{VSB,Im}(f-\Delta f) \}$$

도 4의 상단에 도시된 실선 및 굵은 실선은, 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 에 대한 스펙트럼 성분을 나타낸다.

도 4의 하단에 도시된 실선 및 굵은 실선은, 제1나이키스트 LPF(301)로부터 출력되는 $I[t_n]=\{R[t_n] \cdot [2\pi(f_c+\Delta f)t_n+\phi]\} * h[t_n]$ 에 대한 잔류측파대 스펙트럼 성분을 나타내며, 점선은 임펄스 응답 $h[t_n]$ 의 스펙트럼을 나타낸다.

도 4의 하단에 도시된 그래프와 같이, 만약 캐리어 주파수 오프셋 ($\Delta\omega=2\pi\Delta f$)이 H(f)의 경사 부분의 폭 보다 적을 경우, 도 3에 도시된 제곱기능블록(302)에서 구해지는 $I[t_n]$ 의 전력 양(power measurements)은 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 에 따라 단조롭게(monotonously) 변한다.

도 5는 도 3에 도시된 평균전력 주파수 판별장치의 주파수 오프셋 DELTA omega에 대한 예러함수 $e[t_n]$ 을 나타내는 곡선이다.

도 5를 참조하면, 예러함수 $e[t_n]$ 는, y 방향 축을 기준으로 서로 비대칭이다.

예러함수 $e[t_n]$ 는 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 이 증가함에 따라 감소한다. 도 4를 참조하면, 이것은 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 이 증가함에 따라 예러함수 $e[t_n]$ 의 스펙트럼이 H(f)의 프로파일(profile)과 멀어지도록 이동되기 때문이다.

이와는 반대로, 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 이 감소함에 따라 예러함수 $e[t_n]$ 는 증가한다. 이것은 상기 영역에서 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 이 증가함에 따라 예러함수 $e[t_n]$ 의 스펙트럼이 H(f)의 프로파일과 가까워지도록 이동되기 때문이다.

도 3을 참조하면, 캐리어 주파수 오프셋 $\Delta\omega$ 에 대한 예러함수 $e[t_n]$ 은, 제1가지신호 $I[t_n]$ 및 제2가지신호 $Q[t_n]$ 의 전력 양을 더한 것임을 알 수 있다. 상술한 내용은 도 3의 하부 경로를 구성하는 기능블록들(303 및 304)에 대한 경우에도 동일하게 적용될 수 있으며, 여기서는 설명을 생략한다.

이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명에 따른 주파수 위상 동기루프회로 및 ATSC DTV 복조기는, 다중경로 채널 등, 여러 가지 원인으로 인하여 파일럿 톤(pilot tone)이 심하게 희미하여(fade) 지는 경우에도 주파수 및 위상에 대한 트래킹(tracking)이 짧은 시간 내에 이루어질 수 있도록 하는 장점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

소정의 샘플링 된 신호와 위상이 일치하는 제1가지신호, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 차이가 나는 제2가지신호, 상기 샘플링 된 신호의 실수성분신호 및 상기 샘플링 된 신호의 허수성분신호를 수신하여 상기 샘플링 된 신호의 캐리어 주파수 및 위상을 판별하는 주파수 위상 동기루프회로에 있어서,

상기 제1가지신호 및 상기 제2가지신호에 소정의 연산을 수행하여, 상기 샘플링 된 신호에 포함된 주파수 오프셋에 대응하는 제1에러신호를 출력하는 평균전력 주파수 판별장치(Mean Power Frequency Discriminator);

상기 제1에러신호의 평균을 취하여, 캐리어 신호의 주파수 오프셋에 대한 정보를 가지고 있는 제2에러신호를 출력하는 평균값 계산기(Mean calculator);

상기 실수성분신호 및 상기 허수성분신호를 이용하여 캐리어 신호의 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 신호를 출력하는 코스타스 위상 판별장치(costas Phase Discriminator);

상기 코스타스 위상 판별장치의 출력신호에 포함된 고주파 잡음을 제거하는 루프필터; 및

상기 평균값 계산기 및 상기 루프필터의 출력신호를 더하여 상기 샘플링 된 신호에 포함된 캐리어 주파수 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 제3에러신호를 출력하는 제1덧셈기를 구비하며,

상기 주파수 위상 동기루프회로는, 먼저 상기 평균전력 주파수 판별장치, 상기 평균값 계산기 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제1경로를 이용하여 캐리어 주파수를 획득하고, 이어서 상기 코스타스 위상 판별장치, 상기 루프필터 및 상기 제1덧셈기로 이어지는 제2경로를 이용하여 획득된 캐리어 주파수의 위상을 트래킹 하는 것을 특징으로 하는 주파수 위상 동기루프회로.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 평균전력 주파수 판별장치는,

상기 제1가지신호에 나이퀴스트 제한조건(Nyquist Criterion)을 만족하는 저역통과 필터링하여 제3가지신호를 출력하는 제1나이퀴스트 저역통과필터(Nyquist Low Pass Filter);

상기 제2가지신호에 나이퀴스트 제한조건을 만족하는 저역통과 필터링하여 제4가지신호를 출력하는 제2나이퀴스트 저역통과필터;

상기 제3가지신호에 대하여 제곱연산(square operation)을 수행하는 제1제곱기능블록(square function block);

상기 제4가지신호에 대하여 제곱연산을 수행하는 제2제곱기능블록;

상기 제1제곱기능블록의 결과데이터 및 상기 제2제곱기능블록의 결과데이터를 더하여 상기 제1에러신호를 출력하는 제2덧셈기를 구비하는 것을 특징으로 하는 주파수 위상 동기루프회로.

청구항 3.

ATSC DTV 전송기(transmitter)로부터 전송되어온 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시키는 ADC(Analog to Digital Converter)

상기 ADC에서 출력되는 디지털 신호 및 소정의 제어신호를 수신하여, 소정의 제어신호에 따라 변하는 샘플링 주파수 f_s 로 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 을 생성시키는 다중위상필터(Poly Phase Filter);

상기 샘플링 된 신호, 소정의 제1정현파 신호 및 소정의 제2정현파 신호를 수신하여, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 동일한(In Phase) 제1가지신호 및 상기 샘플링 된 신호와 위상이 차이가 나는(Quadrature) 제2가지신호를 출력하는 곱셈블록;

상기 제1가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제3가지신호 및 상기 제2가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제4가지신호를 출력하는 필터블록;

상기 제3가지신호 및 상기 제4가지신호를 이용하여, 상기 샘플링 된 신호의 실수 성분을 추출한 실수성분신호 및 허수 성분을 추출한 허수성분신호를 출력하는 업 컨버터;

상기 실수성분신호를 이용하여 상기 제어신호를 출력하는 심볼 타이밍 복원장치(Symbol Timing Recovery unit);

상기 제1가지신호, 상기 제2가지신호, 상기 실수성분신호 및 상기 허수성분신호를 이용하여, 상기 샘플링 된 신호에 포함된 주파수 오프셋 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가진 에러신호를 출력하는 주파수 위상 동기루프 회로(Frequency Phase Locked Loop Circuit);

상기 주파수 위상 동기루프 회로의 출력신호에 따라 주파수가 결정되는 상기 제1정현파 신호(sinusoidal signal)를 출력하는 NCO(Number Controlled Oscillator); 및

상기 제1정현파 신호의 위상을 소정의 각도 이동시킨 상기 제2정현파 신호를 출력하는 위상 이동장치(phase shifter)를 구비하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기(Advanced Television Systems Committee Digital Television demodulator).

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 샘플링 된 신호 $R[t_n]$ 는,

$$t_n = n \cdot T_s \text{ (n은 정수)이고;}$$

상기 제1정현파 신호는,

$$\cos((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)) \text{이고;}$$

상기 소정의 각도는 90도이며;

상기 제2정현파 신호는,

$$\sin((\omega_c + \Delta\omega)t_n + \phi)) \text{이고;}$$

$T_s (= \frac{1}{f_s})$ 는 샘플링 시간을 나타내며, $\Delta\omega$ 및 ϕ 는 ATSC DTV 송신기(transmitter)와 ATSC DTV 수신기(receiver)에서 사용하는 상기 ATSC DTV 복조기 사이의 주파수 오프셋(frequency offset) 및 위상 오프셋(phase offset)을 각각 나타내는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

청구항 5.

제3항에 있어서, 상기 곱셈블록은,

상기 샘플링 된 신호 및 상기 제1정현파 신호를 곱하여, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 동일한(In Phase) 제1가지신호를 출력하는 제1곱셈블록; 및

제2곱셈블록을 구비하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

상기 샘플링 된 신호 및 상기 제2정현파 신호를 곱하여, 상기 샘플링 된 신호와 위상이 90도 차이가 나는(Quadrature) 제2 가지신호를 출력하는 제2곱셈블록을 구비하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

청구항 6.

제3항에 있어서, 상기 필터블록은,

상기 제1가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제3가지신호를 출력하는 제1매치드 필터; 및

상기 제2가지신호에 포함된 소정의 저주파 신호만을 통과시킨 제4가지신호를 출력하는 제2매치드 필터를 구비하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

청구항 7.

제3항에 있어서, 상기 주파수 위상 동기루프회로는,

상기 제1가지신호 및 상기 제2가지신호에 소정의 연산을 수행하여, 상기 샘플링 된 신호에 포함된 주파수 오프셋에 대응하는 제1에러신호를 출력하는 평균전력 주파수 판별장치(Mean Power Frequency Discriminator);

상기 제1에러신호의 평균을 취하여, 캐리어 신호의 주파수 오프셋에 대한 정보를 가지고 있는 제2에러신호를 출력하는 평균값 계산기(Mean calculator);

상기 실수성분신호 및 상기 허수성분신호를 이용하여 캐리어 신호의 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 신호를 출력하는 코스타스 위상 판별장치(costas Phase Discriminator);

상기 코스타스 위상 판별장치의 출력신호에 포함된 고주파 잡음을 제거하는 루프필터; 및

상기 평균값 계산기 및 상기 루프필터의 출력신호를 더하여 상기 샘플링 된 신호에 포함된 캐리어 주파수 및 위상 오프셋에 대한 정보를 가지는 제3에러신호를 출력하는 제1덧셈기를 구비하며,

상기 주파수 위상 동기루프회로는, 먼저 상기 평균전력 주파수 판별장치, 상기 평균값 계산기 및 상기 덧셈기로 이어지는 제1경로를 이용하여 캐리어 주파수를 획득하고, 이어서 상기 코스타스 위상 판별장치, 상기 루프필터 및 상기 덧셈기로 이어지는 제2경로를 이용하여 획득된 캐리어 주파수의 위상을 트래킹 하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 평균전력 주파수 판별장치는,

상기 제1가지신호에 나이퀴스트 제한조건(Nyquist Criterion)을 만족하는 저역통과 필터링을 수행하여 제3가지신호를 출력하는 제1나이퀴스트 저역통과필터(Nyquist Low Pass Filter);

상기 제2가지신호에 나이퀴스트 제한조건을 만족하는 저역통과 필터링을 수행하여 제4가지신호를 출력하는 제2나이퀴스트 저역통과필터;

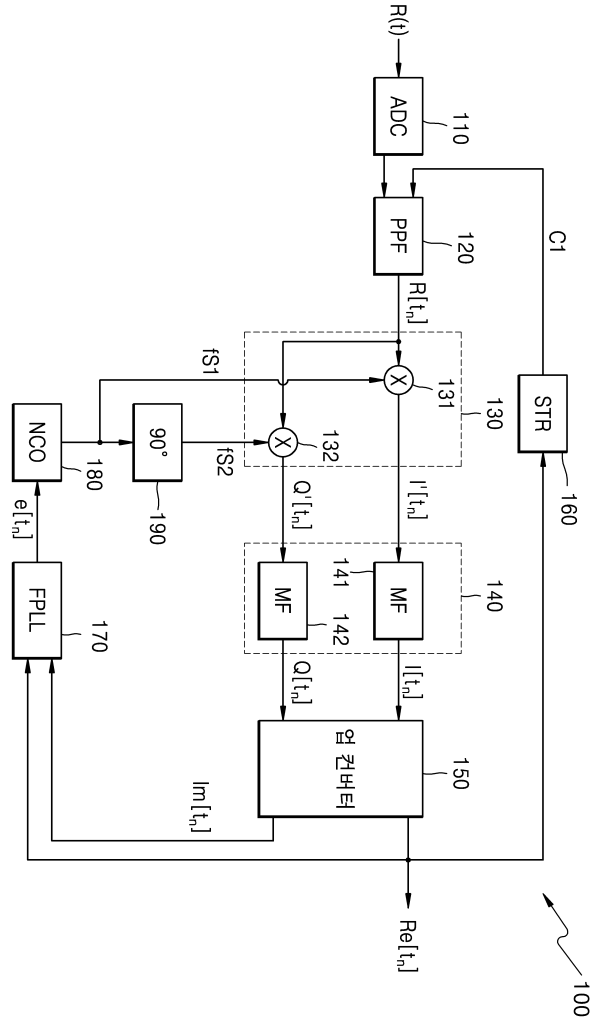
상기 제3가지신호에 대하여 제곱연산(square operation)을 수행하는 제1제곱기능블록(square function block);

상기 제4가지신호에 대하여 제곱연산을 수행하는 제2제곱기능블록;

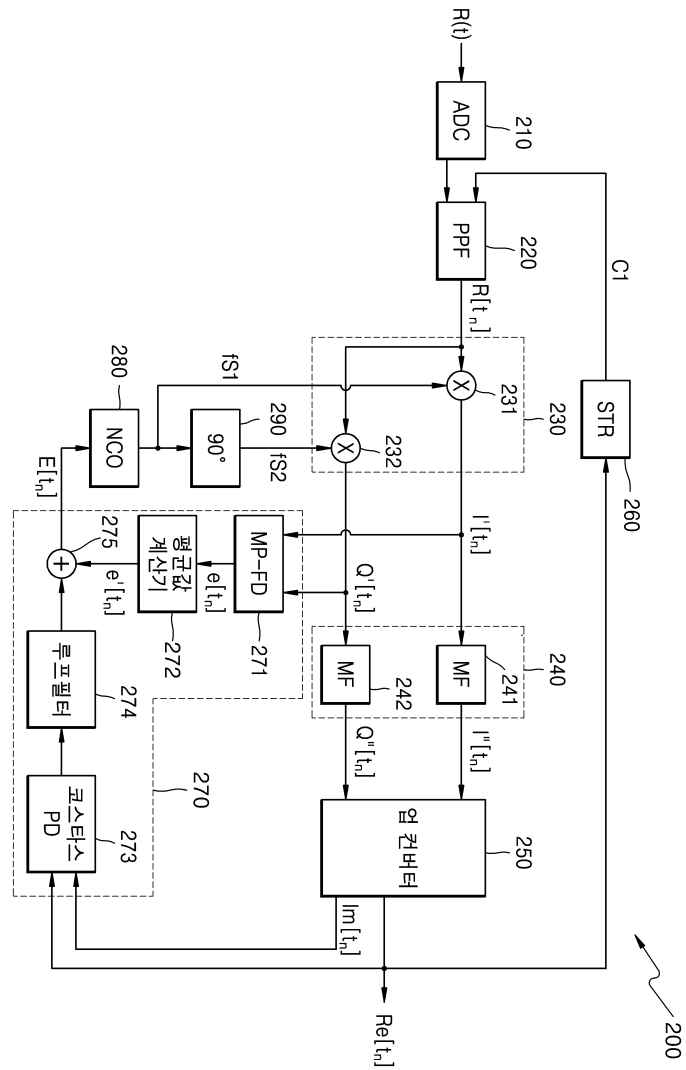
상기 제1제공기능블록의 결과데이터 및 상기 제2제공기능블록의 결과데이터를 더하여 상기 제1에러신호를 출력하는 제2 덧셈기를 구비하는 것을 특징으로 하는 ATSC DTV 복조기.

도면

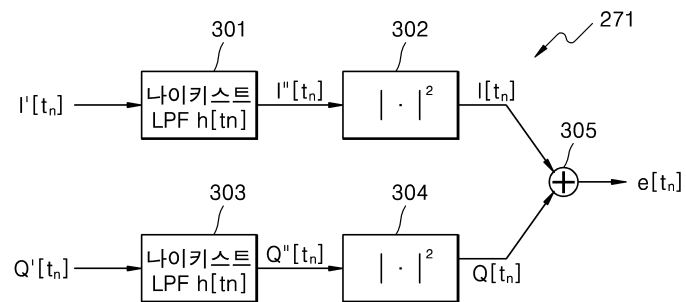
도면1



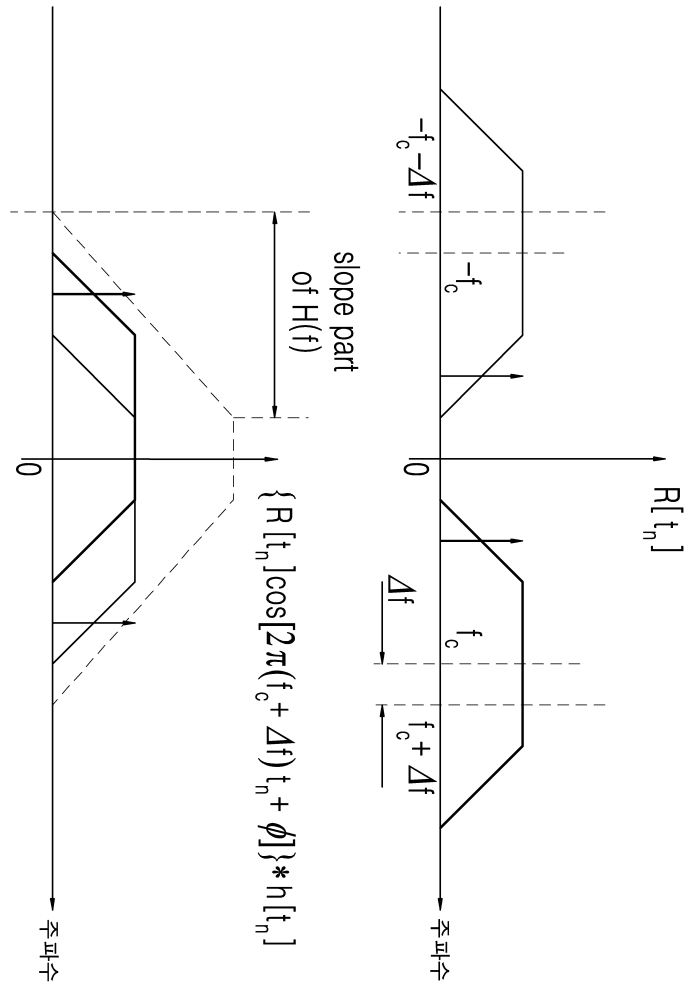
도면2



도면3



도면4



도면5

