



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04M 3/00 (2006.01)

H04M 3/02 (2006.01)

H04L 12/02 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0132926

(43) 공개일자 2006년12월22일

(21) 출원번호 10-2006-7018260

(22) 출원일자 2006년09월07일

심사청구일자 없음

변역문 제출일자 2006년09월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2005/001777

(87) 국제공개번호 WO 2005/094397

국제출원일자 2005년01월21일

국제공개일자 2005년10월13일

(30) 우선권주장 10/795,700 2004년03월08일 미국(US)

(71) 출원인 프리스케일 세미컨덕터, 인크.
미합중국 텍사스 (우편번호 78735) 오스틴 윌리엄 캐논 드라이브 웨스트 6501

(72) 발명자 페쏘아, 루치오 에프. 씨.
미국 78613 텍사스주 센트 파크 리틀 크릭 코브 2403
아지즈, 아산 유.
미국 78727 텍사스주 오스틴 에이피티. 927 센츄리 파크 블러바드3201
수, 웬 유
미국 78750 텍사스주 오스틴 아쉬턴 코브 10702

(74) 대리인 주성민
이중희
백만기

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 톤 이벤트 검출기 및 방법

(57) 요약

한 실시예에서, 톤 이벤트 검출기(18)는 먼저 입력 신호에 톤의 존재가 표시되어 있는지를 결정한 후, 상기 결정을 근거로, 입력 신호에서 톤이 검출되었는지의 여부를 선택적으로 결정한다. 예를 들어, 한 실시예에서, 톤의 존재가 먼저 표시된 경우에만 톤 검출이 실행된다. 따라서, 톤의 존재가 표시되어 있지 않으면, 톤 검출은 실행될 필요가 없다. 이는 톤 이벤트 검출기의 복잡성을 감소시키는데 도움을 줄 수 있는데, 톤의 존재를 표시하는데 간단한 방법이 사용될 수 있으며, 보다 복잡한 톤 검출 알고리즘들은 필요한 경우에만 사용될 수 있기 때문이다. 또한, 한 실시예에서, 검출된 톤이 유효 톤 이벤트에 대응하는지의 여부를 결정하는데 사용될 수도 있는 검출 톤에 대응하는 하나 이상의 톤 특성들을 생성하는 단계를 톤 검출이 포함한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

톤 이벤트 검출을 실행하는 방법에 있어서,

샘플링된 입력 신호를 수신하는 단계;

상기 샘플링된 입력 신호를 근거로 적어도 하나의 톤이 표시되었는지를 결정하는 단계;

적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 선택적으로 결정하는 단계 - 상기 선택적 결정 단계는,

상기 적어도 하나의 톤이 표시되었을 때 적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 결정하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 톤이 표시되지 않았을 때 적어도 하나의 톤이 검출되었는지의 결정을 통과하는 단계를 포함함 -; 및

적어도 하나의 톤이 검출되었을 때, 상기 적어도 하나의 톤이 톤 이벤트에 대응하는지를 결정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 샘플링된 입력 신호가 다중 주파수 톤 포맷을 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 결정하는 상기 결정 단계가 주파수 정보, 위상 정보, 타이밍 정보 및 크기 정보 중 적어도 하나를 제공하는 제1 톤 특성 값을 생성하기 위해 상기 샘플링된 입력 신호를 사용하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 톤이 톤 이벤트에 대응하는지를 결정하는 상기 결정 단계가 상기 적어도 하나의 톤이 톤 이벤트인지를 결정하기 위해 상기 제1 톤 특성을 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 샘플링된 입력 신호를 근거로 적어도 하나의 톤이 표시되었는지를 결정하는 상기 결정 단계가

상기 샘플링된 입력 신호의 에너지 추정값을 결정하는 단계;

상기 에너지 추정값의 적어도 하나의 세그먼트가 선정된 기간 동안 선정된 양의 분산 보다 적은 분산을 갖는지를 결정하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 세그먼트가 상기 선정된 기간 동안 상기 선정된 양의 분산 보다 적은 분산을 가질 때, 적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 결정하기 위해 상기 샘플링된 입력 신호를 제공하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5.

샘플링된 입력 신호의 크기, 위상 또는 주파수 중 적어도 하나를 분리하는 방법에 있어서,

상기 샘플링된 입력 신호를 수신하는 단계;

제어 신호를 근거로 타겟 신호를 생성하는 단계;

상기 타겟 신호와 상기 샘플링된 입력 신호 간의 위상차를 결정하는 단계;

상기 위상차를 사용해서 제1 신호 및 제2 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제1 신호 및 제2 신호를 사용해서 상기 제어 신호를 적용하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 제1 신호 및 제2 신호를 사용해서 상기 샘플링된 입력 신호의 위상을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7.

제5항에 있어서,

상기 샘플링된 입력 신호의 에너지 추정값을 결정하는 단계; 및

상기 제1 신호, 상기 제2 신호, 상기 제어 신호 및 상기 에너지 추정값을 사용해서 상기 샘플링된 입력 신호의 상기 크기, 상기 위상, 또는 상기 주파수 중 적어도 하나를 분리하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8.

톤 이벤트 검출기에 있어서,

샘플링된 입력 신호를 수신하기 위해 결합되어, 상기 샘플링된 입력 신호를 근거로 적어도 하나의 톤이 표시되었는지를 결정하는데 사용되는 톤 표시기;

상기 톤 표시기에 결합된 적어도 하나의 톤 검출기; 및

상기 톤 표시기 및 상기 적어도 하나의 톤 검출기에 결합된 제어 로직을 포함하고,

상기 적어도 하나의 톤 검출기는 상기 적어도 하나의 톤이 표시되었을 때 적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 결정하고 상기 샘플링된 입력 신호를 수신하도록 결합되며, 상기 적어도 하나의 톤 검출기는 상기 적어도 하나의 톤이 표시되지 않았을 때 통과되고,

상기 제어 로직은 적어도 하나의 톤이 검출되었을 때 상기 적어도 하나의 톤이 톤 이벤트에 대응하는지를 결정하는 것을 특징으로 하는 톤 이벤트 검출기.

청구항 9.

컴퓨터 판독 가능 매체를 통해 기억된 톤 이벤트 검출기에 있어서, 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는,

샘플링된 입력 신호를 수신하기 위한 제1 명령 집합;

상기 샘플링된 입력 신호를 근거로 적어도 하나의 톤이 표시되었는지를 결정하기 위한 제2 명령 집합;

적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 선택적으로 결정하기 위한 제3 명령 집합 - 상기 선택적 결정 단계는,

상기 적어도 하나의 톤이 표시되었을 때 적어도 하나의 톤이 검출되었는지를 결정하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 톤이 표시되지 않았을 때 적어도 하나의 톤이 검출되었는지의 결정을 통과하는 단계를 포함함 -; 및

적어도 하나의 톤이 검출되었을 때, 상기 적어도 하나의 톤이 톤 이벤트에 대응하는지를 결정하기 위한 제4 명령 집합

을 포함하는 것을 특징으로 하는 톤 이벤트 검출기.

청구항 10.

컴퓨터 판독 가능 매체를 통해 기억된 톤 이벤트 검출기에 있어서, 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는,

샘플링된 입력 신호를 수신하기 위한 제1 명령 집합;

제어 신호를 근거로 타겟 신호를 생성하기 위한 제2 명령 집합;

상기 타겟 신호와 상기 샘플링된 입력 신호 간의 위상차를 결정하기 위한 제3 명령 집합;

상기 위상차를 사용해서 제1 신호 및 제2 신호를 생성하기 위한 제4 명령 집합; 및

상기 제1 신호 및 제2 신호를 사용해서 상기 제어 신호를 적용하기 위한 제5 명령 집합

을 포함하는 것을 특징으로 하는 톤 이벤트 검출기.

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 톤 이벤트 검출에 관한 것으로, 구체적으로 말하자면, 톤 표시, 톤 검출 및 톤 이벤트 검출에 관한 것이다.

배경기술

톤 이벤트 검출은 텔레폰 네트워크를 통해 데이터 및 음성 커뮤니케이션을 공유하는 디지털 폰 시스템에서 중요한 애플리케이션이다. ITF(International Telecommunication Union)은 PSTN(Public Switched Telephone Network) 및 IP(Internet Protocol) 네트워크들 간의 내부 오퍼레이션을 정의하는, 패킷 네트워크(V.150)를 통한 데이터 전송(V-시리즈 모뎀 신호들)을 위한 표준을 개발해오고 있다. 데이터 전송 전 또는 데이터 전송중, 일련의 톤 이벤트들이 교환되어서, 톤 이벤트가 검출될 때마다, IP를 통한 적합한 데이터 커뮤니케이션을 개시 및 유지하기 위해 특정 액션들이 실행될 필요가 있다.

톤 이벤트는 상이한 변조 기법들을 갖는 다중 톤 세그먼트들의 결합 또는 싱글 톤을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 톤 이벤트는 온/오프 진폭 변조(AM)를 갖는 싱글 주파수 톤을 포함할 수도 있다. 다른 일례에서, 톤 이벤트는 싱글 주파수 톤에 이어지는 듀얼 주파수 컴포넌트 톤을 포함할 수도 있다. 또 다른 일례에서, 톤 이벤트는 정기적 위상 변경을 갖는 싱글 주파수 톤을 포함할 수도 있다. 따라서, 상이한 변조 기법들에 따라 톤 이벤트들을 신뢰성 있게 검출하는 것이 바람직하다. 검출될 필요가 있는 전형적인 몇몇 톤 이벤트들은 T.30 콜링 톤(CNG), V.25 콜링 톤(CT), V.25 앤서링 톤(ANS)/T30 CED, V.25 위상 역전 앤서링 톤(ANS_PR), V.8 진폭 변조 앤서링 톤(ANSam), V.8 진폭 변조 및 위상 역전 앤서링 톤(ANSam_PR), V.22 언스크램블 바이너리 원(USB1), V.21 채널 2 HDLC 플래그, TIA/EIA-825 TTY 톤, V.8bis 개시/응답, Q.24 듀얼 톤 다중 주파수(DTMF), 다중 주파수 톤(예를 들어, MFR1, MFR2) 등을 포함한다. 상기 톤 이벤트들은 크기, 주파수 또는 위상 또는 임의의 결합에 의해 변조된다. 또한, 톤 이벤트들은 동일한 톤 특성들을 갖는 신호의 세그먼트 당 하나 보다 많은 주파수 컴포넌트를 포함할 수도 있다.

디지털 폰 시스템을 통해 전송된 다수의 시그널링 톤들은 선정된 톤 이벤트들을 식별할 수 있는 상이한 타입들의 톤 검출기들을 요구한다. 그러나, 시스템에서 실행중인 다수의 독립 톤 검출기들을 가짐으로써, 고 복잡성이 야기될 수 있으며, 때때로 톤 이벤트 검출 에러가 야기될 수 있다. 톤 이벤트들을 검출하는 한가지 전형적인 방법은 특정 주파수에서 신호의 푸리에 변환을 효율적으로 추정하는 Goertzel 필터들을 근거로 한다. 주파수 값 범위, 컴포넌트 수 또는 타이밍에 따라, 요구되는 프로세싱 및 메모리 코스트가 상당히 증가할 수 있으며, 때때로, 바람직하지 않은 슬로 검출이 야기될 수 있다. 또한, (샘플링 레이트에 비해) 저주파수 컴포넌트를 갖는 톤들이 Goertzel 필터들을 사용해서 검출되기 위해 다수의 샘플들을 요구할 수도 있다. (따라서, 프로세싱 시간이 증가될 수 있다.)

발명의 상세한 설명

본 명세서에서 사용된 "버스"라는 용어는 데이터, 어드레스, 컨트롤 또는 상태와 같은 하나 이상의 다양한 타입들의 정보를 전송하는데 사용될 수 있는 다수의 신호들 또는 도체들을 언급하는데 사용된다. 본 명세서에 기술된 도체들은 싱글 도체, 다수의 도체들, 단방향 도체들 또는 양방향 도체들로 기술될 수도 있다. 그러나, 상이한 실시예들은 도체들의 구현을 다양하게 할 수도 있다. 예를 들어, 양방향 도체들이 아닌 개별 단방향 도체들이 사용될 수 있으며, 그 반대일 수도 있다. 또한, 다수의 도체들은 다중 신호들을 직렬로 전송하거나 타임-멀티플렉스 방식으로 전송하는 싱글 도체로 대체될 수도 있다. 마찬가지로, 다중 신호들을 캐리하는 싱글 도체들이 상기 신호들의 부집합들을 캐리하는 다양한 상이한 도체들로 개별화될 수도 있다. 따라서, 다수의 옵션들이 신호들을 전송하기 위해 존재한다.

"표명(assert)" 및 "취소(negate 또는 deassert)"라는 용어들은 신호, 상태 비트 또는 유사 장치를 논리적 참 또는 논리적 거짓 상태로 각각 렌더링할 때 사용된다. 논리적 참 상태가 로직 레벨 1이면, 논리적 거짓 상태는 로직 레벨 0이 된다. 논리적 참 상태가 로직 레벨 0이면, 논리적 거짓 상태는 로직 레벨 1이 된다.

연결성(connectivity)

도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 커뮤니케이션 시스템(10)의 블록도이다. 커뮤니케이션 시스템(10)은 송신기/수신기(12), 톤 이벤트 검출기(14), 커뮤니케이션 네트워크(16), 톤 이벤트 검출기(18), 송신기/수신기(20) 및 제어 버스(22)를 포함한다. 제어 버스(22)는 송신기/수신기(12), 톤 이벤트 검출기(14), 커뮤니케이션 네트워크(16), 톤 이벤트 검출기(18) 및 송신기/수신기(20)에 양방향으로 결합된다. 송신기/수신기(12)는 송신기/수신기(20)에 양방향으로 결합된 톤 이벤트 검출기(18)에 양방향으로 결합된 커뮤니케이션 네트워크(16)에 양방향으로 결합된 톤 이벤트 검출기(14)에 양방향으로 결합된다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 톤 이벤트 검출기(14)의 블록도이다. 톤 이벤트 검출기(14)는 선택적 프리프로세싱 유닛(26), 톤 표시기(32), 스위치들(36, 43), 독립 톤 검출기 뱅크(40)와 결정 로직 및 제어 유닛(44)(공통 제어 로직(44)으로 언급될 수도 있음)을 포함한다. 톤 이벤트 검출기(14)는 존재하는 경우 프리프로세싱 유닛(26)에 제공되고 스위치(43)에

제공되는 샘플 입력 신호 $x'(m)$ 를 수신한다. 프리프로세싱 유닛(26)(존재하는 경우)은 도체(28)를 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 결합되고, 신호 $x(n)$ (30)을 톤 표시기(32) 및 스위치(36)에 제공한다. 프리프로세싱 유닛(26)이 존재하지 않는 경우, $x'(m)$ 이 $x(n)$ (30)으로서 스위치(36) 및 톤 표시기(32)에 제공된다. 톤 표시기(32)는 톤 표시 신호(34)를 스위치(36) 및 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공하고, 파워 표시기, $P(n)$ (38)을 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 제공한다. 톤 검출기 뱅크(40)는 스위치(36)에 결합되고, 도체들(42, 46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 결합된다. 결정 로직 및 제어 유닛(44)은 스위치에 결합되고, 검출된 톤 이벤트 신호(45)를 톤 이벤트 검출기(14)의 출력으로서 제공한다. 한 실시예에서, 검출된 톤 이벤트 신호(45)는 제어 버스(22)로서 제공됨을 주지하라. 대안으로, 검출된 톤 이벤트 신호(45)는 제어 버스(22)에 개별 신호로서 제공될 수도 있으며, 또는 커뮤니케이션 네트워크(16)를 통해 제공될 수도 있다. 톤 이벤트 검출기(14)는 제어 버스(22)를 통해 제공될 수도 있는 톤 이벤트 검출기 제어(47)를 통해 외부적으로 제어될 수도 있다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 프리프로세싱 유닛(26)의 블록도이다. 프리프로세싱 유닛(26)은 선택적이며, 선택 데시메이터(48) 및 선택 자동 레벨 제어(ALC) 유닛(50)을 포함한다. 데시메이터(48)는 ALC(50)에 $x'(m)$ 을 수신하고 $x''(n)$ 을 ALC(50)에 생성해준다. ALC(50)는 예를 들어, 도체(28)를 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 신호 레벨(51)을 제공하고 $x(n)$ 을 스위치(36) 및 톤 표시기(32)에 제공한다. 데시메이터(48) 및 ALC(50) 각각은 선택적임을 주지하라. 따라서, 다른 실시예들은 상기 유닛들 중 하나만을 포함하거나 전혀 포함하지 않을 수도 있다. 대안으로, 프리프로세싱 유닛(26)은 예를 들어, 신호 $x(n)$ (30)을 생성하기 위해 신호 $x'(m)$ 을 프리프로세스하거나 프리컨디션할 수도 있는 다른 유닛들을 데시메이터(48) 및 ALC(50) 대신해서 포함할 수도 있다.

도 4는 도 2의 톤 표시기(32)의 한 실시예의 블록도이다. 톤 표시기(32)는 스토리지(52), 지연 유닛(54, 56), 승산기(58, 60), 가산기(62), 크기(magnitude) 유닛(64), 로 패스 필터(LPF)(66) 및 톤 표시 결정 유닛(68)을 포함한다. 신호 $x(n)$ (30)은 지연 유닛(54)에 제공되고 승산기(58)에 제공된다. 지연 유닛(54)은 지연 유닛(56) 및 승산기(60)에 결합되고 스토리지(52)로부터 k 를 수신한다. 지연 유닛(56)은 승산기(58)에 결합되고 스위치(52)로부터 k 를 수신한다. 승산기(58) 및 승산기(60)는 크기 유닛(64)에 결합된 가산기(62)에 결합된다. 크기 유닛(64)은 톤 표시 결정 유닛(68)에 결합된 LPF(66)에 결합되고, 스토리지(52)로부터 a 를 수신하고, $P(n)$ (38)을 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 제공한다. 톤 표시 결정 유닛(68)은 스토리지(52)에 결합되고 톤 표시 신호(34)를 제공한다.

도 5는 도 2의 독립 톤 검출기 뱅크(40)의 한 실시예의 블록도이다. 독립 톤 검출기 뱅크(40)는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기(70), 싱글 컴포넌트 위상 검출기(72) 및 멀티컴포넌트 톤 검출기(74)를 포함한다. 검출기들(70, 72, 74) 각각은 $x(n)$ (30)을 수신하고, 예를 들어, 도체들(42)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 톤 특성들을 제공한다. 검출기들(70, 72, 74) 각각은 예를 들어, 도체들(46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)으로부터 정보 및 제어를 수신할 수도 있으며, $P(n)$ (38)을 수신할 수도 있다. 다른 실시예들에서, 추가의 검출기들 또는 보다 적은 검출기들 또는 상이한 검출기들이 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 존재할 수도 있으며, 각각은 도 5에 도시된 모든 신호들, 신호 부집합 또는 상이한 신호들을 필요한 경우 수신 및 제공할 수도 있음을 주지하라. 따라서, 후술되는 바와 같이, 독립 톤 검출기 뱅크(40)는 임의의 수의 검출기들을 포함할 수도 있다.

도 6은 도 5의 싱글 컴포넌트 주파수 검출기(70)의 한 실시예의 블록도이다. 싱글 컴포넌트 주파수 검출기(70)는 투-포인트 이동 평균 유닛(76), 에너지 계산 유닛(78), 로 패스 필터(LPF)(80), 역추정 유닛(82), 승산기(84), 로 패스 필터(LPF)(86), 가산기(100), 역추정 유닛(98), 승산기(96), 로 패스 필터(LPF)(94) 및 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)을 포함한다. 투-포인트 이동 평균 유닛(76)은 $x(n)$ (30)을 수신하고 승산기(84)에 결합된 LPF(80)에 결합된 에너지 계산 유닛(78)에 결합된다. 역추정 유닛(82)은 $P(n)$ (38)을 수신하고 LPF(86)에 결합된 승산기(84)에 결합된다. LPF(86)는 p_{Ω} (88)을 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90) 및 가산기(100)에 제공한다. 가산기(100)은 또한 1을 수신하고 승산기(96)에 결합된 역추정 유닛(98)에 결합된다. 승산기(96)는 $P(n)$ (38)을 수신하고 도체들(42, 46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)과 통신하는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)에 p_A (92)를 생성해 주는 LPF(94)에 신호를 제공한다.

도 7은 도 5의 싱글 컴포넌트 위상 검출기(72)의 한 실시예의 블록도이다. 싱글 컴포넌트 위상 검출기(72)는 위상 추정 유닛(104) 및 주파수/위상 오프셋 정정 유닛(106)에 결합된 적응 디지털 발진기(102)를 포함하는데, 위상 추정 유닛(104) 및 주파수/위상 오프셋 정정 유닛(106)은 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 결합된다. 적응 디지털 발진기(102)는 지연 유닛들(112, 118, 116), 승산기(114) 및 가산기(108)를 포함한다. 가산기(108)은 승산기(114) 및 지연 유닛(118)에 결합되고, 지연 유닛(112) 및 위상 추정 유닛(104)에 타겟 신호 $w(n)$ (110)을 제공한다. 승산기(114)는 2를 수신하고, 가산기(108), 지연 유닛(116) 및 지연 유닛들(118, 112)에 결합된다. 위상 추정 유닛(104)은 지연 유닛들(120, 134), 로 패스 필터들(LPF)(136, 138), 승산기들(122, 124, 126, 128) 및 가산기들(130, 132)을 포함한다. 신호 $w(n)$ (110)은 승산기(128), 지연 유닛(120) 및 승산기(122)에 제공된다. 가산기(130)은 승산기들(122, 124) 및 LPF(136)에 결합된다.

지연 유닛(120)은 n_0 을 수신하고, 승산기(124) 및 승산기(126)에 결합된다. 선택 필터(133)가 승산기(122), 지연 유닛(134) 및 승산기(126)에 결합된다. 지연 유닛(134)의 출력은 승산기들(124, 128)에 결합되고 n_0 을 수신한다. 가산기(132)는 승산기들(126, 128) 및 LPF(138)에 결합된다. LPF(136) 및 LPF(138) 각각은 b 를 수신한다. LPF(136)는 $c(n)$ (137)을 제공하고, LPF(138)는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 $s(n)$ (139)을 제공한다. 주파수/위상 오프셋 정정 유닛(106)은 지연 유닛들(140, 142, 154), 가산기들(148, 152) 및 승산기들(150, 144, 146)을 포함한다. 지연 유닛(140)은 $c(n)$ 을 수신하고 승산기(144)에 결합된다. 지연 유닛(142)은 $s(n)$ 을 수신하고 승산기(146)에 결합된다. 승산기(144)는 $s(n)$ 을 수신하고 가산기(148)에 결합된다. 승산기(146)는 $c(n)$ 을 수신하고 가산기(148)에 결합된다. 승산기(150)는 가산기들(148, 152)에 결합되고 μ 를 수신한다. 가산기(152)는 지연 유닛(154)에 결합되고 $c_0(n)$ (156)을 지연 유닛(116), 지연 유닛(154) 및 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 제공한다. 도 7은 또한 필요한 경우, 예를 들어, $c_0(-1)$, n_0 , b 및 μ 와 같은 저장된 값들을 제공하고 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 결합된 스토리지 유닛(160)을 포함한다. 한 실시예에서, 도 7은 승산기들(151, 145), 가산기(149), 역추정 유닛(147) 및 LPF(143)을 포함하고, $c_0(n)$ 을 수신하며 ρ_A' (141)을 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 생성해 주는 선택 크기 추정기를 포함한다. 이러한 경우, 승산기(151)는 $c_0(n)$ 의 두 인스턴스들을 수신하며, 승산기(145)에 결합된 역추정 유닛(147)에 결합되고 1을 수신하는 가산기(149)의 네가티브 입력에 결합된다. 승산기(145)는 $P(n)$ (38)을 수신하고 LPF(143)에 결합된다. LPF(143)는 b 를 수신하고 ρ_A' (141)을 생성한다. 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)은 도체들(42, 46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)과 통신하고 스토리지(160)에 결합된다.

도 8은 멀티컴포넌트 톤 검출기(74)의 한 실시예를 도시한 것으로, AM-FM 복조기₁(166) 내지 AM-FM 복조기_N(168)에 각각 결합되고 $x(n)$ (30)을 각각 수신하는 필터₁(162) 내지 필터_N(164)을 포함한다. 셀프-튜닝 유닛(170)이 복조기들(166-168), 필터들(162-164) 및 멀티컴포넌트 톤 검출 결정 유닛(172)에 결합된다. 멀티컴포넌트 톤 검출기 결정 유닛(172)은 도체들(42, 46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)과 통신하고 $P(n)$ (38)을 수신한다.

도 9는 $P(n)$ (38) 및 P_{LOW} 를 수신하고 스텝 함수(176)에 결합된 가산기(174)를 포함하며, 후에 디코드 ON-OFF 크기 $\mu_{\text{ON-OFF}}(n)$ 을 생성하는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 스텝 함수 $U(y)$ 는 $y > 0$ 인 모든 값들에 대해 1과 동일하며, 다른 경우, 0과 동일함을 주지하라. 다른 실시예들은 상이하게 스텝 함수를 정의할 수도 있다.

도 10은 가산기(182)에 결합된 제로 크로싱 카운터(180)에 결합되고 $P(n)$ (38) 또는 P_A (92) 또는 P_A' (141)(또는 임의의 결합)를 수신하는 DC 오프셋 추정 및 보상 유닛(178)을 포함하는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90) 또는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 가산기(182)는 NZ_{max} 를 수신하고 스텝 함수(184)에 결합되며, 후에 디코드 AM 변조 주파수 $\mu_{\text{AM}}(n)$ 을 생성한다.

도 11은 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90), 또는 멀티컴포넌트 톤 검출기 결정 유닛(172), 또는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)(또는 (90), (172), (105) 중 임의의 두개 이상)의 일부분의 한 실시예를 도시하는데, 상기 일부분은 각각 $\rho_Q(n)$, 대응 참조값(ρ_{Qref1} 내지 ρ_{QrefN} 중 하나)를 수신하는 가산기들(186 내지 190)을 포함하고, L-norm(192 내지 196) 중 대응하는 하나에 결합된다. L-norm(192 내지 196) 각각은 $\arg \min(198)$ 에 결합되고, $\arg \min(198)$ 은 후에 디코드 주파수 $\mu_f(n)$ 을 생성한다.

도 12는 ABS 유닛(200), ABS 유닛(204), 가산기들(202, 212, 216, 224, 220), 스텝 함수들(206, 208, 210) 및 승산기들(214, 218, 222)을 포함하는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 신호 $c(n)$ (137)은 스텝 함수(206) 및 ABS 유닛(200)에 제공된다. 신호 $s(n)$ (139)은 ABS 유닛(204) 및 스텝 함수(210)에 제공된다. ABS 유닛(204) 및 ABS 유닛(200)은 스텝 함수(208)에 결합된 가산기(202)에 결합된다. 가산기(212)는 스텝 함수(206), 스텝 함수(210) 및 승산기(214)에 결합된다. 승산기(214)는 1을 수신하고 승산기(218)에 결합된 가산기(216)에 결합되며 -2를 수신한다. 승산기(218)는 스텝 함수(208) 및 가산기(224)에 결합된다. 승산기(222)는 1을 수신하고 가산기(224)에 결합된 가산기(220) 및 스텝 함수(210)에 결합되며 2를 수신한다. 가산기(224)는 승산기(218) 및 가산기(220)로부터 출력들을 수신하고, 디코드 위상 $\mu_p(n)$ 을 생성한다. 신호들 $c(n)$ (137) 및 $s(n)$ (139)이 주어진 경우, 대응 위상 정보가 독립 축들 $c(n)$ (228) 및 $s(n)$ (230)을 갖는 양방향 스페이스로 사상될 수 있음을 주지하라. 디코드된 위상 정보는 0, 1, 2, 3으로 표시된 양자화된 참조점들(232, 234, 236, 238) 중 하나에 각각 대응한다. 현 실시예에서, 결정 경계들(240,

242)은 디코딩된 위상 값들이 동일하게 가능성이 있다고 가정한다. 애플리케이션에 따라, 본 기술 분야에 숙련된 자들은 다른 결정 경계들이 정의될 수도 있음을 잘 알 것이며, 이러한 경우, 도 12는 도시된 블록들 보다 많은 블록들 또는 적은 블록들을 포함할 수도 있음을 알 것이다.

도 1 내지 도 12는 커뮤니케이션 시스템(10) 내에 있는 블록들의 한 실시예를 도시한다. 다른 실시예들은 희망 기능에 따라 도시된 바와 다른 다양한 상이한 소자들, 도시된 것 보다 많거나 적은 소자들을 포함할 수도 있다. 또한, 도 1 내지 도 12 내의 블록들은 상이하게 그룹화되거나 상이하게 연결될 수 있으며 여전히 유사 결과들을 달성할 수 있다. 따라서, 도 1 내지 도 12는 단지 후술되는 개념들을 설명하기 위해 사용되는 일례들을 제공하는 것이다. 또한, 도 1 내지 도 12의 커넥션들은 싱글 도체(단방향 또는 양방향)로서 또는 다중 도체들(단방향 또는 양방향)로서 도시되었을 수 있지만, 다양한 상이한 커넥션들이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 다중 도체가 다양한 상이한 싱글 단방향 또는 양방향 도체들을 대체할 수 있다. 유사하게, 싱글 도체들은 다중 단방향 또는 양방향 도체들로 확장될 수 있다. 신호들은 싱글 도체를 통해 직렬로 전달되거나 다중 도체들을 통해 병렬로 전달될 수 있다. 또한, 신호들은 싱글 도체 또는 다중 도체들을 통해 타임 멀티플렉스될 수 있다. 따라서, 도 1 내지 도 12에 도시된 커넥션들은 여전히 희망 기능을 달성하면서 다양한 상이한 방법으로 구현될 수 있다. 또한, 후술되는 바와 같이, 도 1 내지 도 12의 설계들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 스토리지(52, 160)와 같은 스토리지 유닛들이 톤 이벤트 검출기(14) 내의 임의의 장소에 포함될 수도 있으며, 톤 이벤트 검출기(14) 외부에 있을 수도 있음을 주지하라.

오퍼레이션

본 명세서에 설명되는 바와 같이, 톤 이벤트 검출기는 입력 신호(예를 들어, 샘플 입력 신호)에서 톤 이벤트들을 검출하는데 사용될 수도 있다. 한 실시예에서, 톤 이벤트 검출기는 먼저 입력 신호에 톤의 존재가 표시되어 있는지를 결정하고, 그 후, 상기 결정을 근거로, 입력 신호에서 톤이 검출되었는지를 결정한다. 예를 들어, 한 실시예에서, 톤 존재가 먼저 표시된 경우에만, 톤 검출이 실행되기에, 톤 존재가 표시되지 않은 경우, 톤 검출은 실행될 필요가 없다. 이러한 다단계 프로세스는 톤 이벤트 검출기의 복잡성을 감소시키는데 도움을 줄 수 있는데, 톤의 존재를 표시하는데 간단한 방법이 사용될 수 있기 때문이다. 또한, 톤 검출을 위한 보다 복잡한 알고리즘들은 필요한 경우(톤 존재가 먼저 표시된 경우)에만 사용될 수도 있기 때문이다. 또한, 한 실시예에서, 톤의 검출은 검출된 톤에 대응하는 하나 이상의 톤 특성들을 생성하는 것을 포함하는데, 상기 톤 특성들은 주파수 정보, 타이밍 정보, 위상 정보, 변조 정보, 크기 정보 등 또는 임의의 결합을 제공할 수도 있다. 상기 톤 특성들은 후에 검출된 톤이 유효 톤 이벤트에 대응하는지를 결정하는데 사용될 수도 있다.

도 1을 다시 참조하면, 송신기/수신기(12)는 톤 이벤트 검출기(14)를 통해 데이터 신호들을 수신하고 커뮤니케이션 네트워크(16)에 상기 신호들을 제공한다. 유사하게, 송신기/수신기(20)는 톤 이벤트 검출기(18)를 통해 데이터 신호들을 수신하고 커뮤니케이션 네트워크(16)에 상기 신호들을 제공한다. 따라서, 송신기/수신기(12, 20)는 커뮤니케이션 네트워크(16)를 통해 서로 통신할 수 있다. 송신기/수신기(12) 및 송신기/수신기(20)는 각각 예를 들어, 전화, 모뎀 등과 같은 커뮤니케이션 네트워크(16)를 통해 통신하는데 사용되는 임의의 장치일 수 있다. 또한, 커뮤니케이션 네트워크(16)는 패킷 폰 네트워크(예를 들어, IP(internet protocol)를 통한 보이스, 패킷을 통한 데이터, 비동기 트랜스퍼 모드(ATM) 등을 포함하며, 유무선 시스템을 적용할 수 있음) 또는 PSTN(Public Switching Telephone Network)을 포함할 수도 있다. 다른 실시예들에서, 커뮤니케이션 시스템(10)은 임의의 타입의 커뮤니케이션 시스템들을 말할 수도 있다.

제어 버스(22)는 송신기/수신기(12, 20), 톤 이벤트 검출기(14, 18) 및 커뮤니케이션 네트워크(16) 간의 제어 경로를 제공한다. 제어 버스(22)를 통해 송신되는 제어 신호들은 일반적으로 인라인 신호들이 아니다. 예를 들어, 제어 버스(22)는 톤 검출기(14, 18)를 인에이블 또는 디스에이블하는 인에이블/디스에이블 신호를 포함하거나, 또는 톤 검출기(14, 18)의 다양한 부분들 간에 통신될 필요가 있는 신호들을 포함할 수도 있다. 제어 버스(22)는 또한 전화가 후에 걸려 있는지 내려져 있는지를 나타내는 신호를 포함할 수도 있다. 보다 상세히 후술되는 바와 같이, 제어 버스(22)가 예를 들어, RFC2833 표준에 따라 신호를 전송하는 인코딩된 버전을 포함할 수도 있음을 주지한다.

송신기/수신기(12) 및 톤 이벤트 검출기(14)의 오퍼레이션이 송신기/수신기(20) 및 톤 이벤트 검출기(18)의 오퍼레이션과 유사함을 주지하라. 즉, 도 1에 도시된 커뮤니케이션 시스템(10)은 대칭적이다. 따라서, 도 2 내지 도 12에 대한 설명은 송신기/수신기(12) 및 톤 이벤트 검출기(14)를 참조해서 이루어질 것이다; 그러나, 설명은 송신기/수신기(20) 및 톤 이벤트 검출기(18)에도 적용됨을 알 것이다. 또한, 본 발명의 실시예들이 전송 신호를 사용해서 제시되지만, 톤 이벤트 검출은 송신 신호 또는 수신 신호(즉, 커뮤니케이션 네트워크를 향하는 신호 또는 커뮤니케이션 네트워크로부터의 신호)에서 실행될 수 있다. 도 1에서, 송신기/수신기(12)는 $x'(m)$ 으로 레이블된 송신 신호를 톤 검출기(14)에 제공한다. 신호 $x'(m)$ 은 정상 음성을 포함하거나, AM, 주파수 시프트 키잉(FSK), DPSK(Differential Phase Shift Keying) 등과 같은 특정 변조 기법에 따른 톤 이벤트를 포함할 수 있다.

예를 들어, TTY 폰은 커뮤니케이션 네트워크(16)와 같은 커뮤니케이션 네트워크를 통한 보이스 및 텍스트 커뮤니케이션을 가능케 한다. TTY 폰은 통상 텍스트 커뮤니케이션을 위해 허용되는 내장 키보드를 포함한다. 즉, 각각의 키가 눌러지면, 대응 캐릭터 스트링이 생성된다. 생성된 캐릭터 스트링은 FSK 변조 톤 이벤트에 대응한다. 예를 들어, TTY 폰을 사용할 때, 임의의 키가 눌러져서, 하나의 스타트 비트 톤, 5개의 데이터 비트 캐릭터 세트 톤들 및 하나의 스탑 비트 톤을 포함하는 7개의 FSK 변조 톤들을 갖는 톤 이벤트가 생성된다. 따라서, 이러한 경우에, 톤 이벤트가 7개의 개별 톤 세그먼트들을 포함함을 주지하라. 한 경우에(예를 들어, 커뮤니케이션 네트워크가 패킷 폰 네트워크일 때), 톤 이벤트와 관련된 정보는 수신기에 송신되어서, 톤 이벤트가 수신측에서 국부적으로 재생성될 수 있다. 즉, 이러한 경우에, 송신기(예를 들어, 송신기(12))가 TTY 폰에 의해 생성된 스타트 비트 톤을 검출할 때, 송신기는 톤 이벤트가 검출될 때까지 나머지 톤들을 억제할 수도 있으며, 이 때에, 송신기는 송신 정보로부터 톤 이벤트를 국부적으로 재생성할 수 있는 수신기(예를 들어, 수신기(20))에 톤 이벤트와 관련된 정보를 송신한다. 한 경우에, 상기 정보는 커뮤니케이션 네트워크(16) 보다는 제어 버스(22)와 같은 제어 라인들을 통해 송신된다. 대안으로, 톤 이벤트의 톤들 또는 정보가 커뮤니케이션 네트워크를 통해 직접 송신될 수 있다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 1의 톤 이벤트 검출기(14)의 블록도를 도시한다. 신호 $x'(m)$ 은 선택 프리프로세싱 유닛(26) 및 스위치(43)에 제공된다. 한 실시예에서, 신호 $x'(m)$ 은 8kHz 샘플링 속도로 샘플링되고 블록들로 처리된다. 예를 들어, 신호 $x'(m)$ 은 80 샘플 마다 10 ms 블록들로 처리될 수도 있다. 한 실시예에서, 톤 이벤트 검출기(14)는 다단계들(도 13의 상태도와 관련하여 더 설명될 것임)로 동작하는데, 상기 단계들은 (1) 톤 표시기로 신호를 스캐닝하는 단계, (2) (하나 이상의 단계들을 포함할 수도 있는) 톤 특성들을 식별하는 단계, 및 (3) 식별된 톤 특성들을 근거로 톤 이벤트를 검출하는 단계를 포함하는데, 톤 이벤트는 톤 이벤트를 정의하는 톤 특성들의 집합으로 사상된다.

한 실시예에서, 톤 이벤트 검출기(14)는 송신 신호 $x'(m)$ 을 추립하거나, 신호 레벨을 증가하거나 감소하기 위해 자동 레벨 제어를 적용하거나 둘 다를 할 수도 있는 프리프로세싱 유닛(26)을 포함할 수도 있다. 프리프로세싱 유닛(26)의 출력, $x(n)$ (30)은 톤 표시기(32)에 제공되며, 신호 $x(n)$ 은 톤 표시기에 따라 스캔된다(도 4를 참조해서 보다 상세히 설명될 것임). 프리프로세싱 유닛(26)은 존재하는 경우, 도체(28)를 통해 자동 레벨 제어 유닛(50)에 의해 야기되는 일정량의 신호 레벨 스케일링을 제공해서, 정정 신호 레벨이 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 의해 추정된다. 프리프로세싱 유닛(26)이 존재하지 않으면, 송신 신호 $x'(m)$ 이 $x(n)$ (30)으로서 직접 제공됨을 주지하라.

톤 존재가 톤 표시기(32)에 의해 표시되면, 톤 표시 신호(34)가 인에이블 또는 클로즈 스위치(36)에 제공되어서, $x(n)$ (30)이 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 제공된다. 그러나, 톤 표시기(32)가 톤의 존재를 표시하지 않으면, 톤 표시 신호(34)가 디스에이블 또는 오픈 스위치(36)에 제공되어서, 독립 톤 검출기 뱅크(40)를 디스에이블하거나 바이패스한다. 톤 표시 신호(34)는 또한 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공되는데, 이는 톤 이벤트의 타당성 검사를 하거나 현 톤 이벤트의 입터럽션을 검출하는 것을 도울 수 있다. 또한, 톤이 톤 표시 신호(34)에 의해 표시되지 않으면, 스위치(43)가 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 의해 인에이블되어서, $x'(m)$ 이 커뮤니케이션 네트워크에 직접 제공된다. 따라서, 독립 톤 검출기 뱅크(40)를 바이패스한다. 다른 실시예에서, 스위치(43)는 $x'(m)$ 의 톤 이벤트 부분만을 제거하는 필터링 오퍼레이션을 사용해서 구현될 수도 있다. 톤의 존재가 톤 표시 신호(34)를 통해 톤 표시기(32)에 의해 표시되면, 독립 톤 검출기 뱅크(40)가 (스위치(36)를 통해) 인에이블되며, 유효 톤 이벤트가 검출되었는지를 결정하기 위해 수신된 톤 특성들을 사용할 수 있는 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 도체들(42)을 통해 톤 특성들(및 다른 관련 제어 신호들)을 제공한다. (다른 관련 인트라-톤 이벤트 검출기 제어 신호들이 결정 로직 및 제어 유닛(44)으로부터 도체들(46)을 통해 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 통신될 수도 있음을 주지하라.)

따라서, 한 실시예에서, 톤 표시기(32)가 톤의 존재를 적어도 표시할 때까지 톤은 검출되지도 식별되지도 않는다. 따라서, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 톤 표시는 톤의 존재가 표시되는지를 결정하는 것과 관련되고, 톤 검출은 (예를 들어, 표시된 톤의 톤 특성들을 생성함으로써) 표시된 톤을 보다 충분히 식별하는 것과 관련됨을 주지하라. 이러한 방식으로, 프로세싱 타임 및 복잡성이 감소될 수도 있는데, (예를 들어, 톤의 존재가 먼저 표시된 경우와 같이) 필요한 경우에만 인에이블될 수 있는 톤 검출을 위한 보다 복잡한 알고리즘들 보다 비교적 더 간단한 방법이 톤의 존재를 표시하는데 사용될 수도 있기 때문이다. 따라서, 도 2를 참조하면, 독립 톤 검출기 뱅크(40)의 톤 검출기들이 톤의 존재가 이미 표시된 경우에만 인에이블되어서, 프로세싱 타임 및 복잡성이 감소된다. 또한, 한 실시예에서, 독립 톤 검출기 뱅크(40)의 톤 검출기들 각각이 필요한 경우 독립적으로 인에이블될 수도 있음을 주지하라. 또한, 상이한 실시예들이 필요한 경우, 임의의 타입의 톤 특성들을 제공하는 독립 톤 검출기 뱅크(40)의 임의의 수의 톤 검출기들을 포함할 수도 있음을 주지하라. 예를 들어, 독립 톤 검출기 뱅크(40)의 하나 이상의 톤 검출기들에 의해 출력된 톤 특성들은 검출된 톤의 주파수 정보, 검출된 톤의 위상 정보, 검출된 톤의 진폭 또는 크기 정보, 검출된 톤의 변조 정보, 검출된 톤의 타이밍 정보, 또는 임의의 결합 등을 포함할 수도 있다.

도체들(42)을 통해 독립 톤 검출기 뱅크(40)로부터 수신된 톤 특성들을 근거로, 결정 로직 및 제어 유닛(44)은 유효 톤 이벤트가 검출되었는지를 결정할 수 있다(상술된 바와 같이, 유효 톤 이벤트는 하나 이상의 톤들을 포함할 수도 있고 다양한 상이한 프로토콜 기법들에 따라 정의될 수도 있다). 유효 톤 이벤트가 검출되면, 결정 로직 및 제어 유닛(44)이 예를 들어, 제어 버스(22)를 통해 검출된 톤 이벤트의 표시를 커뮤니케이션 네트워크(16)에 제공한다. 한 실시예에서, 톤 이벤트 자체는 커뮤니케이션 네트워크를 통해 전송되지 않는다. 대신, 톤 이벤트와 관련된 정보는 제어 버스(22)를 통해 송신되어서, 네트워크의 수신측에 로컬인 톤 이벤트 검출기가 검출된 송신 톤 이벤트와 관련된 수신된 정보를 근거로 국부적으로 톤 이벤트를 생성할 수 있다. 이러한 방식으로, 수신된 톤 이벤트는 커뮤니케이션 네트워크를 통해 통신될 필요가 없다. 대안으로, 검출된 톤 이벤트는 제어 버스(22)를 통해 정보를 제공하는 대신 커뮤니케이션 네트워크(16)를 통해 통신될 수도 있다.

도 2의 오퍼레이션은 도 13 및 도 14를 참조해서 설명될 수 있다. 도 13을 참조하면, 톤이 현재 표시되고 있지 않을 때, 톤 이벤트 검출기(14)는 톤의 존재를 찾고 있는 상태(244)이다. 톤이 표시되지 않으면, 톤 표시 플래그 f_i 가 클리어된다($f_i = 0$). 톤이 표시되면(예를 들어, 톤 표시기(32)에 의해), 상태 기계는 상태(244)로부터 톤이 식별되는 상태(246)로 전이한다. (예를 들어, 톤 검출기 뱅크(40)에 의해) 톤을 식별할 때, 0 보다 큰 ID가 해당 톤에 (예를 들어, 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 의해) 할당되고, 상태 기계는 톤 이벤트가 검출된 상태(248)로 전이한다. 그러나, 톤이 식별되지 않으면(또는 검출된 톤이 무효하면), ID 0이 무효 톤에 할당되고, 상태 기계는 다시 상태(246)로부터 톤 표시 플래그가 클리어된 상태(244)로 전이한다. 상태(248)에서, 톤 이벤트가 검출되면(예를 들어, 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 의해), 톤 이벤트 검출 플래그가 설정되고($f_d=1$), 상태 기계는 상태(244)로 다시 전이한다. 또한, 무효 톤 이벤트가 검출되면, 상태 기계가 상태(244)로 전이하고, 톤 이벤트 검출 플래그가 설정됨($f_d=1$)을 유지하라. 즉, 유효 톤 이벤트가 검출되는 여부와 무관하게, 또는 톤 이벤트가 무효로 간주되는 경우, 상태 기계는 상태(244)로 전이하고, f_d 는 1로 설정된다. 유효 톤 이벤트가 검출될 때마다, 대응 식별이 톤 이벤트 검출기(14)로부터 제어 버스(22)로 제공된다. 톤 이벤트가 검출되지 않으면, 상태 기계는 상태(248)가 유지되며, 나머지 톤 이벤트 검출 플래그는 클리어된다($f_d=0$).

도 14를 참조하면, 플로는 개시부(250)에서 시작되어, 톤 이벤트 검출기 제어 신호들이 초기화되는 블록(252)으로 진행된다. 플로는 입력 신호의 새로운 샘플이 수신되는 블록(254)으로 진행된다. 그 후, 선택 프리프로세싱 유닛(26)과 관련해서 상술된 바와 같이, 플로는 프리프로세싱이 선택적으로 적용될 수도 있는 블록(256)으로 진행된다. 플로는 그 후, 톤 표시기가 적용되는 블록(258)으로 진행된다. 결정 단계(260)에서, 톤이 표시되지 않으면, 플로는 새로운 샘플이 유효한지가 결정되는 결정 단계(268)로 진행된다. 새로운 샘플이 유효하면, 플로는 블록(254)으로 리턴하고, 유효하지 않으면, 플로는 종료(270)에서 종료된다. 그러나, 결정 단계(260)에서, 톤이 표시되면, 플로는 유효 톤이 검출되는지를 결정하기 위해 독립 톤 검출기 뱅크가 적용되는 블록(262)으로 진행하는데, 유효 톤은 톤 이벤트의 전부 또는 일부를 표시할 수도 있다. 블록(262)후에, 플로는 유효 톤 이벤트가 검출되는 지를 결정하는 결정 단계(264)로 진행된다. 검출되면, 플로는 검출된 톤 이벤트 식별이 보고되는 블록(266)으로 진행된다. 예를 들어, TTY 톤 이벤트가 검출될 때, 보고된 톤 이벤트 식별은 대응 TTY 인코드 캐릭터 및 신호 레벨일 수 있다. 그렇지 않으면, 플로는 결정 단계(268)로 진행된다.

도 2를 다시 참조하면, $x'(m)$ 을 프리컨디션하고 $x(n)$ 을 생성하는데 프리프로세싱이 사용될 수도 있음을 유지하라. 존재하는 경우, 프리프로세싱 유닛(26)은 프리컨디션된 신호 $x(n)$ 를 야기하기 위해 입력 신호 $x'(m)$ 에 상이한 타입들의 프리프로세싱을 실행할 수 있다. 도 3은 도 2의 프리프로세싱 유닛(26)의 한 실시예를 도시한다. 도시된 실시예에서, 프리프로세싱 유닛은 선택 결정 및 레벨 제어를 포함한다.

한 실시예에서, 도 3에 도시된 바와 같이, 프리프로세싱 유닛(26)은 $x'(m)$ 을 추림해서, 추림 및 레벨-조정 신호 $x(n)$ 이 야기되는데, n 은 추림 샘플 인덱스에 대응한다. 따라서, 상술된 도 14의 플로(예를 들어, 블록(258), 결정 단계(260), 블록(262), 결정 단계(264) 및 블록(266))는 y 개의 샘플들마다 실행될 수도 있음을 유지하라. y 는 데시메이터(48)에 의해 야기된 서브레이트에 대응한다. 예를 들어, 한 실시예에서, $y=2$ 이어서, $x(n)$ 은 $x'(m)$ 의 8kHz 샘플링 속도에 비해 감소된 4kHz 샘플링 속도를 갖는다. 이러한 방식으로, 데시메이터(48)는 계산 복잡성을 감소시키는데 사용될 수 있으며, 따라서, y 번째 샘플마다 처리된다. y 가 임의의 값(모든 샘플마다 처리되기 때문에 서브레이트 프로세싱이 사용되지 않음을 나타내는 1을 포함, 즉, $m=n$)일 수 있음을 유지하라. 따라서, 모든 y 번째 샘플은 서브레이트 샘플로 간주될 수도 있다. 따라서, 본 명세서에서 사용되는 식들에서, $x(n)$ 이 사용될 것이며, 데시메이터(48)가 존재하는 경우, n 은 서브레이트 샘플과 관련되고, 데시메이터(48)가 존재하지 않는 경우, n 은 m 과 동일한 샘플 인덱스 값과 관련된다.

자동 레벨 제어 유닛(50)은 입력 샘플들을 증폭함으로써 동적 범위를 향상시키기 위해 사용될 수도 있다. 한 실시예에서, $x'(n)$ 의 레벨 또는 게인이 증폭 전에 모니터링되어서, 클리핑을 방지하기 위해 필요한 경우 감소될 수 있다. 자동 레벨 제어

유닛(50)은 클리핑을 방지하기 위해 레벨 $x'(m)$ 을 감소시키는데 사용될 수도 있다. 프리프로세싱 유닛(26)은 신호 레벨(51)을 통해 존재하는 경우 자동 레벨 제어 유닛(50)에 의해 야기된 신호 레벨 스케일링량을 제공하여서, 정정 신호 레벨이 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 의해 추정된다. 한 실시예에서, 신호 레벨(51)은 도체(28)를 통해 제공된다.

선택 프리프로세싱 유닛(26)의 오퍼레이션은 도 14의 블록(256)의 일부를 도시하는 도 15를 참조할 때 더 잘 이해될 수 있다. 결정 단계(272)에서, 추림이 가능하면(예를 들어, 데시메이터(48)가 존재하면), 플로는 블록(274)으로 진행해서, 신호 $x'(m)$ 이 추림되어서 $x''(n)$ 을 생성하고, 결정 단계(276)로 진행한다. 결정 단계(272)에서, 추림이 가능하지 않으면(예를 들어, 데시메이터(48)가 존재하지 않으면), 플로는 결정 단계(276)로 진행한다. 결정 단계(276)에서, 자동 레벨 제어가 가능하면(예를 들어, 자동 레벨 제어 유닛(50)이 존재하면), 플로는 선정된 수의 샘플들(즉, 추림이 가능한 경우, 서브레이트 샘플들)에 대한 $|x''(n)|$ 의 최대 크기가 결정되는 블록(278)으로 진행한다. 그 후, 플로는 $x''(n)$ 이 정규화되어서 $x(n)$ 이 생성되는 블록(280)으로 진행한다. 따라서, 최대 절대 값은 선정된 범위 내에 있다. 플로는 도 14의 블록(258)로 진행한다. 또한, 결정 단계(276)에서, 자동 레벨 제어가 불가능하면(예를 들어, 자동 레벨 제어 유닛(50)이 존재하지 않으면), 플로는 도 14의 블록(258)으로 진행한다.

도 4는 도 16과 관련해서 설명되는 도 2의 톤 표시기(32)의 한 실시예를 도시한다. 그러나, 다른 실시예들에서, 톤의 존재를 표시하기 위해 임의의 방법이 사용될 수도 있음을 주지하라. 도 4의 실시예는 임의의 주파수의 시누소이드 신호의 존재를 나타내기 위한 Teager-Kaiser 필터의 변형 버전과 같은 다항식 필터들을 사용한다. 임의의 적합한 다항식 필터가 사용될 수도 있음을 주지하라. 도 4의 다항식 필터는 단지 한 일례이다.

도 4는 변형 에너지 오퍼레이터를 통해 임의의 싱글-주파수 톤을 상수로 사상하는 한 실시예를 포함한다. 즉, 싱글-주파수 톤은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$x(n) = A \cos(\Omega n + \phi)$$

변형 에너지 오퍼레이터, Ψ_k 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\Psi_k(x(n)) = x^2(n-k) - x(n)x(n-2k) = A^2 \sin^2(k\Omega), k=1,2,\dots$$

상기 식에서, $x(n)$ 은 $x(n)$ (30)에 대응하고, $x^2(n-k) - x(n)x(n-2k)$ 는 도 4의 가산기(62)의 출력에 대응함을 주지하라(즉, 지연(54)의 출력이 $x(n-k)$ 이고, 지연(56)의 출력이 $x(n-2k)$ 이며, 승산기(58)의 출력이 $x(n)x(n-2k)$ 이고, 승산기(60)의 출력이 $x^2(n-k)$ 이며, 가산기(62)의 출력이 승산기(60)의 출력 및 승산기(58)의 출력의 네가티브의 합임). 수학적 식 1의 $x(n)$ 을 $x^2(n-k) - x(n)x(n-2k)$ 로 대체함으로써, 결과 $A^2 \sin^2(k\Omega)$ 이 획득된다. 따라서, Ψ_k 가 크기 A 및 톤의 정규화된 주파수 Ω ($\Omega = 2\pi f/f_s$, 여기서, f 는 톤 주파수이고, f_s 는 샘플링 주파수이며, 추림을 사용하는 한 실시예에서, 서브레이트에 대응할 수도 있음)에 좌우됨을 주지하라. $\Psi_k(x(n))$ 는 초기 위상 ϕ 에 좌우되지 않지만, 돌연한 위상 변경에 대한 단기간 과도 현상을 야기함을 주지하라. 이는 커뮤니케이션 신호 $x(n)$ 의 위상 변경을 나타내는데 사용될 수도 있다.

$x(n)$ (30)(수학적 식 1)의 파워는 다음 수학적식을 사용해서 표현될 수 있다.

$$\text{Power}_{x(n)} = A^2 / 2$$

따라서, $\Psi_k(x(n))$ 은 $2 \sin^2(k\Omega)$ 에 의해 스케일된 $x(n)$ 의 파워를 제공한다.

$$\Psi_k(x(n)) = \text{Power}_{x(n)} * 2 \sin^2(k\Omega)$$

$\Psi_k(x(n))$ 식으로 $\text{Power}_{x(n)}$ 을 해결함으로써 이하의 식이 제공된다:

$$Power_{x(n)} = \Psi_k(x(n)) \csc^2(k\Omega) / 2$$

그러나, 실제로, 신호 $x(n)$ (30)은 잡음에 의해 변조될 수도 있어서, 잡음 추정값, $\Psi_{noisy_k}(x(n))$ 이 야기된다. 예를 들어, 단극 로 패스 필터와 같이, 임의의 로 패스 필터는 그 후 결과를 평활화하는데 사용될 수 있다. 따라서, 도 4에 도시될 수 있는 바와 같이, 톤 표시기(32)는 크기(64)의 출력(가산기(62)의 출력의 절대값에 대응함) 및 스토리지(52)로부터 a 를 수신하고, $\Psi_{noisy_k}(x(n))$ 의 평활 추정값 $P(n)$ 을 제공하는 로 패스 필터(66)를 포함한다. $P(n)$ 은 이하의 식으로 표현될 수 있다.

$$P(n) = a P(n-1) + (1-a) |x^2(n-k) - x(n)x(n-2k)|$$

상기 식에서, a 는 평활 로 패스 필터의 대역폭을 제어하는 평활 파라미터($0 < a < 1$)이다. 고정형 또는 가변형 평활 파라미터, a 가 사용될 수 있음을 주지하라. $P(n)$ (38)(도 4의 LPF(66)의 출력)은 그 후 도 4의 톤 표시 결정 유닛(68)에 제공된다. 톤 표시 결정 유닛(68)은 추정값 $P(n)$ 의 분산을 근거로 톤이 존재하는지를 표시하는데, 이는 도 16을 참조해서 더 상세히 기술될 것이다. $P(n)$ (38)은 또한 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 제공된다.

$x(n)$ (30)이 톤일 때, $P(n)$ (38)의 분산은 매우 작다. 즉, 싱글-주파수 톤이 $x(n)$ (30)에 존재할 때마다, $P(n)$ (38)의 작은 분산에 대응하는 $P(n)$ (38)의 일정한 레벨이 예상된다. 따라서, 톤 표시 결정 유닛(68)은 $x(n)$ (30)에서 톤의 존재 표시를 제공하는 분산이 낮은 $P(n)$ (38)의 세그먼트를 찾는다. 예를 들어, 도 16을 참조하면, 플로는 신호 에너지 $P(n)$ 이 추정되는 블록(282)(도 14의 블록(256)으로부터)으로 시작한다. (상술된 설명이 $P(n)$ 을 추정하는 한 일례의 방법을 제공했지만, 다른 실시예들이 Teager-Kaiser 방법 외에 다른 상이한 방법들을 사용해서 신호 에너지를 추정할 수도 있음을 주지하라.) 그 후, 플로는 $P(n)$ 이 처리될 만큼 충분히 큰가를 결정하는 결정 단계(284)로 진행한다. 즉, $P(n)$ 은 $x(n)$ 에서 신호의 존재를 표시할만큼 충분히 커야만 한다. 그렇지 않으면, 플로는 블록(290)으로 진행해서 톤 표시 플래그(f_i)가 클리어되고, 플로는 도 14의 블록(260)으로 진행한다.

$P(n)$ 이 충분히 크면, 플로는 작은 분산을 갖는 $P(n)$ 의 세그먼트들이 검출되는 블록(286)으로 진행한다. 결정 단계(288)에서, 작은 분산 세그먼트가 발견되지 않으면, 플로는 블록(290)으로 진행해서, f_i 가 클리어되고, 도 14의 블록(260)으로 진행한다. 그러나, 작은 분산 세그먼트가 발견되면, 플로는 결정 단계(292)로 진행해서, 작은 분산 세그먼트가 충분히 긴지가 결정된다. 즉, 톤이 $x(n)$ 에서 존재하면, $P(n)$ 은 충분히 긴 시간 동안 꽤 일정하게 유지된다(즉, 매우 작은 분산을 갖거나, 선정된 양의 분산 보다 작은 분산을 가짐, 분산의 선정된 양은 톤 컴포넌트들의 예상된 수를 근거로 결정될 수 있음). 시간이 충분히 길지 않으면(즉, 선정된 기간 보다 크지 않으면), 플로는 블록(290)으로 진행해서, f_i 가 클리어된다. 이러한 경우에, $P(n)$ 의 작은 분산 세그먼트가 $x(n)$ 에서의 톤의 존재 가능성을 표시하기에는 너무 작다고 생각된다. 한 실시예에서, 필요한 최소 세그먼트 존속 기간(적은 $P(n)$ 분산을 가짐)은 샘플링 속도, 잡음 레벨, 로 패스 필터 제어 파라미터 및 검출되는 톤 이벤트들의 타입들에 좌우된다. 한 실시예에서, 톤 세그먼트를 신뢰성 있게 표시할 만큼 충분히 길 필요가 있지만, 최단 톤 이벤트의 존속 기간 보다 길 필요는 없다.

결정 단계(292)에서, 작은 분산 세그먼트가 충분히 길다고 결정되면, 플로는 블록(294)으로 진행해서, f_i 가 설정된다($f_i = 1$). 따라서, 블록(294)에서, 톤 표시 플래그는 톤 존재가 검출되었음을 표시하도록 설정된다. 결정 단계들(284, 288, 292) 및 블록들(286, 290, 294)이 모두 톤 표시 결정 유닛(68)에 의해 실행될 수도 있음을 주지하라. 한 실시예에서, 톤 표시 플래그가 설정될 때, 톤 표시 신호(34)가 독립 톤 검출기 뱅크(40) 및 스위치(36)에 톤 존재가 검출되었음을 표시하도록 단정된다. 대안으로, 톤 표시 플래그 및 톤 표시 신호(34)가 동일한 표시기일 수도 있다. 따라서, 블록(294)에서 톤 존재가 검출될 때, 톤 검출이 가능하다(예를 들어, 스위치(36)를 클로즈하고 독립 톤 검출기 뱅크를 인에이블함으로써). 본 실시예에서, 독립 톤 검출기 뱅크(40)는 샘플마다 선택적으로 인에이블 또는 디스에이블될 수 있으며(추첨이 사용되는 경우 샘플링 속도 또는 서브레이트로), 오퍼레이션 동안 전체가 인에이블될 필요가 없다. 이러한 방식으로, 개별 톤 검출기들이 블록 단위가 아닌 샘플 단위로 인에이블 또는 디스에이블될 수 있어서, 종래 기술 보다 더 신뢰성 있고 빈번한 결정이 이루어진다. 즉, 종래 기술 시스템들에서, 결정은 블록 단위로 이루어졌는데, 블록은 10 ms 길이이며 80개의 샘플들을 갖는다. 그러나, 샘플 단위로 톤 검출기들을 인에이블 또는 디스에이블할 수 있음으로써, 샘플 단위로 변경이 가능해서 성능 및 유연성이 향상된다. 또한, 톤 표시를 근거로 검출기들을 선택적으로 인에이블 또는 디스에이블할 수 있음으로써, 복잡성 및 전력 소비가 상당히 감소될 수 있다.

도 5는 도 2의 독립 톤 검출기뱅크(40)의 한 실시예를 도시한다. 도시된 실시예는 3개의 검출기들: 싱글 컴포넌트 주파수 검출기(70)(도 6을 참조해서 기술될 것임), 싱글 컴포넌트 위상 검출기(72)(도 7을 참조해서 기술될 것임), 및 멀티컴포넌트 톤 검출기(도 8을 참조해서 기술될 것임)를 포함한다. 다른 실시예들은 임의의 수 및 임의의 타입의 검출기들을 포함할 수도 있다. 도 5의 검출기들 각각은 $x(n)$ (30) 및 $P(n)$ (38)을 수신하고, 도체들(42)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 톤 특성들을 제공한다. 검출기들(70, 72, 74)은 또한 도체들(46)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)으로부터 정보를 수신할 수도 있으며, 서로 정보를 통신할 수도 있다. 즉, 검출기들은 서로 독립적일 수 있으며, 서로 독립적으로 동작할 수도 있다. 본 실시예에서, 검출기들(70, 72, 74) 각각은 다른 검출기들로부터의 정보를 근거로 적용될 수 있으며 정보를 공유할 수 있다는 점에서 독립적이다. (검출기들(70, 72, 74)은 도 6 내지 도 12를 참조해서 보다 상세히 기술될 것이다.)

도 6은 도 5의 싱글 컴포넌트 주파수 검출기(70)의 한 실시예를 도시한다. 본 실시예는 $x(n)$ (30) 및 $P(n)$ (38)을 수신하고, 검출된 톤의 주파수 컴포넌트(p_{Ω})를 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)에 제공하고, 검출된 톤의 진폭 컴포넌트(p_A)를 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)에 제공한다. 도 6을 참조하면, $x(n)$ (30)은 출력이 에너지 계산 유닛(78)에 제공되는 투포인트 이동 평균 유닛(76)에 제공된다. $x(n)$ 에서의 입력 톤의 크기 A에 따라, 상술된 에너지 오퍼레이터, $\Psi_k(\bullet)$ 가 동일한 정규화 주파수 Ω 에 대한 상이한 레벨들을 생성한다. 따라서, Ω 를 추정하기 위해, 크기 종속성이 제거될 필요가 있다. 따라서, 투포인트 이동 평균 유닛(76)은 입력 신호로부터 크기 종속성을 제거하는데 사용된다. 이는 이하의 수학식 7에 도시된 바와 같이 실행될 수 있다.

$$\frac{1}{2}(x(n-d_1)+x(n-d_2))$$

상술된 수학식에서, d_1 은 제1 지연값을 나타내고, d_2 는 제2 지연값을 나타내어서, 평균은 " d_1-d_2 " 간격의 $x(n)$ 의 두 샘플들 사이에서 결정된다. 에너지 계산 유닛(78)은 이하의 수학식에서 알 수 있는 바와 같이, 투포인트 이동 평균 유닛(76)으로부터 수신된 투포인트 이동 평균의 에너지를 결정한다.

$$\psi_k\left(\frac{1}{2}(x(n-d_1)+x(n-d_2))\right)$$

$P(n)$ (38)(톤 표시기(32)에 의해 결정된 $x(n)$ 의 에너지 및 한 실시예에서, 상술된 변형 Teager-Kaiser 에너지 오퍼레이터에 대응함)이 역 추정 유닛(82)에 제공됨을 주지하라. 대안으로, $x(n)$ (30)의 에너지가 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 내에서 계산될 수도 있으며 상이한 방법들에 따라 계산될 수도 있음을 주지하라.

에너지 계산 유닛(78)의 출력은 LPF(80)에 제공된다. LPF(80)는 단극 필터로서 구현될 수도 있으며, 양호한 톤 검출을 달성하기 위해 신호로부터 잡음을 제거하도록 동작한다. $P(n)$ (38)은 승산기(96) 및 역 추정 유닛(82)에 제공된다. 역 추정 유닛(82)은 $1/P(n) \approx 1/\Psi_k(x(n))$ 을 추정하는데 사용된다.

LPF(80) 및 역 추정 유닛(82)의 출력들은 승산기(84)에 제공되며, 승산기(84)의 출력은 결과를 평활화하기 위해 LPF(86)에 제공된다. 따라서, LPF(86)의 출력은 p_{Ω} 을 제공하는데, 이는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\rho_{\Omega} = \frac{\psi_k\left(\frac{1}{2}(x(n-d_1)+x(n-d_2))\right)}{\psi_k(x(n))} = \cos^2\left(\left(\frac{d_1-d_2}{2}\right)\Omega\right)$$

$d_1-d_2 = 2k$ 이도록 d_1-d_2 가 선택되면, p_{Ω} 의 값은 (필요한 경우) p_A 를 결정하는데 사용될 수 있음을 주지하라. 즉, 다른 실시예들에서, 진폭 컴포넌트(p_A)가 필요하지 않으면, 승산기(100), 역 추정 유닛(98), 승산기(96) 및 LPF(94)는 존재하지 않을 수도 있다. 본 실시예에서, LPF(86)의 출력(p_{Ω})은 가산기(100)에 제공되어서, 1로부터 차감되어, $1-p_{\Omega}$ 이 야기된다.

가산기(100)의 출력은 역 추정 유닛(98)에 제공되어서, $1/(1-\rho_\Omega)$ 이 추정되고, 상기 결과가 승산기(96)에 제공된다. 승산기(96)는 $P(n)$ (38)(한 실시예에서, $\Psi_k(x(n))$ 에 대응할 수도 있음)을 역 추정 유닛(98)의 출력으로 승산하고, 결과를 평활화하기 위해 LPF(94)에 결과를 제공한다. 따라서, LPF(94)의 출력은 ρ_A 를 제공하며, 이하의 식으로 표현될 수 있다:

$$\rho_A = \frac{\psi_k(x(n))}{1-\rho_\Omega} \approx A^2$$

수학식 10에서, $d_1-d_2 = 2k$ 이며, 수학식들 1, 2, 9의 결과들이 입력 신호 $x(n)$ (30)에 대해 유효하다고 생각된다. 삼각 아 이덴티티 $\sin^2(k\Omega) + \cos^2(k\Omega) = 1$ 이 사용됨을 주지하라.

LPF(80, 86, 94) 각각은 로 패스 필터들의 대역폭에 영향을 주는 파라미터 a (도 6에 도시되지 않음)를 수신한다. 값이 1에 가까우면, 대역폭이 감소된다. 따라서, a 의 상이한 값들이 희망 대역폭에 따라 사용될 수도 있다. 예를 들어, 한 실시예는 희망 대역폭에 따라 a 에 대해 두개의 값들을 사용한다. 대안으로, 톤 포맷에 따라, a 에 대한 상이한 값들이 각각의 필터를 위해 사용될 수도 있다.

이하의 수학식에 도시된 바와 같이, 역 추정 유닛(82, 98)의 한 실시예는 분자 N 과 분모 D 간의 비율 $q = N/D$ 을 계산하기 위해 다항 근사값을 사용한다:

$$q = \frac{N}{D} = \frac{2N}{2D} = \frac{2N}{2D2^{b-1}} = N \left(\frac{1}{2D2^{b-1}} \right) 2^{b+1} = Np(D')2^{b+1}$$

상기 식 $D' = D2^{b-1}$ 는 $1/2$ 과 1 사이의 범위로 정규화된 분모이며, b 는 정규화의 리딩 비트들의 대응 수이고, $R(\bullet)$ 는 함수 $f(x) = 1/2x$ 의 다항 근사값이다. 여기서, $1/2 \leq x \leq 1$ 이다. 한 실시예에서, 다음과 같이, 세번째 다항식이 선택된다:

$$q = N(a_3 + D'(a_2 + D'(a_1 + D'a_0)))2^{b+4} \approx \frac{N}{D}$$

상기 수학식에서, 계수들은 -1 내지 $+1$ 범위에서 정규화되어서, 추가 3 시프트가 야기된다(즉, 2^{b+1} 이 2^{b+4} 로 변경). 한 실시예는 이하의 정규화 계수들: $a_0 = -0.2248$, $a_1 = 0.6695$, $a_2 = -0.7357$, 및 $a_3 = 0.3532$ 를 사용한다. 따라서, 역 추정 유닛들(82, 98)은 상기 근사값을 사용해서 역함수를 효율적으로 추정할 수 있다.

도 6을 참조하면, ρ_Ω 및 ρ_A 가 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛에 제공되는데, 상기 결정 유닛은 출력들로서 상기 설계 값들을 결정 로직 및 제어 유닛(44)(예를 들어, 도체들(42)을 통해)에 제공할 수도 있으며, 상이한 포맷의 톤 특성들을 출력하는데 상기 값들을 사용할 수도 있다. 이는 예를 들어, 디코드 주파수, AM 변조 주파수, 디코드 온-오프 크기 표시기 등과 같은 톤 특성들을 제공하기 위해 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)과 결합해서 또는 단독으로 사용될 수도 있는 다양한 실시예들을 도시하는 도 9 내지 도 11을 참조해서 기술될 것이다.

도 7은 도 5의 싱글 컴포넌트 위상 검출기(72)의 한 실시예를 도시한다. 본 실시예는 $x(n)$ (30)을 수신하고, 검출된 톤의 위상 컴포넌트들 $c(n)$ (137) 및 $s(n)$ (139)을 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 제공한다. 검출기(72)는 입력 신호 $x(n)$ (30)의 주파수와 매치하고자 시도하는 타겟 신호 $w(n)$ (110)을 제어 입력 신호 $c_0(n)$ 을 근거로 제공하는 적응 디지털 발진기(102)를 포함한다. 타겟 신호 $w(n)$ (110) 및 입력 신호 $x(n)$ (30)은 위상 추정(104)에 제공된다. (검출기(72)가 위상 추정을 실행하기 전에 $x(n)$ (30)을 필터하는데 사용될 수도 있는 선택 필터(133)를 포함할 수도 있음을 주지하라. 예를 들어, 한 실시예에서, 사용되는 톤 포맷에 따라, 필터(133)는 $x(n)$ (30)으로부터 이웃 주파수 컴포넌트들을 제거하는데 사용될 수도 있다. 따라서, 도 7과 관련된 $x(n)$ (30)은 필터(133)와 같은 필터의 존재에 따라 필터된 $x(n)$ (30)이거나 아니면 그냥 $x(n)$ (30)임을 주지하라.) 위상 추정(104)은 위상 컴포넌트들 $c(n)$ 및 $s(n)$ 을 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 제공하는데, 위상 컴포넌트들은 $c(n) + js(n)$ 으로 표현될 수 있어서, $s(n)/c(n)$ 은 대략 $\tan(\phi(n))$ 이며, $\phi(n)$ 은 $x(n)$ (30)의 추정된 위상이다(또는 존재하는 경우 선택 필터(133)의 출력). 따라서, 위상 컴포넌트들, $c(n)$ 및 $s(n)$ 은 입력 신호 $x(n)$ (30)의 위상의 표시를 제공한다. 예를 들어, 이하의 수학식들은 $x(n)$ 및 $w(n)$ 을 나타내는데 사용될 수도 있는데, $x(n)$ 및 $w(n)$ 은 각각 복합 신호들 $X(n)$ 및 $W(n)$ 으로 변환된다:

$$X(n) = Ae^{j(\Omega n + \phi(n))}$$

$$W(n) = e^{j(\Omega n)}$$

따라서, $w(n)$ 이 $x(n)$ 의 주파수, Ω 과 매치해야함을 주지하라. $W(n)$ 의 복합 공액으로 $X(n)$ 을 승산함으로써, $x(n)$ 의 위상 $\phi(n)$ 이 다음과 같이 획득될 수 있다:

$$Z(n) = X(n) \cdot W^*(n) = e^{j\phi(n)}$$

상기 수학식에서, $R(n) = \text{LPF}\{Z(n)\} = c(n) + js(n)$ 을 제공하기 위해, $Z(n)$ 은 각각 LPF(136, 138)를 통해 패스되는 가산기들(130, 132)의 출력들에 대응할 수도 있다.

도 7의 실시예에서, 적응 디지털 발진기(102)의 출력, 즉, 타겟 신호 $w(n)$ (110)이 다음과 같이 표현될 수 있음을 주지하라.

$$w(n) = 2c_0(n-1)w(n-1) - w(n-2)$$

즉, 승산기(114)는 지연(112)의 출력($w(n-1)$ 에 대응), 지연(116)의 출력($c_0(n-1)$ 에 대응), 및 2를 수신하고, 지연(118)의 출력(지연(118)으로의 입력이 지연(112)의 출력이기 때문에 $w(n-2)$ 에 대응)을 또한 수신하는 가산기(108)에 " $2c_0(n-1)w(n-1)$ "을 제공하고, 승산기(114)의 출력으로부터 감산해서, 수학식 16에서와 같이 $w(n)$ 이 야기된다. $w(n)$ 의 주파수가 $x(n)$ 의 주파수와 매치해야만 하기에, $c_0(n)$ 은 설정되거나 제어될 수 있어서, 상기와 같은 일이 발생한다. 한 실시예에서, $c_0(n)$ 은 상수 값일 수 있다. 예를 들어, $c_0(n) = c_0 = \cos(\Omega)$ 인데, 이는 타겟 주파수에 대응한다. 그러나, 본 실시예에서, $c_0(n)$ 은 $c(n)$, $s(n)$ 및 스텝-사이즈 μ 를 근거로 $c_0(n)$ 을 갱신하는 주파수/위상 오프셋 추정 유닛(106)에 의해 샘플 단위로 갱신된다. 주파수/위상 오프셋 추정 유닛(106)은 보다 상세히 후술될 것이다.

$c_0(n)$ 의 고정값이 제공되는 경우, $x(n)$ 및 $w(n)$ 에 대한 대응 수학식들이 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$x(n) = \text{Re}\{X(n)\} = A \cos(\Omega n + \phi(n))$$

$$w(n) = \text{Re}\{W(n)\} = \cos(\Omega n)$$

코사인 곡선을 $\pi/2$ 만큼 지연함으로써 사인 곡선이 획득될 수 있음을 주지하라. 따라서, 대략 $\pi/2$ 의 위상 지연에 대응하는 $n_0 = \pi/(2\Omega)$ 에 의해, 이하의 사인 곡선이 획득될 수 있다:

$$x(n - n_0) \approx A \sin(\Omega n + \phi(n))$$

$$w(n - n_0) \approx \sin(\Omega n)$$

따라서, n_0 은 도 7의 위상 추정 유닛(104)의 지연들(120, 134)에 제공되어서, 지연(120)의 출력이 $w(n - n_0)$ 에 대응하고, 지연(134)의 출력이 $x(n - n_0)$ 에 대응한다. 도 7의 위상 추정 유닛(104)을 참조하면, $c(n)$ (137) 및 $s(n)$ (139)이 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$c(n) = b c(n-1) + (1-b)[x(n)w(n) + x(n-n_0)w(n-n_0)] \text{ for } 0 < b < 1$$

$$s(n) = b s(n-1) + (1-b) [x(n-n_0)w(n) - x(n)w(n-n_0)] \text{ for } 0 < b < 1$$

즉, 승산기(124)의 출력이 가산기(130)에 " $x(n-n_0)w(n-n_0)$ "을 제공하며, 가산기(130)는 또한 승산기(122)로부터 " $x(n)w(n)$ "을 수신함을 주지하라. 따라서, 가산기(130)는 본 실시예에서, $0 < b < 1$ 인 동안 파라미터 b 를 갖는 단극 로 패스 필터로서 도시된 LPF(136)에 " $x(n)w(n) + x(n-n_0)w(n-n_0)$ "을 제공한다. 유사하게, 승산기(126)는 가산기(132)의 네가티브 입력에 " $x(n)w(n-n_0)$ "을 제공하며, 가산기(132)는 또한 " $x(n-n_0)w(n)$ "을 승산기(128)로부터 수신한다. 따라서, 가산기(132)는 본 실시예에서, $0 < b < 1$ 인 동안 파라미터 b 를 갖는 단극 로 패스 필터로서 도시된 LPF(138)에 " $x(n-n_0)w(n) - x(n)w(n-n_0)$ "을 제공한다. $c(n)$ 이 $Z(n)$ 의 실수부의 로 패스 필터 버전에 대응하고, $s(n)$ 이 $Z(n)$ 의 허수부의 로 패스 필터 버전에 대응함을 주지하라. 여기서, $Z(n)$ 은 상기 수학식 15에서 제공된다.

상술된 바와 같이, $w(n)$ 이 $x(n)$ (30)의 주파수와 매치하도록 $\cos(\Omega n)$ 을 추적하도록 생각됨을 주지하라. 그러나, $x(n)$ (30) (상기 수학식 17 참조)은 주파수 오프셋을 포함할 수도 있어서, $\Omega = \Omega_0 + \Delta\Omega$ 이다. 여기서, $\Delta\Omega$ 은 주파수 오프셋에 대응하고, Ω_0 은 타겟 신호 $w(n)$ 의 주파수에 대응한다. 주파수 오프셋이 있으면, $c(n)$ 및 $s(n)$ 은 시간에 따라(즉, 샘플마다) 변한다. 즉, $c(n)$ 및 $s(n)$ 이 시간에 따라 변하는 것을 방지하기 위해 $c(n)$ 및 $s(n)$ 은 시간에 따라 회전할 것이며, 회전은 제거될 필요가 있다. 이는 간단하게 $c_0(n)$ 에 대한 고정값(즉, 상수)를 선택하기 보다는 지연(116)의 입력에서 $c_0(n)$ 을 적합하게 조정함으로써 실행될 수 있는 적응 디지털 발진기(102)의 주파수를 조정함으로써 달성될 수 있다. 따라서, 상술된 바와 같이, 도 7의 실시예는 $c(n)$ 및 $s(n)$ 이 샘플 마다 변하거나 회전하지 않음을 보장하기 위해 필요한 경우 $c_0(n)$ 을 갱신한다.

상술된 바와 같이, $R(n) = \text{LPF}(Z(n)) = c(n) + js(n)$. $R(n)$ 의 이전 샘플과 현 샘플 간의 위상차가 주파수 오프셋 $\Delta\Omega$ 의 표시를 제공함을 주지하라. 즉, 위상차가 포지티브 값이면, $c_0(n)$ 은 다음 샘플에 대해 증가되고(즉, 디지털 발진기의 주파수가 감소됨), 위상차가 네가티브 값이면, $c_0(n)$ 이 다음 샘플에 대해 감소된다(즉, 디지털 발진기의 주파수가 증가됨). $R(n)$ 의 이전 샘플과 현 샘플 간의 위상차($E(n)$)는 다음과 같이 $R(n-1)$ 의 복합 공액으로 $R(n)$ 을 승산함으로써 추정될 수 있다.

$$E(n) = R(n) R^*(n-1)$$

$E(n)$ 의 허수부는 $\sin(\Delta\Omega)$ 의 배수이다. 따라서, $c_0(n)$ 은 다음과 같이 상기 위상차 추정값($E(n)$)에 따라 조정될 수 있다:

$$c_0(n) = c_0(n-1) + \mu \text{Imag}\{E(n)\} \text{ for } 0 < \mu < 1$$

도 7을 참조하면, 지연(140)의 출력은 승산기(144)에 " $c(n-1)$ "을 제공하고, 승산기(144)는 " $s(n)$ "을 수신하고 " $c(n-1)s(n)$ "을 가산기(148)에 제공한다. 지연(142)의 출력은 승산기(146)에 " $s(n-1)$ "을 제공하고, 승산기(146)는 " $c(n)$ "을 수신하고 가산기(148)의 네가티브 입력에 " $c(n)s(n-1)$ "을 제공한다. 따라서, 가산기(148)는 " $c(n-1)s(n) - c(n)s(n-1)$ "($E(n)$ 의 허수부에 대응)을 승산기(150)에 제공한다. 승산기(150)는 μ 로 $E(n)$ 의 허수부를 승산하고, " $\mu \text{Imag}\{E(n)\}$ "을 가산기(152)에 제공한다. 가산기(152)는 지연(154)의 출력에서 " $\mu \text{Imag}\{E(n)\}$ "를 " $c_0(n-1)$ "과 가산해서, 상기 수학식 23에 따라 $c_0(n)$ 의 조정된 값을 제공한다. 따라서, $c(n)$ 및 $s(n)$ 이 제어 신호 $c_0(n)$ 을 조정하는데 사용될 수도 있음을 주지하라. 또한, 필요한 경우, $c_0(n)$ 이 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공될 수도 있는 톤 특성으로 간주될 수도 있음을 주지하라.

도 7의 실시예에서, $R(n)$ 의 이전 값, $R(n-1)$ 은 $c_0(n)$ 을 조정하는데 사용되었다. 그러나, 다른 실시예에서, $R(n)$ 의 현재 값 및 도 12에서 (232), (234), (236), (238)로 도시된 양자화된 참조값들 $Q(R(n))$ 만이 $R(n)$ 과 $Q(R(n))$ 간의 거리가 최소화되도록 하는데 사용된다(예를 들어, $E'(n) = R(n)Q(R(n))^*$ 을 최소화함으로써. 이는 지연 유닛들(140, 142)을 도 12에 도시된 바와 유사한 양자화기로 대체하는 것에 대응함). 또 다른 실시예에서, 피드백이 사용되지 않을 수도 있다. 즉, 원샷 피드-포워드 시스템이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 주파수 추정기 $\rho\Omega(n)$ 은 $c_0(n)$ 을 조정하는데 사용될 수도 있다. 따라서,

$c_0(n) = \text{sign}(\pi/2 - \Omega) \sqrt{\rho\Omega(n)}$ 이며, 제곱근이 다항식에 의해 근사화될 수 있다. 그러나, 이는 본 실시예에서와 같이 평활하지는

않다. 따라서, 다양한 상이한 방법들이 $c_0(n)$ 을 설정하는데 사용될 수도 있다. 한 실시예에서, $c_0(n)$ 을 취하고 $\rho_A'(141)$ 을 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 생성해주는 선택 크기 추정기는 도 7에 선택적으로 포함될 수도 있다. 이러한 경우에, 승산기(145)의 출력은 수학식 2에서 $k=1$ 인 경우 A^2 에 근사하는 $P(n)/[1-c_0^2(n)]$ 에 대응한다. LPF(143)는 b 및 승산기(145)의 출력을 수신하고, 평활 추정값 $\rho_A'(141)$ 을 생성하는데, 이는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158) 내의 진폭 또는 크기 검출기로서 사용될 수 있다.

싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)은 $c(n)$ 및 $s(n)$ 의 수신된 값들(및 필요한 경우, $c_0(n)$ 및 ρ_A')을 근거로, 톤 특성들을 도체들(42)을 통해 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공할 수 있다. $c(n)$ 및 $s(n)$ 의 값들은 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 직접 제공될 수도 있으며, 또는 예를 들어, 위상 톤 특성을 나타내는, 상기 값들로부터 유도된 톤 특성이 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공될 수도 있다. 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)이 결정 유닛(158)의 일부의 한 실시예를 도시하는 도 12를 참조해서 보다 상세히 기술될 것임을 주지하라.

도 8은 도 5의 멀티컴포넌트 톤 검출기(74)의 한 실시예를 도시한다. 본 실시예는 $x(n)$ (30)을 수신하고, $x(n)$ (30)에 포함된 톤 컴포넌트들 각각에 대한 주파수 및 진폭 정보, ρ_Ω 및 ρ_A 를 멀티컴포넌트 톤 검출 결정 유닛(172)에 제공한다. 예를 들어, 멀티컴포넌트 톤 검출기(74)는 $x(n)$ 의 N 개의 컴포넌트들에 대한 위상 및 진폭 정보를 제공할 수 있는 N 개의 필터들을 포함한다. 입력 신호 $x(n)$ (30)은 필터₁(162) 내지 필터_N(164)에 제공되고, 그 후, 각각, AM-FM 복조기₁(166) 내지 AM-FM 복조기_N(168)에 제공된다. AM-FM 복조기₁(166) 내지 AM-FM 복조기_N(168) 각각은 $\hat{\rho}_{\Omega_n}$, $\hat{\rho}_{A_n}$ 을 통해 $\hat{\rho}_{\Omega_i}$, $\hat{\rho}_{A_i}$ 의 값들을 각각 제공한다. 따라서, 검출기(74)는 필요한 경우 임의의 수의 필터들 및 AM-FM 복조기들을 가질 수 있다. 일반적으로, 하나의 필터 및 AM-FM 복조기는 특정 톤 포맷 내의 톤의 모든 주파수 컴포넌트를 위해 필요하다. 예를 들어, 각각의 심볼이 두개의 주파수 컴포넌트들을 갖는 DTMF 포맷에서, 하나의 필터 및 하나의 AM-FM 복조기가 각각의 주파수 컴포넌트를 위해 사용된다(하나는 고 주파수 컴포넌트를 위한 것이고 또 하나는 저 주파수 컴포넌트를 위한). 각각의 필터는 희망 주파수를 포함하는 신호를 대응 AM-FM 복조기에 제공한다. 대응 AM-FM 복조기는 $x(n)$ 의 현 수신 샘플 및 현 추정 DTMF 코드 값, $\mu_f(n)$ ($x(n)$ 의 디코드 주파수 값들에 대응)을 근거로 $\rho_{\Omega 1}$ 및 $\rho_{\Omega 2}$ 의 측정값 또는 추정값들($\hat{\rho}_{\Omega_i}$ 및 $\hat{\rho}_{\Omega_i}$ 로 표시된 측정값 또는 추정값들)을 야기한다. 상기 추정 값들 $\hat{\rho}_{\Omega_i}$ 및 $\hat{\rho}_{A_i}$ 및 DTMF 톤 포맷에 대응하는 저장된 표들은 그 후 셀프-튜닝 유닛(36)이 다음 추정 DTMF 코드 값($\mu_f(n+1)$)을 결정하는데 사용된다. 상기 값은 멀티 컴포넌트 톤 검출 결정 유닛(172)에 제공되고 $x(n)$ 의 다음 수신 샘플에서 사용되기 위해 필터₁(28) 내지 필터_N(32)에 다시 제공된다.

수학식 17에서, $x(n)$ 이 하나의 주파수로 구성되지만; 도 2의 톤 표시기(32)를 참조해서 상술된 Teager-Kaiser 에너지 오퍼레이터는 $x(n)$ 이 하나 보다 많은 주파수로 구성된 경우도 커버하도록 확장될 수 있음을 주지하라. 이러한 경우에,

$$x(n) = \sum_{i=1}^N A_i \cos(n\Omega_i + \phi_i) \quad \text{이어서,} \quad \psi_k(x(n)) = \sum_{i=1}^N A_i^2 \sin^2(k\Omega_i) + \varphi(n, \Omega_1, \dots, \Omega_N) \quad \text{이며, 여기서, 함수 } \psi(\bullet) \text{는 에너지 오퍼레이터가 시간에 따라 변하게 하고, 따라서, } N \text{개의 컴포넌트들을 개별화하는데 다소 어려움을 준다.}$$

따라서, 상기 에너지 오퍼레이터(톤 표시기(32)로부터 $P(n)$ (38)으로 표시됨)가 N 개의 독립 필터들로 신호 $x(n)$ 을 먼저 필터링함으로써 다수의 컴포넌트들을 검출하는데 사용될 수도 있어서, 모든 컴포넌트 $x_c(n)$ 이 효율적으로 추출될 수 있다. N 개의 컴포넌트들이 추출되면, 주파수 및 크기 추정값들($\hat{\rho}_{\Omega_i}$ 및 $\hat{\rho}_{A_i}$)이 계산된다.

필터₁(162)은 $x(n)$ 을 필터해서, 제1 컴포넌트 $x_1(n)$ 이 추출될 수 있다. 유사하게, 필터_N(162)은 $x(n)$ 을 필터해서, N 번째 컴포넌트 $x_N(n)$ 이 추출될 수 있다. 따라서, 각각의 필터는 톤 컴포넌트라고 하는 대응 컴포넌트 $x_c(n)$ 을 추출하는데 사용된다. (따라서, 각각의 톤이 $N=5$ 개의 컴포넌트들을 포함하는 톤 포맷의 경우, 5개의 필터들이 존재하며, 각각은 대응 톤 컴포넌트를 추출하는데 사용된다.) 컴포넌트들이 추출되면, $\hat{\rho}_{\Omega_i}$ 내지 $\hat{\rho}_{A_n}$ 이 결정된다. 예를 들어, 한 실시예에서, 빗살 필터들이 필터₁ 내지 필터_N 각각을 위해 사용되어서, 소정의 필터링 경로가 다른 경로들로부터의 바람직하지 않은 컴포넌트들을 모두 제거한다.

이러한 방식으로, 각각의 AM-FM 복조기는 존재하는 $\mu_f(n)$ 의 현 값에 대응하는 톤의 다른 주파수 컴포넌트들 없이 $\hat{\rho}_\Omega$ 의 대응 값을 계산한다. 따라서, 각각의 필터_c ($c = 1, \dots, N$)에 대한 빗살 필터는 이하의 수학식 24와 같은 일반적인 포맷을 가질 수 있다.

$$H_c^{(m)}(z) = \Gamma_c^{(m)} \prod_{i \neq c, i=1}^N \frac{1 - b_{i,j} z^{-1} + z^{-2}}{1 - r b_{i,j} z^{-1} + r^2 z^{-2}}, \quad c=1, \dots, N$$

상기 수학식에서, $0 < r < 1$ 이고, $i \neq c$ 인 동안 적 항은 $i = 1$ 내지 N 각각에 대해 존재한다. 상기 수학식에 따라, 톤 포맷이 L 개의 주파수 컴포넌트들을 가지면, 각각의 필터의 트랜스퍼 함수, H 는 $L-1$ 개의 항들의 적을 포함한다. 현 실시예에서, 빗살 필터들의 계수들은 적응적이며, $\mu_f(n)$ 의 현 값에 따라 변경된다.

한 실시예에서, $\Gamma_c^{(m)}$ 이 선택되어서, $|H_c^{(m)}(e^{j\Omega_c,j})|$ 이 된다. 즉, 원하지 않은 컴포넌트들 $i \neq c$ 의 제거가 타겟 컴포넌트 c 에 대한 게인 바이어스를 야기하지 않는다. 이는 다음과 같이 도시될 수 있다:

$$\Gamma_c^{(m)} = \sqrt{\prod_{i \neq c} \frac{\left(\frac{1-r^2}{2}\right)^2 - r[r \cos(\Omega_{c,j}) - \cos(\Omega_{i,j})][r \cos(\Omega_{i,j}) - \cos(\Omega_{c,j})]}{[\cos(\Omega_{c,j}) - \cos(\Omega_{i,j})]^2}}$$

2-컴포넌트 경우($N=2$), $\Gamma_1^{(m)} = \Gamma_2^{(m)}$, $\forall m$ 임을 주지하라. $\Gamma_c^{(m)}$ 의 값들 및 계수들 $b_{c,j}$, $c = 1, \dots, N$ 은 미리 계산되어 록업 테이블에 저장될 수 있다. 크기 추정이 사용되지 않으면, 게인 $\Gamma_c^{(m)}$ 이 무시될 수도 있다.

소정의 멀티컴포넌트 톤을 성공적으로 검출하기 위해, 주파수 검출기 출력들의 가변성을 최소화하는 최적 주파수 집합을 탐색하기 위한 셀프-튜닝 메카니즘이 사용된다. 이는 싱글 주파수 톤이 Teager-Kaiser 에너지 오퍼레이터에 의해 처리된 후에도 일정한 값을 생성하기 때문이다. 셀프-튜닝 유닛(170)의 오퍼레이션은 필터₁ 내지 필터_N의 계수들을 조정하기 위해 $\mu_f(n)$ 의 현 값을 사용해서, $\mu_f(n)$ 의 동일한 값을 생성할 경우 $x(n)$ (30)의 다음 샘플이 처리된다. $x(n)$ (30)의 실제 세그먼트 식별 값이 $\mu_f(n)$ 에 대응하면, 이는 신호 컴포넌트들의 정확한 추정을 야기해서, 셀프-튜닝 유닛(170)의 주파수 로크를 야기한다. 한편, $x(n)$ (30)의 실제 세그먼트 식별 값이 $\mu_f(n)$ 에 대응하지 않으면, 주파수 로크가 획득될 때까지 셀프-튜닝 유닛(170)은 필터₁ 내지 필터_N의 계수들을 계속해서 조정할 것이다. 한 실시예에서, 주파수 값들 $\mu_f(n)$ 은 도 11에 따라 추정되는데, 여기서, 가장 가까운 참조 주파수 추정값들이 $x(n)$ (30)의 다음 샘플을 처리하기 위해 사용되도록 필터₁ 내지 필터_N의 계수들을 결정해서, 대응 참조 주파수 값들이 필터₁ 내지 필터_N에 의해 획득된다.

도 9 내지 도 12는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)(또는 필요한 경우, 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158) 또는 멀티컴포넌트 톤 검출 결정 유닛(172) 또는 유닛들(90, 158, 172) 중 임의의 두 개 또는 그 이상)에 포함될 수도 있는 다양한 부분들을 도시한다. 예를 들어, 도 9의 실시예(예를 들어, 유닛(90) 또는 유닛(158)에 포함될 수도 있음)는 디코드 온-오프 변조 정보를 나타내는 톤 특성, $\mu_{on-off}(n)$ 을 제공한다. 도 10의 실시예(유닛(90) 또는 유닛(158)에서 사용될 수도 있음)는 디코드 AM 변조 주파수를 나타내는 톤 특성 $\mu_{AM}(n)$ 을 제공한다. 도 11의 실시예(유닛(90) 또는 유닛(158) 또는 유닛(172), 상기 유닛들 중 임의의 두 개 또는 그 이상에서 사용될 수도 있음)는 $x(n)$ (30)에서 톤의 디코드 주파수를 나타내는 톤 특성 $\mu_f(n)$ 을 제공한다. 따라서, 독립 톤 검출기 뱅크(40)에 의해 지원되는 톤 포맷에 따라, 추가 톤 특성들, 보다 적은 톤 특성들 또는 상이한 타입들의 톤 특성들이 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공될 수 있다. 도 11의 실시예가 $x(n)$ 에서 싱글 톤 컴포넌트들 및 다중 톤 컴포넌트들을 모두 적용할 수도 있음을 주지하라. 다중 컴포넌트들의 경우 예, 도 11은 $x(n)$ 의 톤 컴포넌트들의 디코드 주파수를 나타내는 톤 컴포넌트들 각각에 대한 톤 특성 $\mu_f(n)$ 을 제공할 수도 있다. 또한, 도 12는 도 7의 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)에 포함될 수도 있는 한 실시예를 도시하며, 디코드 위상을 나타내는 톤 특성 $\mu_p(n)$ 을 제공한다. 또한, 후술되는 바와 같이, 유효 톤 이벤트가 발생했는지를 결정하기 위해 공통 로직이 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 의해 쉽게 사용되도록, 도 9 내지 도 12의 출력들이 정수 출력들임을 주지하라.

도 9는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 도 9는 톤 특성으로서 디코드 온-오프 크기 표시기, $\mu_{on-off}(n)$ 을 제공하는데 사용될 수 있다. 입력 신호 $x(n)$ (30)가 온-오프 변조(예를 들어, CNG 및 CT에 사용됨)에 따라 변조되면, 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)이 도 9의 아이템들을 포함할 수도 있다. 도 9에 도시된 바와 같이, $P(n)$ (38)은 가산기(174)의 포지티브 입력에 제공되고, 임계값 P_{low} 는 가산기(174)의 네가티브 입력에 제공된다. 가산기(174)의 출력(" $P(n) - P_{low}$ ")는 $P(n) > P_{low}$ 일 때 1이고 $P(n) \leq P_{low}$ 일 때 0인 $\mu_{on-off}(n)$ 을 출력하는 스텝 함수(176)에 제공된다. 상기 톤 특성은 그 후 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 제공된다.

도 10은 도 9 대신 사용될 수도 있는 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 도 10은 AM 변조 주파수 톤 특성, $\mu_{AM}(n)$ 을 제공하는데 사용될 수 있다. $P(n)$ (38) 또는 $p_A(92)$ (또는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)의 일부분으로서 구현되는 경우, $p'_A(141)$)이 입력 신호의 DC 오프셋을 식별 및 제거하는 DC 오프셋 추정 및 보상 유닛(178)에 제공된다. 한 실시예에서, AM 변조 주파수의 한 기간이 (한 기간 내의) 소정의 입력 신호의 최대값 및 최소 값의 평균으로서 DC 오프셋을 정의하는데 사용된다. 추정 DC 오프셋은 (178)의 출력을 생성하기 위해 입력 신호로부터 감산된다. DC 오프셋 추정 및 보상 유닛의 출력은 제로 크로싱 카운터(180)에 제공되며, 제로 크로싱 카운터(180)는 제로 크로싱 카운트를 유지한다. 출력은 가산기(182)에 제공되며, 가산기(182)는 NZ_{max} 의 네가티브를 수신한다. 가산기(182)의 출력은 스텝 함수(84)에 제공되며, 스텝 함수(84)는 제로 크로싱 카운터(180)에 의해 결정된 제로 크로싱의 수가 NZ_{max} 보다 크면, 1을 출력하고, 그렇지 않으면, 0을 출력한다. 따라서, 도 10의 소자들에 따른 0 또는 1의 출력들은 AM 변조 주파수의 표시를 제공하며, 이는 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 $\mu_{AM}(n)$ 으로서 제공된다. 한 실시예에서, 선정된 수의 샘플들 내에서 NZ_{max} 보다 작은 제로 크로싱의 0이 아닌 수는 AM 변조 주파수의 가능한 매치를 나타낸다. 도 10은 예를 들어, ANSam 및 ANSam_PR 톤 이벤트들을 검출하는데 사용될 수도 있다.

도 11은 싱글 컴포넌트 주파수 검출기 결정 유닛(90) 및 멀티컴포넌트 톤 검출 결정 유닛(172)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. 한 실시예에서, 상기 일부분은 항상 톤 표시기 인에이블되고, 출력을 근거로, 도 9, 도 10 또는 도 12가 인에이블될 필요가 있는지를 결정한다. 따라서, 본 실시예에서, 도 9 내지 도 12 각각은 $x(n)$ (30)에서 톤의 존재를 검출할 때 필요한 경우 독립적으로 인에이블 또는 디스에이블될 수 있다. 신호 $p_Q(n)$ (도 6의 LPF(86)로부터의 p_Q 과 같이 싱글 값일 수도 있고, 도 8의 복조기들(166-168)의 출력들과 같은 값들의 벡터일 수도 있음)은 가산기(186)와 같은 가산기에 제공된다. 도 11의 가산기들의 수는 검출되는 상이한 톤들(싱글 주파수 또는 다중 주파수 컴포넌트들을 가짐)의 수에 좌우된다. $p_Q(n)$ 의 각각의 값(주파수 추정기 값이라고도 함)은 대응 참조 값 p_{Qref1} 내지 p_{QrefN} (참조 주파수 추정기 값들이라고도 함)으로 가산된다. 결과들은 L-norm(192 내지 196) 중 대응 L-norm에 제공된다. 한 실시예에서, L_1 평균은 $p_Q(n)$ 과 참조값들 각각 간의 거리를 나타내는 (192 내지 196)의 출력들을 생성하는데 사용된다. 추정 거리 값들은 L-norm(192 내지 196) 각각으로부터의 최소 브랜치의 인덱스(1 내지 N 중 하나)를 $\mu_f(n)$ 으로 제공하는 $\arg \min$ (198)에 제공된다. 따라서, 다른 톤 특성들에 있어서, $\mu_{AM}(n)$ 및 $\mu_{on-off}(n)$ 에서와 같이 $\mu_f(n)$ 이 정수(1 내지 N)로서 출력됨을 주지하라. 한 실시예에서, $\mu_f(n)$ 은 $x(n)$ (30)의 각각의 입력 샘플에 대해 결정되는데, $\mu_f(n)$ 을 결정할 때, 결정 유닛들의 다른 일부분들(도 9, 도 10, 도 12)이 $\mu_f(n)$ 의 값을 근거로 필요한 경우 인에이블될 수도 있다. 예를 들어, 위상 검출기는 $\mu_f(n)$ 의 몇몇 값들이 발생할 때 인에이블될 수도 있다. 다른 실시예에서, 도 11에 도시된 주파수 디코더는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158) 내에서 구현될 수도 있다. 이러한 경우, $c_0(n)$ 이 주파수를 직접 디코드하는데 사용될 수도 있다(즉, $p_Q(n)$ 은 $c_0(n)$ 으로 대체되고, $p_{Qrefm}(n)$ 은 $c_{0refm}(n)$ 으로 대체됨, $m = 1, \dots, N$).

도 12는 $c(n)$ 및 $s(n)$ (각각, 도 7의 LPF(136, 138)로부터)을 근거로 디코드 위상 톤 특성, $\mu_p(n)$ (226)을 제공하는 싱글 컴포넌트 위상 검출기 결정 유닛(158)의 일부분의 한 실시예를 도시한다. $c(n)$ 이 x 축(228)에 대응하고, $s(n)$ 이 y 축(230)에 대응하는 도 12의 차트에서 알 수 있는 바와 같이, $c(n)$ 및 $s(n)$ 의 값들이 $x(n)$ 의 각각의 샘플에 속하는 점선들(240, 242)로 결정된 4분면에 따라, 위상은 0, 1, 2, 3 중 하나로 양자화된다(도 12에서 포인트들(232, 234, 236, 238)에 각각 대응). 예를 들어, $c(n)$ 및 $s(n)$ 이 ($c(n)$, $s(n)$)이 축들(228, 230)을 사용해서 그래프화될 때, 그래프에서 점선들(242, 240) 간의 좌측 절반의 영역(226)에 속하는 값들이면, 출력 $\mu_p(n)$ 은 2로 설정된다.

도 12를 참조할 때, $c(n)$ 은 절대값 유닛(200)에 제공되며, 절대값 유닛(200)은 $c(n)$ 의 크기를 가산기(202)에 제공한다. 신호 $c(n)$ 은 또한 스텝 함수(206)에 제공되며, 스텝 함수(206)는 출력을 가산기(212)에 제공한다. 신호 $s(n)$ 은 절대값 유닛(204)에 제공되며, 절대값 유닛(204)은 $s(n)$ 의 크기를 가산기(202)의 네가티브 입력에 제공하며, 가산기(202)는 " $|c(n)| -$

$|s(n)|$ 을 스텝 함수(208)에 제공한다. 신호 $s(n)$ 은 스텝 함수(210)에 제공된다. 스텝 함수들(206, 208, 210) 각각은 포지티브 입력에 대해서는 1을 출력하고 그렇지 않은 경우 0을 출력한다. 따라서, 가산기(212)의 출력은 0, 1 또는 2일 수 있다. 가산기(212)의 출력은 승산기(214)에 의해 -2로 승산되고, 승산기(214)는 결과(0, -2 또는 -4)를 가산기(216)에 제공한다. 가산기(216)는 승산기(214)의 결과에 1을 가산하고(1, -1 또는 -3이 획득), 결과를 승산기(218)에 제공한다. 스텝 함수(210)의 출력은 승산기(222)에 제공되며, 승산기(222)는 상기 출력에 2를 승산해서, 결과를 가산기(220)에 제공한다. 따라서, 승산기(222)의 결과는 0 또는 2일 수 있으며, 가산기(220)에 제공된다. 가산기(220)는 1을 가산해서, 1 또는 3을 획득하는데, 상기 값은 그 후 가산기(224)에 제공된다. 승산기(218)는 가산기(216)의 출력 및 스텝 함수(208)의 출력을 수신하고, 결과(0, 1, -1 또는 -3)를 가산기(224)에 제공한다. 가산기(224)는 0 내지 3 중 하나로서 $\mu_p(n)$ 을 제공한다. 예를 들어, ANS_PR, ANSam_PR, USB1과 같은 톤 포맷들을 검출할 때와 같이, 디코드 위상 정보가 필요할 때, 도 12가 사용될 수도 있음을 주지하라. 또한, 다른 실시예들에서, $\mu_p(n)$ 을 양자화하는데 임의의 수의 결정 경계들이 사용될 수도 있음을 주지하라. 즉, $\mu_p(n)$ 은 도 12에 도시된 4 포인트들 보다 많거나 적은 포인트들로 양자화될 수도 있다. 따라서, 도 12의 로직은 $\mu_p(n)$ 의 희망 양자화에 따라 다양한 방법들로 설계될 수 있다.

임의의 톤 특성들이 결정 로직 및 제어 유닛(44)으로부터 독립 톤 검출기 뱅크(40) 내의 임의의 검출기에 제공될 수도 있다. 예를 들어, 허용 오차를 초과하는 경우와 같이, 리셋을 위해 다시 제공될 수도 있다. 또한, 한 실시예에서, $x(n)$ (30)의 주파수 추정값으로서 사용될 수 있는 도 7의 제어 신호 $c_0(n)$ 이 소정의 톤의 검출 타당성 검사를 위해 $\rho_Q(n)$ 과 함께 사용될 수도 있다. 예를 들어, $c_0(n)$ 의 부호는 소정의 톤의 주파수가 샘플링 속도의 25% 보다 큰지 작은지를 나타낸다. 특히, 8 KHz의 샘플링 속도의 경우, 각각 주파수 1900 Hz 및 2100 Hz를 가진 두개의 싱글 컴포넌트 톤들이 동일한 $\rho_Q(n)$ 값을 갖는 반면, $c_0(n)$ 은 1900 Hz(2000 Hz 보다 작음)에 대해서는 포지티브이고, 2100 Hz(2000 Hz 보다 큼)에 대해서는 네가티브이다. 도 9 내지 도 12는 가능한 톤 특성들 중 몇몇 일례만을 도시한 것으로, 다른 실시예들이 추가의 톤 특성들 또는 상이한 타입들의 톤 특성들을 제공하기 위해 도 9 내지 도 12 외의 다른 방법들을 사용할 수도 있음을 주지하라. 예를 들어, 다른 타입들의 주파수 정보, 위상 정보, 타이밍 정보 또는 크기 정보가 제공될 수도 있으며, 이는 다양한 상이한 방법들로 생성될 수도 있다.

톤 특성들이 결정되어 결정 로직 및 제어 유닛(44)에 정수 값들로서 제공되면, 결정 로직 및 제어 유닛(44)은 유효 톤 이벤트가 검출되는지를 결정하기 위해 공통 로직 기법을 적용할 수 있다. 도 17은 본 발명의 한 실시예에 따라 톤 이벤트를 검출하는 방법을 도시하며, 독립 톤 검출기 뱅크가 적용되는 도 14의 블록(262)의 한 실시예를 도시한다.

도 17의 플로는 신호 $x(n)$ 이 예를 들어, 도 5의 검출기들(70, 72, 74)와 같은 개별 검출기들을 통해 처리되는 블록(296)으로 시작된다. (임의의 수 및 타입의 검출기들이 상이한 실시예들에서 사용될 수도 있음을 주지하라.) 플로는 그 후 블록(298)으로 진행해서, 모든 검출기 d 에 대해, 디코드 톤 특성 $\mu_d(n)$ 이 결정된다. 예를 들어, 도 9 내지 도 12의 실시예들에서, $\mu_d(n)$ 은 $\mu_f(n)$, $\mu_{AM}(n)$, $\mu_{on-off}(n)$ 및 $\mu_p(n)$ 을 포함한다. 상술된 바와 같이, 모든 검출기가 $x(n)$ 의 각각의 샘플에 대해 톤 특성을 제공하지 않을 수도 있음을 주지하라. 예를 들어, 검출기들은 몇몇 톤 특성들(예를 들어, $\mu_{AM}(n)$, $\mu_{on-off}(n)$ 및 $\mu_p(n)$)이 필요한 경우(예를 들어, $\mu_f(n)$ 에 의해 결정되는 경우)에만 추정되는 상술된 한 실시예에서와 같이, 필요한 경우에만 인에이블될 수도 있다. 플로는 블록(299)으로 진행해서, 도 18과 관련해서 설명되는 바와 같이, 가능한 경우, 가능한 특성 여러들이 검출 및 정정된다. 플로는 블록(300)으로 진행해서, 공통 톤 검출 결정 로직이 모든 검출기 d 에 대해 적용된다. 즉, 정수 톤 특성을 사용해서, 공통 결정 로직이 상이한 검출기들에 대해 사용될 수도 있다. 다른 실시예들은 상이한 포맷들의 톤 특성들을 제공할 수도 있으며, 상이한 검출 결정 로직을 포함할 수도 있다. 그 후, 플로는 결정 단계(302)로 진행해서, 새로운 톤이 톤 특성들을 근거로 검출되는 지를 결정한다. 그렇지 않으면, 플로는 도 14의 블록(264)으로 진행한다.

결정 단계(302)에서, 새로운 톤이 검출되면, 플로는 블록(304)으로 진행해서, 검출된 톤이 이전 검출 톤들의 리스트에 추가된다. 그 후, 플로는 블록(306)으로 진행해서, 리스트가 톤 이벤트를 정의하는 선정된 톤 시퀀스를 찾기 위해 검사될 수 있다. 예를 들어, 결정 로직 및 제어 유닛(44)은 검출될 수 있는 상이한 톤 이벤트들을 정의하는 톤 이벤트 표를 포함할 수도 있으며, 톤 이벤트 리스트 및 표의 현 톤 시퀀스를 근거로, 유효 톤 이벤트가 검출될 수 있다. 따라서, 플로는 공지된 시퀀스가 검출되는지가 결정되는 결정 단계(308)로 진행한다. 검출된 경우, 플로는 블록(310)으로 진행해서, 톤 이벤트 검출 플래그 f_d 가 설정된다. 그렇지 않으면, 플로는 도 14의 블록(264)으로 진행한다. 결정 로직 및 제어 유닛은 그 후 유효 톤이 검출되었음을 나타내기 위해 검출 톤 이벤트(45)를 표명하고, 검출된 톤 이벤트에 관한 희망 정보를 제어 버스(22)에 제공한다. 공지된 시퀀스를 검출하는 프로세스에서, 톤 검출 플래그가 무효 톤 이벤트가 검출되었음을 나타내도록 설정될 수도

있음을 주지하라. 이러한 경우, 톤 이벤트는 보고되지 않는다. 예를 들어, TTY 톤 이벤트는 최대 7 톤을 가져야만 하며, 특정 톤으로 시작 및 정지한다; 보다 많거나 적은 톤들이 도 2의 톤 이벤트 검출기(14)에 제공되면, TTY 톤 이벤트 검출이 야기되지 않는다.

도 18은 도 17의 블록(299)의 에러 정정 프로세스의 한 실시예를 도시한다. 디코드 톤 특성들 $\mu_d(n)$ 이 추정되면, 플로는 블록(305)으로 진행해서, $\mu_d(n)$ 의 값들이 현 톤 이벤트의 예상 디코드 측정값들과 비교된다. 예를 들어, TTY 톤 이벤트의 경우, 톤 세그먼트들은 $\mu_f(n)$ 의 두 특정 값들 중 하나를 가져야만 한다; 따라서, $\mu_f(n)$ 의 상이한 값이 추정되면, 에러를 표시한다. 결정 단계(307)는 그 후 에러가 검출되었는지를 체크하고, 에러가 없는 경우 도 17의 블록(300)으로 진행한다. 그렇지 않으면, 결정 단계(307)는 블록(309)으로 진행해서, 도 17의 블록(300)으로 디코드 톤 특성들 $\mu_d(n)$ 을 제공하기 전에 에러 정정 알고리즘을 사용해서 영향받은 톤 특성들 $\mu_d(n)$ 을 조정함으로써 검출된 에러가 정정된다. 한 실시예에서, 에러 정정은 예를 들어, 주파수 허용 오차에 대한 가능한 충돌 요구 사항들을 극복하는데 사용될 수도 있다. 상기 TTY 톤 이벤트 일레에서, 에러 정정 알고리즘은 다음과 같이 정의될 수 있다: 특정 디코드 주파수 $\mu_f(n)$ 이 추정되고 그 값이 임의의 예상 TTY 디코드 주파수들과 다르면, $\mu_f(n)$ 은 $\mu_f(n)$ 의 추정값에 가장 가까운 TTY 주파수에 대응하는 예상 TTY 디코드 주파수 값으로 대체된다. 에러 정정 알고리즘은 또한 톤 특성들의 선정된 허용 오차들을 검증하는데 사용될 수 있어서, 소정의 특성이 명세 밖이면, 대응 디코드 측정값 $\mu_d(n)$ 이 무효화된다. 예를 들어, 주파수 허용 오차가 명세 밖이면, $\mu_f(n)$ 은 무효 주파수 컴포넌트를 나타내는 0으로 대체된다.

도 19는 공통 톤 검출 결정 로직이 적용되는 도 17의 플로의 블록(300)의 한 실시예에 대응하는 플로를 도시한다. 도 19의 플로는 소정의 정수값으로의 전이가 발생했는지와 값이 선정된 시간동안 유지(N_d 보다 큼)되는지를 결정한다. 플로는 블록(312)으로 진행해서, $\mu_d(n)$ 이 추정된다($\mu_d(n)$ 은 $\mu_f(n)$, $\mu_{AM}(n)$, $\mu_{on-off}(n)$ 및 $\mu_p(n)$ 을 나타낸다). 그 후, 플로는 결정 단계(314)로 진행해서, $\mu_d(n)$ 의 이전 값에 대응할 수도 있는 μ_{est} 와 $\mu_d(n)$ 이 동일하지 않는지가 결정된다. $\mu_d(n)$ 이 μ_{est} 와 동일하지 않으면, 플로는 블록(316)으로 진행해서, n_0 (0으로 미리 초기화됨)이 1씩 증가된다. 그 후, 플로는 n_0 이 N_0 보다 큰지가 결정되는 결정 단계(318)로 진행한다. 크지 않으면, 플로는 도 17의 결정 단계(302)로 진행한다. 크면, 플로는 블록(320)으로 진행해서, n_1 이 n_0 으로 설정되고, n_0 은 0으로 설정되며, μ_{est} 는 $\mu_d(n)$ 으로 설정되고, F_d 는 0으로 설정된다. 그 후, 플로는 도 17의 결정 단계(302)로 진행한다.

결정 단계(314)에서, $\mu_d(n)$ 이 μ_{est} 와 동일하면, 플로는 블록(322)으로 진행해서, n_1 이 1씩 증가된다. 그 후, 플로는 결정 단계(324)로 진행해서, n_1 이 N_1 보다 큰지가 결정된다. 크지 않으면, 플로는 결정 단계(330)로 진행한다. 크면, 플로는 결정 단계(326)로 진행해서, $F_d = 0$ 인지가 결정된다. 0이면, 플로는 블록(328)으로 진행해서, F_d 가 1로 설정되고, $\mu_d(\Delta\mu_d)$ 의 변경이 $(\mu_{est} - \mu_{old}) \text{ MOD } \mu_{amx}$ 로 설정되고, μ_{old} 가 μ_{est} 로 설정된다(한 실시예에서, $\Delta\mu_d = \Delta\mu_p$)가 DPSK 변조 세그먼트들을 갖는 톤 이벤트들을 검출하는데 사용됨). 그 후, 플로는 결정 단계(330)로 진행해서, n_1 이 N_d 보다 큰지가 결정된다. 크지 않으면, 플로는 도 17의 블록(302)으로 진행한다. 크면, 플로는 블록(332)으로 진행해서, 새로운 톤 검출이 보고된다. 플로는 블록(334)으로 진행해서, n_0 , n_1 , F_d 는 모두 0으로 리셋된다. 그 후, 플로는 도 17의 블록(302)으로 진행한다. 상술된 설명에서, n_0 및 n_1 은 디코드 톤 특성들($\mu_d(n)$ 이 μ_{est} 와 동일하지 않음)의 전이 또는 에지 및 상수 값들의 가능한 정체($\mu_d(n)$ 이 μ_{est} 와 동일)를 나타내는데 사용된다. 본 실시예에서, N_0 은 새로운 톤 세그먼트로의 전이를 정의하는데 필요한 샘플들의 최소수이고, N_1 은 가능성 있는 톤 세그먼트를 나타내는데 필요한 샘플들의 최소수이며, $N_d > N_1$ 은 새로운 톤 검출의 타당성 검사를 하는데 필요한 샘플들의 최소수이다. 또한, 본 실시예에서, F_d 는 $\Delta\mu_d$ 및 $\Delta\mu_{old}$ 가 추정될 때 시간을 제어하는데 사용되는 검출 플래그이다. 본 실시예에서, N_0 , N_1 , N_d 및 μ_{MAX} 가 $\mu_d(n)$ 에 좌우됨을 주지하라. 따라서, 상이한 톤들이 몇몇 선정된 명세에 따라 대응 값들(N_0 , N_1 , N_d 및 μ_{MAX})을 가질 수 있다.

톤 이벤트 검출기(14)는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 임의의 결합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 1 내지 도 19의 플로우차트들 뿐만 아니라 블록도들이 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 임의의 결합으로 실행될 수 있다.

상술된 설명에서, 본 발명은 특정 실시예들을 참조해서 기술되었다. 그러나, 본 기술 분야에 숙련된 자들은 이하의 청구항들에 기재된 본 발명의 범위 내에서 변형 및 변경이 이루어 질 수 있음을 안다. 예를 들어, 본 명세서에 설명된 임의의 방법들이 컴퓨터 하드 디스크, 플로피 디스크, 3.5" 디스크, 컴퓨터 스토리지 테이프, 자기 드럼, SRAM(static random access memory) 셀, DRAM(dynamic random access memory) 셀, 전기적 소거 가능 셀들(EEPROM, EPROM, 플래시 셀들),

비휘발성 셀, 강유전성 또는 강자성 메모리, 콤팩트 디스크(CD), 레이저 디스크, 광 디스크, 및 임의의 유사 컴퓨터 관독 가능 매체 중 하나 이상에서 소프트웨어로서 구현될 수도 있다. 또한, 블록도들은 도시된 바와 상이한 블록들을 가질 수 있으며 보다 많거나 적은 블록들을 가질 수 있으며 상이하게 배치될 수도 있다. 또한, 플로우차트들은 상이하게 배열될 수도 있으며, 보다 많거나 적은 단계들을 포함할 수 있으며, 상이하게 배치되거나, 다수의 단계들로 개별화될 수 있는 단계들 또는 서로 동시에 실행될 수 있는 단계들을 가질 수도 있다. 따라서, 본 명세서 및 도면들은 제한의 의미가 아닌 설명으로 간주되며, 본 발명의 범위 내의 모든 변형들이 포함된다.

이점들, 다른 장점들 및 문제 해결점들이 특정 실시예들과 관련해서 상술되었다. 그러나, 임의의 이점, 장점 또는 해결점이 보다 명백해지게 할 수도 있는 이점들, 장점들, 문제 해결점들 및 임의의 요소(들)은 임의의 청구항들 또는 모든 청구항들의 중요한 필수적 본질적인 특징 또는 소자로서 해석되지 않는다. 본 명세서에서 사용된 "포함하다", "포함하는" 또는 임의의 다른 용어들은 배타적이지 않은 포함을 커버하도록 의도되어서, 소자 리스트를 포함하는 프로세스, 방법, 아티클 또는 장치는 상기 소자들만을 포함하지 않으며, 상기 프로세스, 방법, 아티클 또는 장치에 속하지 않은 다른 소자들을 포함할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

본 발명은 일례로서 설명된 것으로, 유사한 참조 부호들이 유사한 소자들을 나타내는 첨부 도면들에 의해 제한되지 않는다.

도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 커뮤니케이션 시스템의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 1의 커뮤니케이션 시스템의 톤 이벤트 검출기의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 톤 이벤트 검출기의 프리프로세싱 유닛의 블록도이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 톤 이벤트 검출기의 톤 표시기의 블록도이다.

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 톤 이벤트 검출기의 독립 톤 검출기 뱅크의 블록도이다.

도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 5의 독립 톤 검출기 뱅크의 싱글 컴포넌트 주파수 검출기의 블록도이다.

도 7은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 5의 독립 톤 검출기 뱅크의 싱글 컴포넌트 위상 검출기의 블록도이다.

도 8은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 5의 독립 톤 검출기 뱅크의 멀티컴포넌트 톤 검출기의 블록도이다.

도 9 내지 도 12는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 디코드 톤 특성들의 다양한 실시예들의 블록도이다.

도 13은 본 발명의 한 실시예에 따른 도 2의 톤 이벤트 검출기의 오퍼레이션에 대응하는 다중 단계 검출 플로우에 대응하는 상태 기계도이다.

도 14는 본 발명의 한 실시예에 따른 톤 이벤트 검출 방법을 도시한 플로우차트이다.

도 15는 본 발명의 한 실시예에 따라 수신된 신호를 프리프로세싱하는 방법을 도시한 플로우차트이다.

도 16은 본 발명의 한 실시예에 따른 톤 표시 방법을 도시한 플로우차트이다.

도 17은 본 발명의 한 실시예에 따라 독립 톤 검출기 뱅크를 적용하는 방법을 도시한 플로우차트이다.

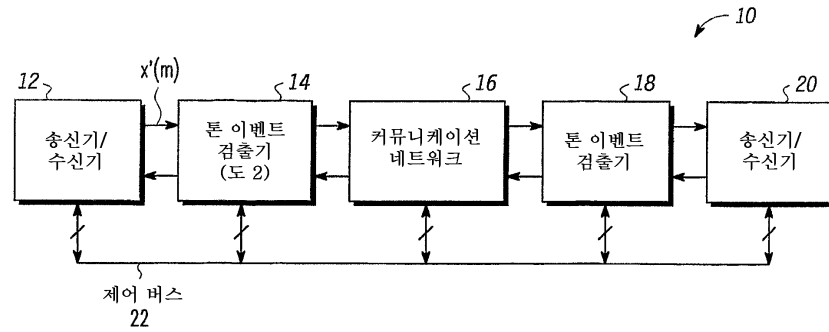
도 18은 본 발명의 한 실시예에 따른 에러 정정 방법을 도시한 플로우차트이다.

도 19는 본 발명의 한 실시예에 따른 톤 검출 결정 로직 적용 방법을 도시한 플로우차트이다.

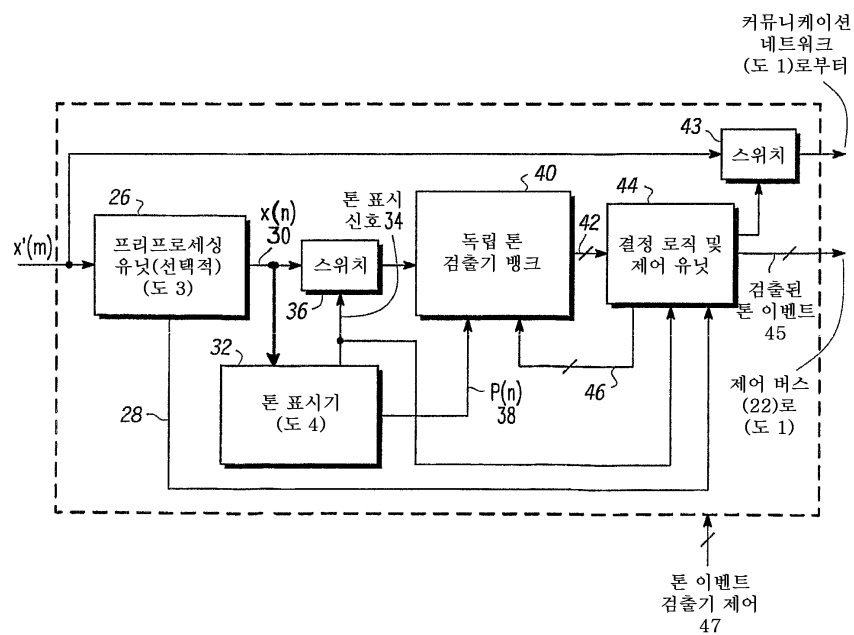
본 기술 분야에 숙련된 자들은 도면의 소자들이 편의상 도시된 것으로 불필요하게 확대해서 도시되지 않았음을 알 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들의 이해를 돕기 위해 도면의 몇몇 소자들의 크기들은 다른 소자들에 비해 과장될 수도 있다.

도면

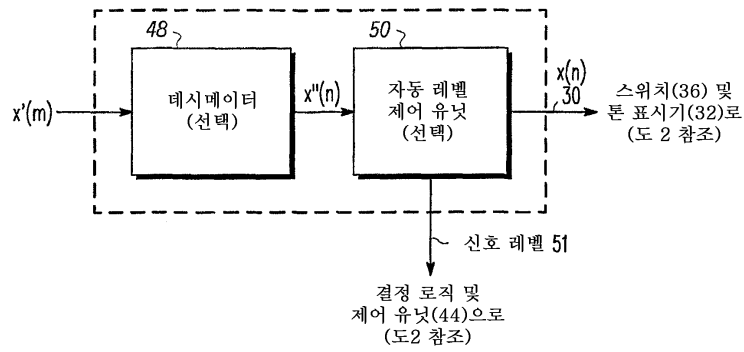
도면1



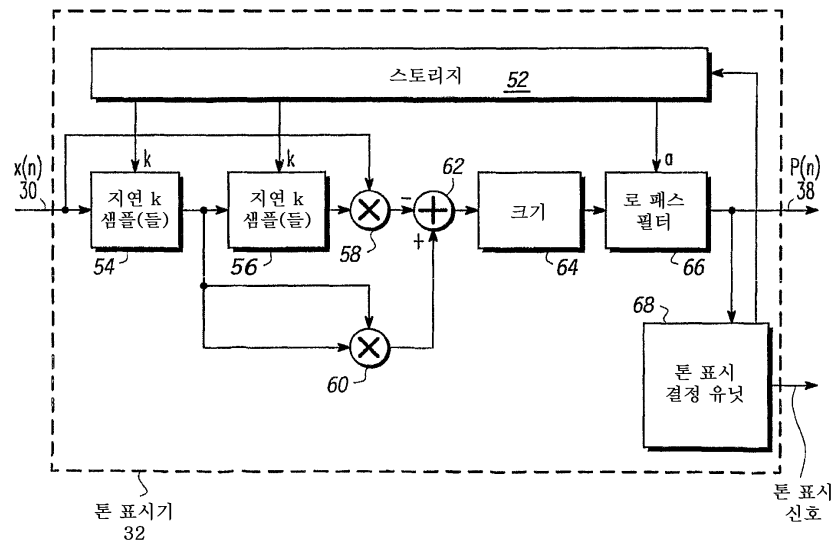
도면2



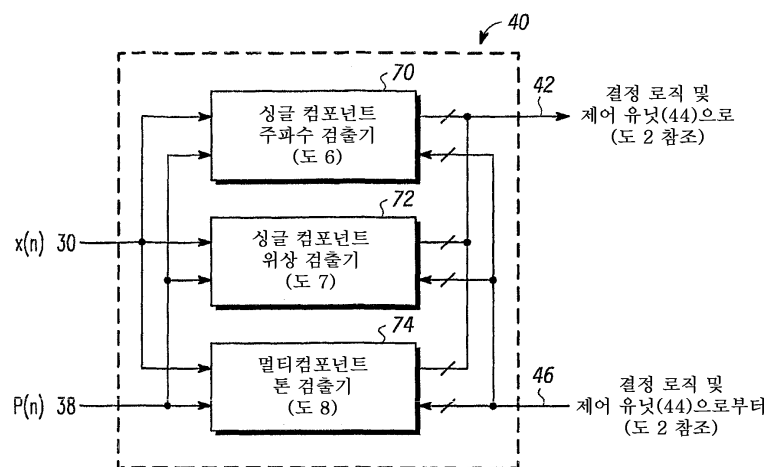
도면3



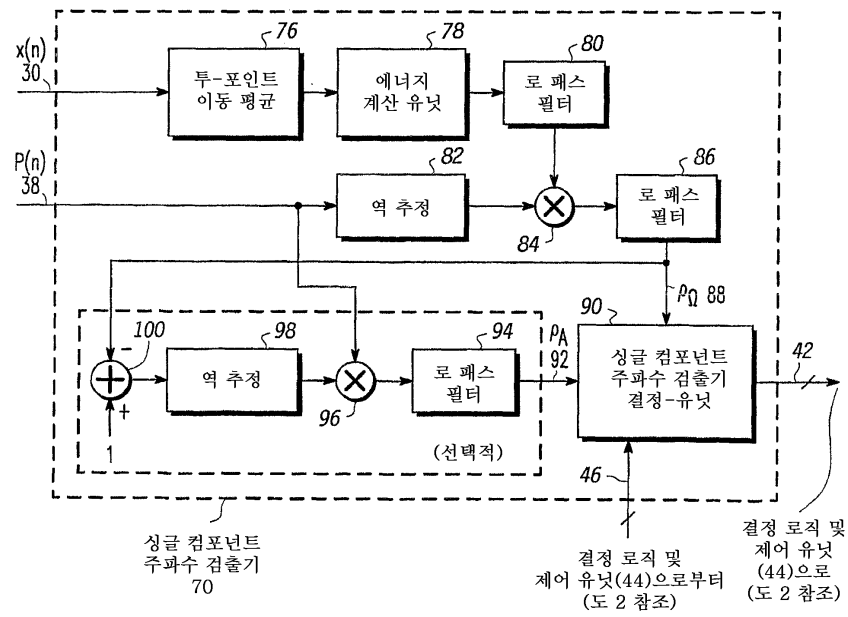
도면4



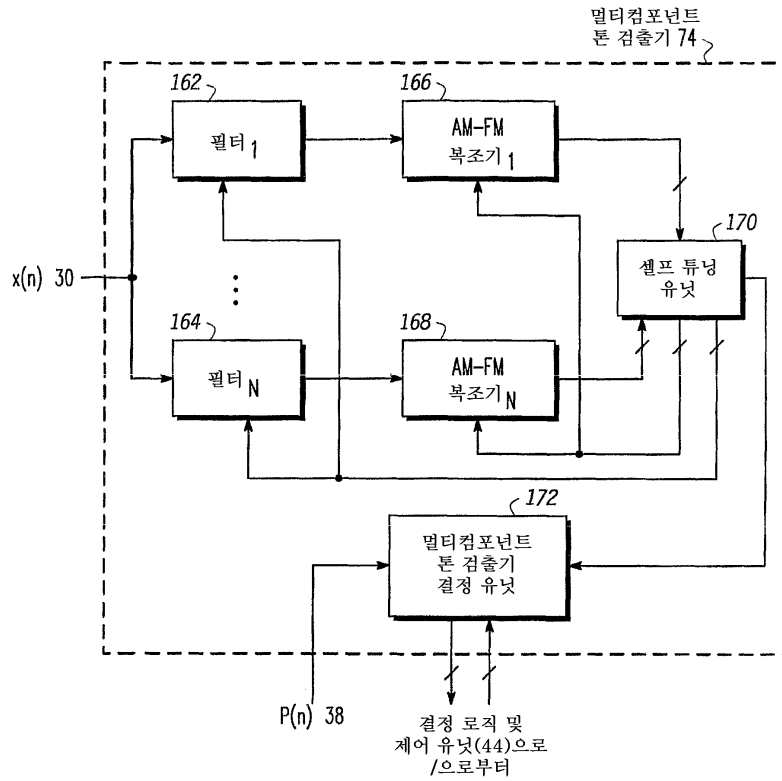
도면5



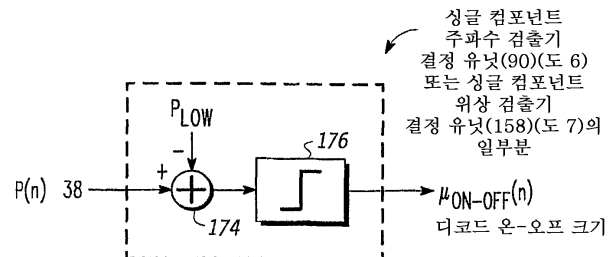
도면6



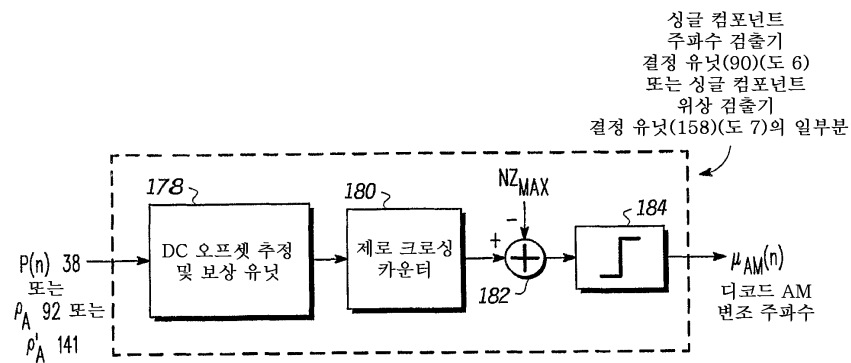
도면8



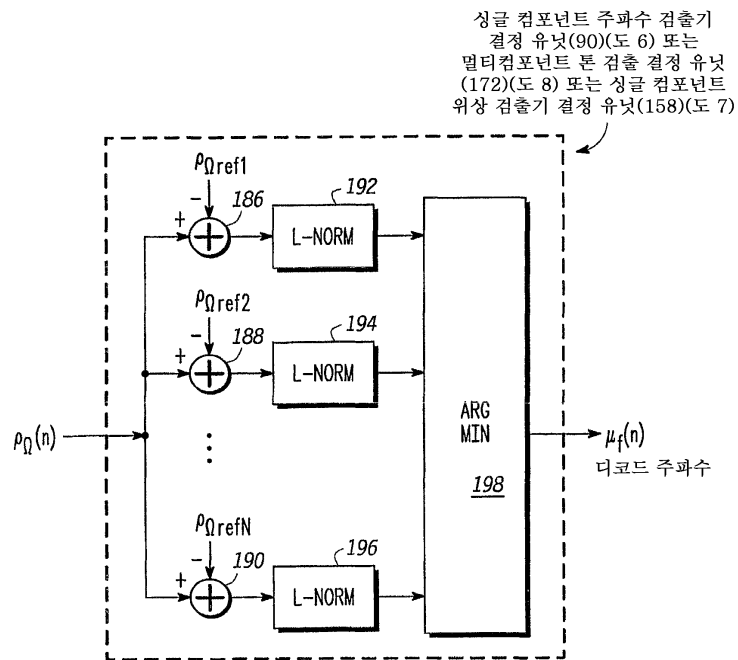
도면9



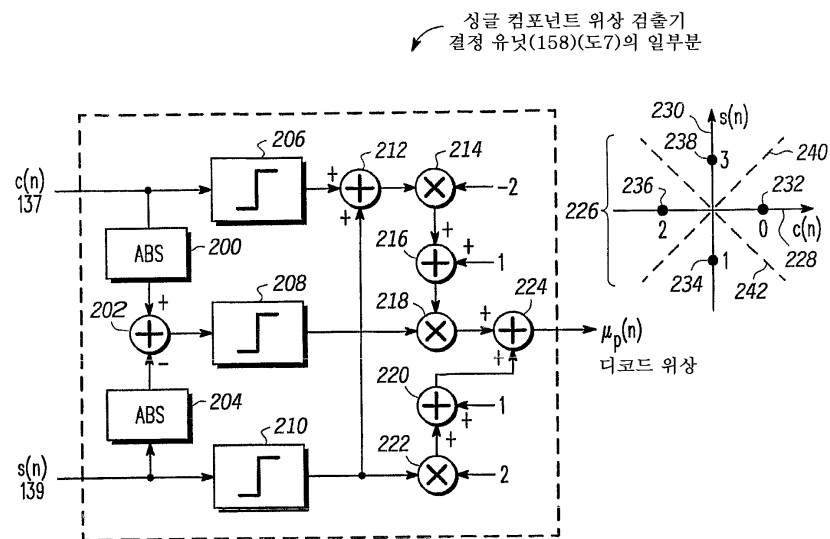
도면10



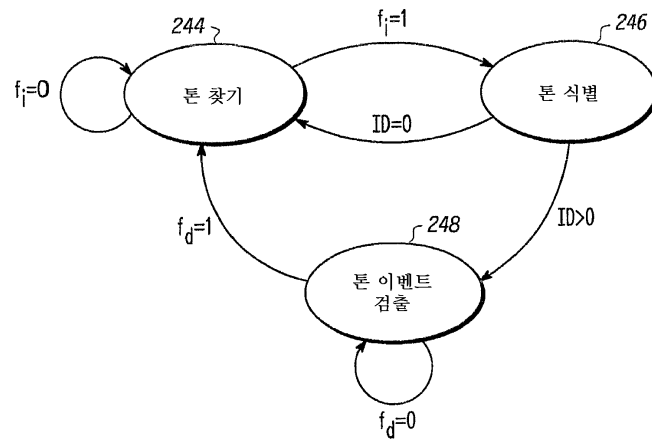
도면11



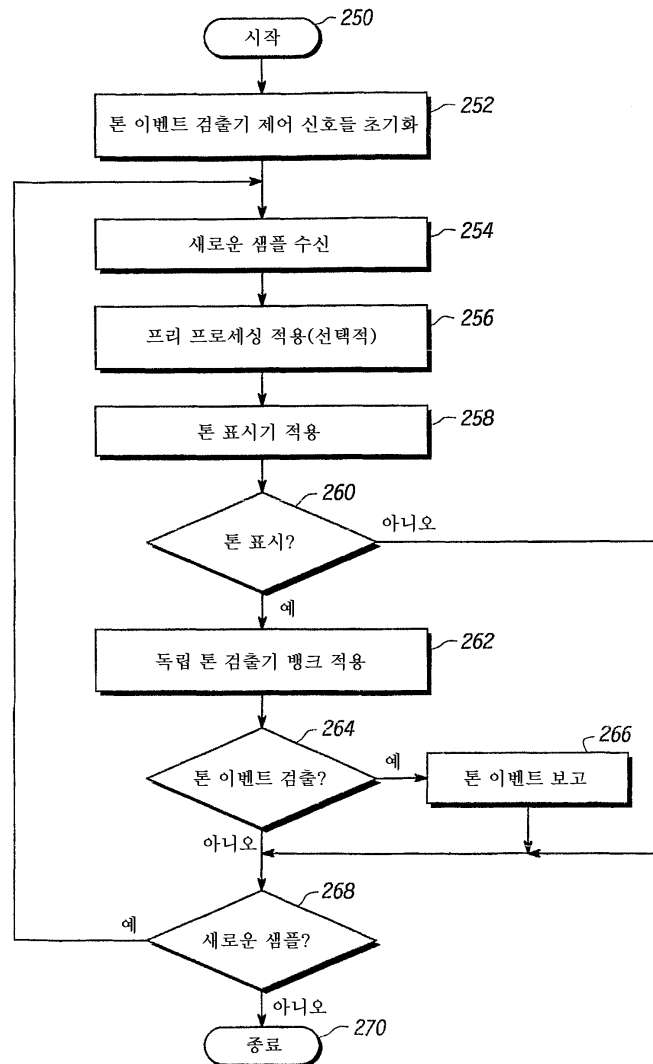
도면12



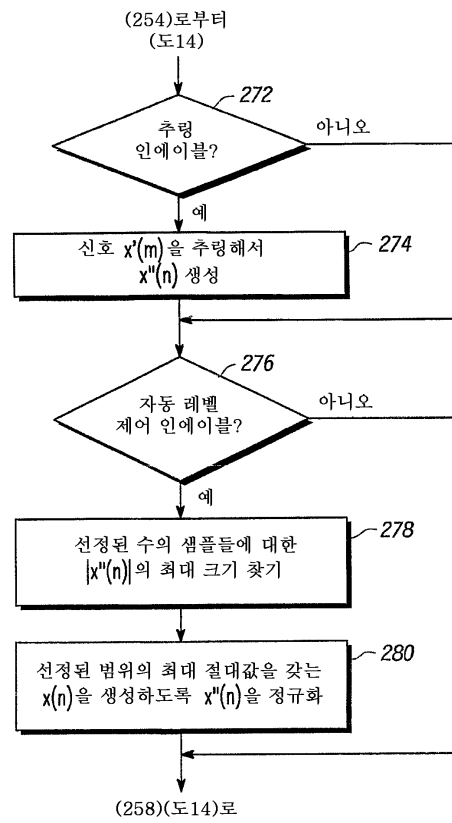
도면13



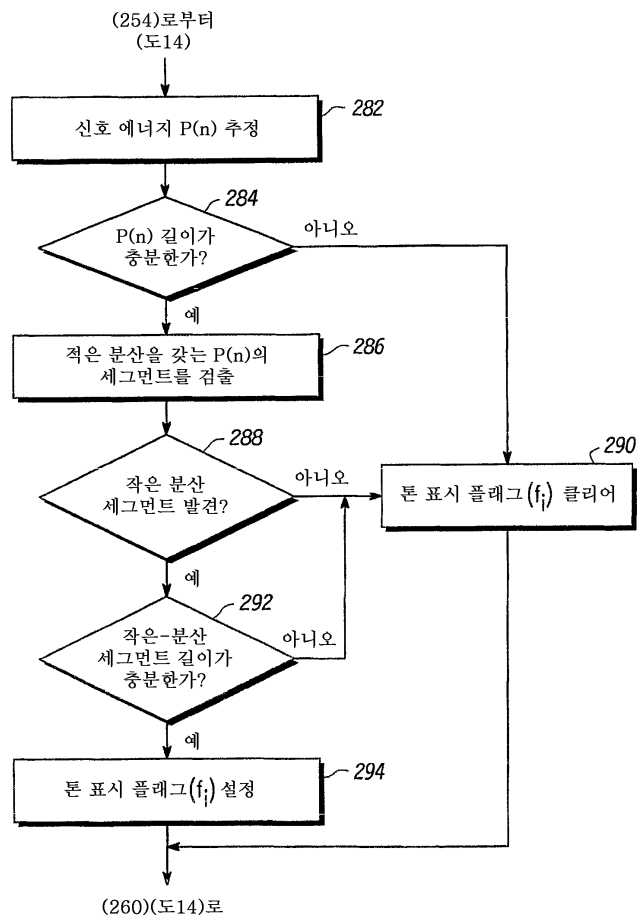
도면14



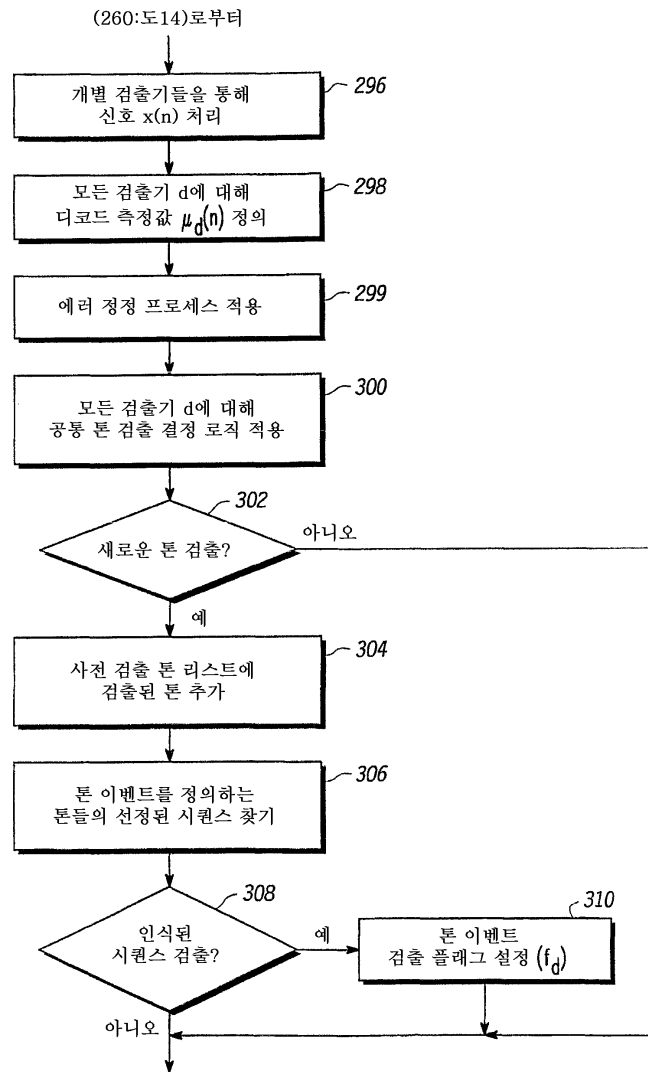
도면15



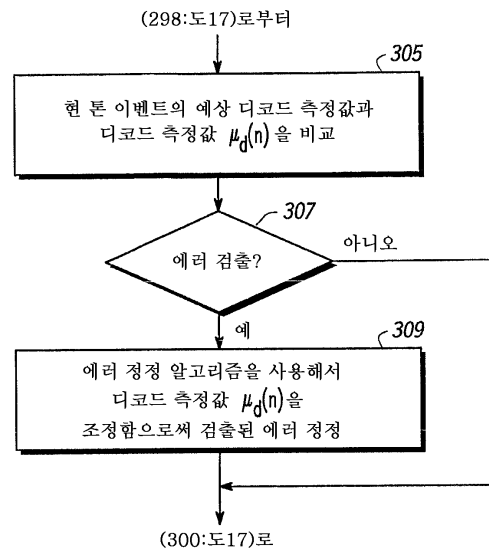
도면16



도면17



도면18



도면19

