

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2020년 12월 24일 (24.12.2020) WIPO | PCT



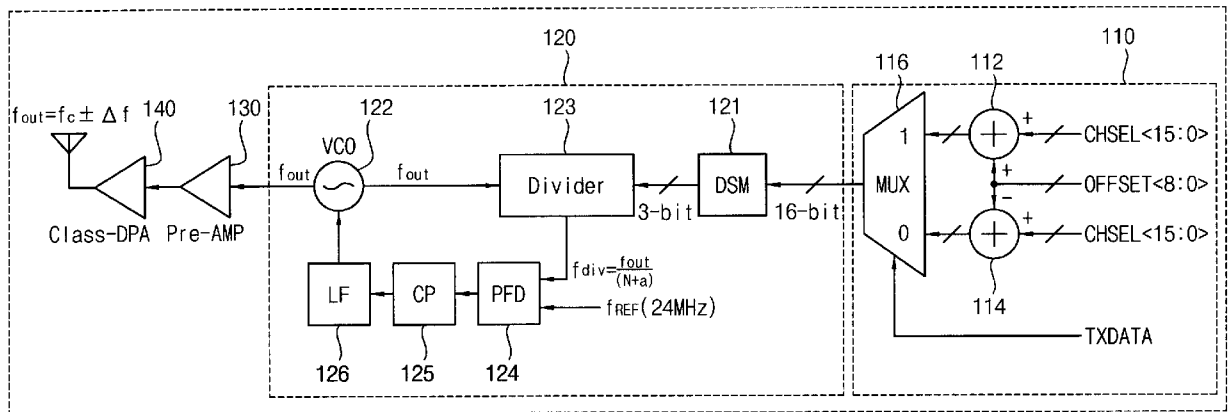
(10) 국제공개번호

WO 2020/256222 A1

- (51) 국제특허분류: *H04L 27/00* (2006.01) *H04L 27/10* (2006.01) 160, 4동 104호, Daejeon (KR). 김근목 (**KIM, Keunmok**); 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/012446 (74) 대리인: 박영우 (**PARK, Young-woo**); 06224 서울시 강남구 논현로 414, 세일빌딩 5층, Seoul (KR).
- (22) 국제출원일: 2019년 9월 25일 (25.09.2019)
- (25) 출원언어: 한국어 (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0071390 2019년 6월 17일 (17.06.2019) KR
- (71) 출원인: 한국과학기술원 (**KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**) [KR/KR]; 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 이상국 (**LEE, Sanggug**); 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR). 정의림 (**JEONG, Eui-rim**); 34140 대전시 유성구 어은로 57, 101동 1802호, Daejeon (KR). 고진호 (**KO, Jinho**); 35247 대전시 서구 둔산북로
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: FSK SIGNAL MODULATION/DEMODULATION METHOD AND DEVICE

(54) 발명의 명칭: FSK 신호 변복조 방법 및 장치



(57) Abstract: Disclosed are a frequency shift keying (FSK) signal modulation/demodulation method and device capable of overcoming the trade-off relationship between a modulation index and spectral efficiency. An FSK signal modulation/demodulation device comprises: a channel selection-modulator for determining a frequency channel to be used and modulating an FSK signal; a phase-locked loop for generating a desired output frequency (f_{out}) with respect to a reference frequency (f_{REF}) by adjusting a frequency division ratio ($N+n$) for the frequency of the modulated FSK signal; and an output unit, which amplifies the FSK signal having the generated output frequency (f_{out}) so as to radiate same through an antenna, wherein each of the frequency channels is divided into two or more tones, and another frequency channel is allocated between the tones, which are divided into two or more tones.

(57) 요약서: 변조 지수와 스펙트럼 효율 사이의 상보(trade-off) 관계를 극복할 수 있는 FSK 신호 변복조 방법 및 장치가 개시된다. FSK 신호 변복조 장치는, 사용하고자 하는 주파수 채널을 정하여 FSK(Frequency Shift Keying) 신호를 변조하는 채널 선택-변조기; 상기 변조된 FSK 신호의 주파수에 대해 주파수 분주비 ($N+n$)를 조절하여 기준주파수(f_{REF}) 대비 원하는 출력 주파수(f_{out})를 생성하는 위상고정루프; 및 상기 생성된 출력 주파수(f_{out})를 갖는 FSK 신호를 증폭하여 안테나를 통해 방사하는 출력부를 포함하되, 상기 주파수 채널들 각각은 두 개 이상의 톤들로 분할되고, 두 개 이상의 톤들로 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널이 할당된 것을 특징으로 한다.

[다음 쪽 계속]

ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: FSK 신호 변복조 방법 및 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 FSK 신호 변복조 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 변조 지수와 스펙트럼 효율 사이의 상보(trade-off) 관계를 극복할 수 있는 FSK 신호 변복조 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 주파수 편이 변조(Frequency-shift keying, FSK)는 반송파로 사용하는 정현파의 주파수에 정보를 실는 변조 방식으로 일정 진폭의 정현파의 주파수를 예를 들어 두가지로 정하여 데이터가 1 혹은 0으로 변함에 따라 두 개의 주파수중 할당된 주파수를 상대방으로 보내고, 수신쪽에서는 이를 약속된 원래의 1 혹은 0의 상태로 만들어주는 변조방법이다. 가장 간단한 FSK는 이진 FSK(BFSK)이다. BFSK는 이진수 정보(0과 1로 구성)를 전송하기 위해 한 쌍의 이산 주파수를 사용한다. BFSK에서 "1"은 마크(mark) 주파수, 그리고 "0"은 스페이스(space) 주파수라 불린다.
- [3] 기존의 FSK 변조를 사용하는 무선 통신 기술에서는 스펙트럼 효율(spectral efficiency)을 최대로 하기 위해서 변조 지수(modulation index)를 최소로 가져가는 주파수 계획(frequency plan)(또는 채널 할당 계획(channel allocation plan))을 지향하였다. 즉, 목표 전송속도를 달성하면서 대역폭을 최소로 사용하였다. 저속의 전송속도에서 이와 같은 방식으로 설계하였을 때 신호대역폭이 작아 페이딩 채널(fading channel)에서 BER (bit error ratio) 성능이 저하되는 단점이 있다.
- [4] 이러한 단점을 극복하기 위해 변조 지수를 키우면 대역폭이 커져서 스펙트럼 효율이 작아지는 단점이 있다.
- [5] FSK는 반송파(carrier wave)의 주파수를 이산적으로 변화시키는 것을 통해 디지털 데이터를 전송하는 주파수 변조 체계이다. 즉, 디지털 데이터 값에 따라 특정 주파수로 신호를 송신함으로써 디지털 정보를 전달하는 방식이다. 한번에 1bit를 전송하기 위해서는 Binary Frequency-shift keying(BFSK), 즉, 2 개의 주파수가 필요하고, 한 번에 2bit를 동시에 전송하고자 한다면 4개의 주파수를 사용하는 4-FSK가 사용된다.
- [6] BFSK에서 변조 지수(h)는 두 개의 톤 사이의 간격과 데이터 전송 속도의 비로 아래의 수식 1과 같이 정의된다.
- [7] [수식 1]
- [8]
$$h = 2\Delta f / f_{DR}$$
- [9] 여기서, Δf 는 반송파 주파수로부터의 주파수 편이(frequency deviation from

the carrier frequency)이고, f_{DR} 는 데이터 속도(data rate)이다.

- [10] 이때 두 개의 톤 사이의 주파수 간격($2f$)이 페이딩 채널의 상관 대역폭(coherence bandwidth) 보다 충분히 클 때, 다이버시티 이득(diversity gain)을 얻을 수 있다. 다이버시티 이득을 얻을 수 있으면 수신기에서 BER 성능을 크게 개선할 수 있다.
- [11] 하지만 낮은 데이터 속도(data rate)의 BFSK에서 채널 효율을 증가시키기 위해서 두 개의 톤 사이의 주파수 간격을 좁히면 이와 같은 다이버시티 이득을 얻을 수 없어 통신이 종종 단절되는 현상을 겪을 수 있다. 따라서 낮은 데이터 속도의 BFSK에서는 변조 지수를 크게 가져가는 것이 페이딩 채널에서 통신 성능에 유리하다.
- [12] 이는 도 1을 참조하여 요약 설명이 가능하다.
- [13] 도 1은 서로 근접한 투-톤과 서로 이격된 투-톤 각각에 대응하는 송수신신호를 설명하기 위한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 서로 근접한 투-톤(close two-tone)의 경우, 페이딩 채널에서 수신전력이 많은 영향을 받는 반면, 서로 이격된 투-톤(distant two-tone)의 경우, 페이딩 채널에서 안정적 통신이 가능하다.
- [14] 기존의 주파수 채널 할당 방법은 아래의 도 2와 모든 채널이 순차적으로 할당된다.
- [15] 도 2는 기존의 방식으로 주파수 채널 할당된 주파수 스펙트럼을 개략적으로 설명하기 위한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 채널(channel #1)에 대응하는 제1 로우 주파수(1L)와 제1 하이 주파수(1H)가 할당되고, 제2 채널(channel #2)에 대응하는 제2 로우 주파수(2L)와 제2 하이 주파수(2H)가 할당되고, 제3 채널(channel #3)에 대응하는 제3 로우 주파수(3L)와 제3 하이 주파수(3H)가 할당되는 방식으로 채널이 할당된다. 여기서, 제1 로우 주파수(1L) 보다 제1 하이 주파수(1H)가 크고, 제1 하이 주파수(1H)보다 제2 로우 주파수(2L)가 크고, 제2 로우 주파수(2L) 보다 제2 하이 주파수(2H)가 크고, 제2 하이 주파수(2H) 보다 제3 로우 주파수(3L)가 크고, 제3 로우 주파수(3L) 보다 제3 하이 주파수(3H)가 크다.
- [16] 만일 BFSK에서 두 개의 톤 사이의 간격이 크다면, 그만큼 채널 대역폭(channel bandwidth)이 넓어진다. 따라서, 전체적으로 사용 가능한 주파수 범위 내에서의 채널의 개수가 줄어들고, 이로 인해 스펙트럼 효율(bps/Hz)이 감소하는 문제가 있다.
- [17] [선행기술문헌]
- [18] [특허문헌]
- [19] (1) 한국등록특허 제10-1023394호

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [20] 본 발명의 일 과제는, FSK에서 두 개의 톤 사이의 간격이 넓더라도 스펙트럼

효율을 희생하지 않도록 채널을 할당하는 FSK 변조 방법을 제공하는 것이다.
 [21] 본 발명의 다른 과제는, 상기한 FSK 신호 변복조 방법을 수행하는 FSK 신호 변복조 장치를 제공하는 것이다.

[22] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기 언급된 과제에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[23] 상술한 본 발명의 일 과제를 달성하기 위한 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면, FSK 신호 변복조 방법은, (a) 사용하고자 하는 주파수 채널을 정하여 FSK(Frequency Shift Keying) 신호를 변조하는 단계; (b) 상기 변조된 FSK 신호의 주파수에 대해 주파수 분주비 ($N+n$)를 조절하여 기준주파수(f_{REF})대비 원하는 출력 주파수(f_{out})을 생성하는 단계; 및 (c) 상기 생성된 출력 주파수(f_{out})를 갖는 FSK 신호를 증폭하여 안테나를 통해 방사하는 단계를 포함하되, 상기 주파수 채널들 각각은 두 개 이상의 톤들로 분할되고, 두 개 이상의 톤들로 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널이 할당된 것을 특징으로 한다.

[24] 일실시예에서, 상기 FSK 신호가 BFSK(Binary Frequency Shift Keying) 신호일 때, 상기 단계(a)는, (a-1) 채널 방식에 따라 사용하고자 하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정된 채널선택신호($CHSEL<15:0>$)와, 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정된 오프셋신호($OFFSET<8:0>$)를 합산하는 단계; (a-2) 상기 채널선택신호($CHSEL<15:0>$)에서 상기 오프셋신호($OFFSET<8:0>$)를 감산하는 단계; 및 (a-3) 전송 데이터(TXDATA)에 따라 중심주파수와 주파수 편이의 합 주파수($f_c + f$)에 해당하는 비트와 중심주파수와 주파수 편이의 차 주파수($f_c - f$)에 해당하는 비트 중 어느 하나를 출력하는 단계를 포함할 수 있다.

[25] 일실시예에서, 상기 단계(b)는, (b-1) 16비트의 변조된 신호를 3비트의 변조된 신호로 변환하는 단계; (b-2) 3비트의 변조된 신호를 출력 주파수(f_{out})로 분배하여 분주주파수(f_{div})를 생성하는 단계; (b-3) 상기 분주주파수(f_{div})와 외부에서 입력되는 기준주파수(f_{REF})를 입력받아 위상을 검출하는 단계; (b-4) 위상차 신호를 입력받아 차지 펄핑하는 단계; 및 (b-5) 상기 차지 펄핑된 신호의 고주파 성분을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[26] 일실시예에서, (d) 안테나로 통해 입력된 BFSK 변조된 입력 신호의 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 합 성분 및 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 차 성분을 각각 저잡음 증폭하는 단계; (e) 선택된 채널에 해당하는 오실레이터 주파수(f_{Lo})를 중심으로 상기 저잡음 증폭된 합 성분 및 차성분을 I/Q 믹서부를 이용하여 상기 주파수 편이(f)로 주파수를 하향시키는 단계; (f) 상기 주파수 편이(f)보다 낮은 주파수의 신호와 높은 주파수의 신호를 제거하고, 상기 주파수 편이(f)에 있는 신호를 증폭시키는 단계; (g) 상기 증폭된 신호를 복조하는 단계;

- 및 (h) 상기 복조된 신호를 아날로그-디지털 변환하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [27] 일실시예에서, 상기 단계(g)는, (g-1) 밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거하여 양의 주파수 편이(+f)와 음의 주파수 편이(f)를 구분하는 단계; (g-2) 상기 양의 주파수 편이(+f)와 상기 음의 주파수 편이(f) 각각의 에너지를 획득하는 단계; 및 (g-3) 상기 양의 주파수 편이(+f)의 에너지와 상기 음의 주파수 편이(f) 간의 에너지 차이를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [28] 일실시예에서, 상기 출력 주파수(f_{out})는 중심주파수와 주파수 편이의 합(f_c+f)과 상기 중심주파수와 상기 주파수 편이의 차(f_c-f)로 구성되고, 상기 중심주파수의 조절 가능한 주파수의 간격은 기준주파수(f_{REF})를 가용 디지털 비트의 개수로 나눈 값으로 결정될 수 있다.
- [29] 상술한 본 발명의 다른 과제를 달성하기 위한 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면, FSK 신호 변복조 장치는, 사용하고자 하는 주파수 채널을 정하여 FSK(Frequency Shift Keying) 신호를 변조하는 채널 선택-변조기; 상기 변조된 FSK 신호의 주파수에 대해 주파수 분주비 ($N+n$)를 조절하여 기준주파수(f_{REF}) 대비 원하는 출력 주파수(f_{out})를 생성하는 위상고정루프; 및 상기 생성된 출력 주파수(f_{out})를 갖는 FSK 신호를 증폭하여 안테나를 통해 방사하는 출력부를 포함하되, 상기 주파수 채널들 각각은 두 개 이상의 톤들로 분할되고, 두 개 이상의 톤들로 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널이 할당된 것을 특징으로 한다.
- [30] 일실시예에서, 상기 FSK 신호가 BFSK(Binary Frequency Shift Keying) 신호일 때, 상기 채널 선택-변조기는, 채널 방식에 따라 사용하고자 하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정된 채널선택신호(CHSEL<15:0>)와, 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정된 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 합산하는 합산기; 상기 채널선택신호(CHSEL<15:0>)에서 상기 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 감산하는 감산기; 및 전송 데이터(TXDATA)에 따라 중심주파수와 주파수 편이의 합 주파수($f_c + f$)에 해당하는 비트와 중심주파수와 주파수 편이의 차 주파수($f_c - f$)에 해당하는 비트 중 어느 하나를 출력하는 믹스를 포함할 수 있다.
- [31] 일실시예에서, 상기 위상고정루프는, 16비트의 변조된 신호를 3비트의 변조된 신호로 변환하는 델타-시그마-변조기; 3비트의 변조된 신호를 출력 주파수(f_{out})로 분배하여 분주주파수(f_{div})를 생성하는 분주기; 입력되는 상기 분주주파수(f_{div})와 외부에서 입력되는 기준주파수(f_{REF})를 입력받아 위상을 검출하는 위상-주파수 검출기; 위상차 신호를 입력받아 차지 펄핑하는 차지 펄핑; 및 상기 차지 펄핑된 신호의 고주파 성분을 제거하는 루프 필터를 포함할 수 있다.
- [32] 일실시예에서, 안테나로 통해 입력된 BFSK 변조된 입력 신호의 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 합 성분 및 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 차 성분을 각각 저잡음 증폭하는 저잡음 증폭기; 선택된 채널에 해당하는

오실레이터 주파수(f_{LO})를 중심으로 상기 저잡음 증폭된 합 성분 및 차성분을 상기 주파수 편이(f)로 주파수를 하향시키는 I/Q 믹서부; 상기 주파수 편이(f)보다 낮은 주파수의 신호와 높은 주파수의 신호를 제거하고, 상기 주파수 편이(f)에 있는 신호를 증폭시키는 밴드패스필터부; 상기 증폭된 신호를 복조하는 복조기; 및 상기 복조된 신호를 아날로그-디지털 변환하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함할 수 있다.

[33] 일실시예에서, 상기 복조기는, 밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거하여 양의 주파수 편이($+f$)와 음의 주파수 편이(f)를 구분하는 다중위상필터; 상기 양의 주파수 편이($+f$)와 상기 음의 주파수 편이(f) 각각의 에너지를 획득하는 포락선검출기; 및 상기 양의 주파수 편이($+f$)의 에너지와 상기 음의 주파수 편이(f) 간의 에너지 차이를 감산기를 더 포함할 수 있다.

[34] 일실시예에서, 상기 출력 주파수(f_{out})는 중심주파수와 주파수 편이의 합(f_c+f)과 상기 중심주파수와 상기 주파수 편이의 차(f_c-f)로 구성되고, 상기 중심주파수의 조절 가능한 주파수의 간격은 기준주파수(f_{REF})를 가용 디지털 비트의 개수로 나눈 값으로 결정될 수 있다.

발명의 효과

[35] 상술한 바와 같이 본 발명의 예시적인 실시예들에 따르면, FSK 변조시, 주파수 채널들 각각을 두 개 이상의 톤들로 분할하고, 그 사이에 다른 주파수 채널에 대응하는 톤들을 할당함으로써, 데이터 전송 속도가 낮은 BFSK 무선 통신 시스템에 대해서 특히 변조 인덱스를 크게 가져가서 페이딩 채널에서 BER 성능을 개선하면서 스펙트럼 효율을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[36] 도 1은 서로 근접한 투-톤과 서로 이격된 투-톤 각각에 대응하는 송수신신호를 설명하기 위한 도면이다.

[37] 도 2는 기존의 방식으로 주파수 채널 할당된 주파수 스펙트럼을 개략적으로 설명하기 위한 도면이다.

[38] 도 3은 주파수 편이(f)에 따른 BER의 시뮬레이션 결과를 도시한다.

[39] 도 4는 표 1에 나타낸 채널에 대응하여 할당된 중심주파수를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[40] 도 5는 표 2에 나타낸 채널에 대응하여 할당된 중심주파수를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[41] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 FSK 신호 변복조 장치로서 스플리트 채널 BFSK 송신기를 설명하기 위한 블록도이다.

[42] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 FSK 신호 변복조 장치로서 스플리트 채널 BFSK 수신기를 설명하기 위한 블록도이다.

[43] 도 8a는 도 7에 도시된 스플리트 채널 BFSK 수신기를 구성하는 구성요소들에서의 신호 흐름을 설명하기 위한 도면이고, 도 8b는 일반적인

BFSK 수신기 각각을 구성하는 구성요소들에서의 신호 흐름을 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [44] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [45] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [46] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [47] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 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.
- [48] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [49] 본 발명은 M-FSK에 모두 적용이 가능하지만 쉬운 설명을 위해 BFSK에 대해서만 기술한다. 하지만 동일한 개념은 임의의 M-FSK로 쉽게 확장이 가능하다.
- [50] 이하에서, 본 발명의 구현에 대한 일례를 설명하지만, 발명의 범위를 아래 구현 예시에 제한하지는 않는다.
- [51] 본 실시예에서, 주파수 밴드는 통상적으로 IoT 네트워크에서 많이 활용되는 주파수 밴드인 902 ~ 928MHz ISM band를 예로 설명한다. 전송 속도(Data rate)가

250kbps이고, 주파수 편이(frequency deviation, f)가 1MHz일 때, 변조 방식(Modulation scheme)이 BFSK인 경우를 설명한다. 주파수 편이를 1MHz로 넓게 잡는 이유는, 페이딩 채널(fading channel)에서의 BER(bit error rate) 특성이 좋기 때문이다.

[52] 도 3은 주파수 편이(f)에 따른 BER의 시뮬레이션 결과를 도시한다.

[53] 도 3을 참조하면, 시뮬레이션은 915MHz, 250kbps, BFSK 신호가 ITU (International Telecommunication Union) outdoor-outdoor channel을 통과하여, 이상적인 논-코히런트(non-coherent) 수신기에 의해 복조되는 환경에서 실시되었다. ITU outdoor-outdoor channel 모델은 페이딩 효과를 포함하여, 실제 채널 환경을 잘 대변한다. 주파수 편이(f)가 250kHz일 때에 비해 주파수 편이(f)가 1MHz 일 때 BER은 10배 더 좋다.

[54] 이하에서, 본 발명에 따른 주파수 할당을 설명한다.

[55] 상술한 바와 같이 정의한 주파수 밴드와 변조 방식에 대해 본 발명에서 제안하는 주파수 할당 방식을 적용하면, 예시적으로 아래의 표 1과 같이 주파수를 할당할 수 있다. 중심주파수(f_c)는 한 채널 내에서 두 개의 톤(즉, 0 신호의 주파수와 1 신호의 주파수)의 중심에 있는 주파수를 의미한다.

[56] [표1]

채널 번호	중심 주파수 (f_c)	채널 번호	중심 주파수 (f_c)
CH1	903.25	CH13	915.25
CH2	903.75	CH14	915.75
CH3	904.25	CH15	916.25
CH4	904.75	CH16	916.75
CH5	907.25	CH17	919.25
CH6	907.75	CH18	919.75
CH7	908.25	CH19	920.25
CH8	908.75	CH20	920.75
CH9	911.25	CH21	923.25
CH10	911.75	CH22	923.75
CH11	912.25	CH23	924.25
CH12	912.75	CH24	924.75

[57] 표 1을 참조하면, 채널 번호 CH1은 중심주파수(f_c)를 903.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH2는 중심주파수(f_c)를 903.75MHz로 할당하고, 채널 번호 CH3은 중심주파수(f_c)를 904.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH4는 중심주파수(f_c)를 904.75MHz로 할당한다. 이러한 방식으로 채널 번호 CH21은 중심주파수(f_c)를 923.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH22는 중심주파수(f_c)를 923.75MHz로

할당하고, 채널 번호 CH23은 중심주파수(f_c)를 924.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH24는 중심주파수(f_c)를 924.75MHz로 할당한다.

[58] 이를 주파수 영역에서 알기 쉽게 도시하면, 도 4와 같이 나타낼 수 있다.

[59] 도 4는 본 발명에 따른 주파수 할당 방식에 따라 예시된 표 1에 나타난 채널에 대응하여 할당된 중심주파수(f_c)를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[60] 도 4를 참조하면, BFSK의 경우 하나의 주파수 채널은 두 개의 톤들로 나뉘어져 있으며, 채널 밴드의 넓이는 1MHz이다. 총 채널의 개수는 24개이다. 중심주파수(f_c)간의 간격은 500kHz이다. 따라서, 하나의 채널에 대응하는 두 개의 톤 사이에는 3개의 채널이 위치하게 된다.

[61] 이에 반해, 일반적인 주파수 할당 방식을 채택했을 때는, 아래 표 2와 같이 10개의 채널만 할당할 수 있다. 중심주파수(f_c)간의 간격은 2.5MHz 이다.

[62] [표2]

채널 번호	중심 주파수 (f_c)
CH1	903.25
CH2	905.75
CH3	908.25
CH4	910.75
CH5	913.25
CH6	915.75
CH7	918.25
CH8	920.75
CH9	923.25
CH10	925.75

[63] 표 2를 참조하면, 채널 번호 CH1은 중심주파수(f_c)를 903.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH2는 중심주파수(f_c)를 905.75MHz로 할당하고, 채널 번호 CH3은 중심주파수(f_c)를 908.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH4는 중심주파수(f_c)를 910.75MHz로 할당한다. 채널 번호 CH5는 중심주파수(f_c)를 913.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH6은 중심주파수(f_c)를 915.75MHz로 할당하고, 채널 번호 CH7은 중심주파수(f_c)를 918.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH8은 중심주파수(f_c)를 920.75MHz로 할당한다. 채널 번호 CH9는 중심주파수(f_c)를 923.25MHz로 할당하고, 채널 번호 CH10은 중심주파수(f_c)를 925.75MHz로 할당한다.

[64] 이를 주파수 영역에서 알기 쉽게 도시하면, 도 5와 같이 나타낼 수 있다.

[65] 도 5는 일반적인 주파수 할당 방식에 따라 예시된 표 2에 나타난 채널에 대응하여 할당된 중심주파수를 개략적으로 나타낸 도면이다.

- [66] 도 5를 참조하면, BFSK의 경우 하나의 채널은 두 개의 톤들로 나뉘어져 있으며, 채널 밴드의 넓이는 1MHz이다. 총 채널의 개수는 10개이다. 중심주파수(f_c) 간의 간격은 2MHz이다. 따라서, 하나의 채널에 대응하는 두 개의 톤 사이에는 어떠한 채널도 위치하지 않는다. 예를 들어, 채널 번호 CH1의 0에 대응하는 톤과 1에 대응하는 톤 사이에는 어떠한 채널도 할당되지 않고, 채널 번호 CH2의 0에 대응하는 톤과 1에 대응하는 톤 사이에는 어떠한 채널도 할당되지 않는다. 이러한 방식으로 채널 번호 CH10의 0에 대응하는 톤과 1에 대응하는 톤 사이에는 어떠한 채널도 할당되지 않는다.
- [67] 그러면, 이하에서 FSK에서 주파수 채널 할당 기술을 채용하는 BFSK 신호 변복조 장치에 대해서 설명한다.
- [68] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 FSK 신호 변복조 장치로서 스플리트 채널 BFSK 송신기를 설명하기 위한 블록도이다. 특히, Phase-locked loop(PLL) 기반의 변조 방법을 채택하는 BFSK 송신기가 도시된다.
- [69] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 스플리트 채널 BFSK 송신기는 채널 선택-변조기(Channel selection & Modulator)(110), 위상고정루프(phase-locked loop, PLL)(120), 프리-앰프(pre-amplifier, Pre-AMP)(130) 및 파워 증폭기(power amplifier, PA)(140)를 포함하고, 주파수 할당 계획을 지원한다.
- [70] 상기 채널 선택-변조기(110)는 합산기(112), 감산기(114) 및 믹스(116)를 포함하여, 사용하고자 하는 전송데이터(TXDATA)의 출력 채널을 정하고 BFSK 신호를 변조하여 상기 위상고정루프(120)에 제공한다.
- [71] 상기 합산기(112)는 채널선택신호(CHSEL)와 오프셋신호(OFFSET)를 합산하여 상기 믹스(116)의 제1 입력부(1)에 제공한다. 본 실시예에서, 상기 채널선택신호(CHSEL)는 16비트이고, 상기 오프셋신호(OFFSET)는 9비트이다. 구체적으로, 상기 합산기(112)는 채널 방식에 따라 사용하고자 하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정된 채널선택신호(CHSEL<15:0>)와, 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정된 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 합산하고, 합산된 값을 상기 믹스(116)에 제공한다.
- [72] 상기 감산기(114)는 채널선택신호(CHSEL)에서 오프셋신호(OFFSET)를 감산하여 상기 믹스(116)의 제2 입력부(0)에 제공한다. 구체적으로, 상기 감산기(114)는 상기 채널선택신호(CHSEL<15:0>)에서 상기 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 감산하고, 감산된 값을 상기 믹스(116)에 제공한다.
- [73] 상기 믹스(116)는 외부에서 제공되는 전송데이터(TXDATA)를 근거로 상기 합산기(112)에서 제공되는 신호와 상기 감산기(114)에서 제공되는 신호 중 어느 하나를 상기 위상고정루프(120)에 제공한다. 구체적으로, 전송 데이터(TXDATA)에 따라 중심주파수와 주파수 편이의 합 주파수($f_c + f$)에 해당하는 비트와 중심주파수와 주파수 편이의 차 주파수($f_c - f$)에 해당하는 비트 중 어느 하나를 위상고정루프(120)에 출력한다.

- [74] 상기 위상고정루프(120)는 델타-시그마 변조기(delta sigma modulator, DSM)(121), 전압제어발진기(Voltage-controlled oscillator, VCO)(122), 분주기(frequency divider)(123), 위상-주파수 검출기(phase-frequency detector, PFD)(124), 차지 펌프(Charge pump, CP)(125) 및 루프 필터(Loop filter, LF)(126)를 포함하고, 주파수 분주비인 $(N+n)$ 을 조절하여 기준주파수(f_{REF})대비 원하는 출력 주파수(f_{out})을 생성한다. 도 6에 도시된 위상고정루프(120)는 출력 주파수의 더 미세한 튜닝을 가능하게 하기 위해 분수(fractional) N-분주기를 사용한 프랙셔널-N 위상고정루프(Fractional-N PLL)일 수 있다. 그러한 분수-N-PLL들은 N-분주기에 의해 사용되는 즉각적인 분주비들을 결정하기 위해 델타-시그마 변조기(DSM)를 사용할 수 있다.
- [75] 상기 델타-시그마 변조기(121)는 16비트의 변조된 신호를 3비트의 변조된 신호로 변환한다. 통상적으로, 델타-시그마-변조기는 아날로그 입력을 디지털 펄스로 변환하며, 때 디지털 펄스의 평균값이 아날로그 입력값의 평균값과 같도록 펄스를 발생시키는 일종의 제어형 발진회로로 PCM에 상응하는 회로이다. 이러한 델타-시그마 변조기는 신호 대 잡음비를 감소시키지 않으면서 광대역 멀티 비트의 처리가 가능하다. 본 실시예에서, 상기 델타-시그마 변조기(121)는 2차 델타-시그마 변조기(2nd order delta sigma modulator)를 포함할 수 있다. 상기한 2차 델타-시그마 변조기는 제1 적분기(미도시), 제2 적분기(미도시), 아날로그-디지털 변환기(ADC)(미도시) 및 디지털 아날로그 변환기(DAC)(미도시)를 포함할 수 있다. 상기한 2차 델타-시그마 변조기는, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정에서 필수적으로 발생하는 양자화 잡음을 필요한 저주파 대역에서 최소화 할 수 있는 회로로서, 일반적인 아날로그 디지털 변조기에서 매우 광범위하게 사용된다. 이러한 델타-시그마 변조기(121)의 경우 오버 샘플링 비율(Over sampling ratio, OSR)이 높을수록 양자화 잡음의 감소 특성이 좋아지는 특성을 갖는다.
- [76] 상기 분주기(123)는 3비트의 변조된 신호를 출력 주파수(f_{out})로 분배하여 분주주파수(f_{div})를 생성한다. 상기 분주기(123)의 출력인 분주주파수(f_{div})와 외부에서 인가되는 기준주파수(f_{REF})는 동기화되어 동일하게 된다. 상기 기준주파수(f_{REF})는 크리스탈 오실레이터(crystal oscillator)로부터 만들어진다.
- [77] 상기 위상-주파수 검출기(124)는 입력되는 상기 분주주파수(f_{div})와 외부에서 입력되는 기준주파수(f_{REF})를 입력받아 위상을 검출한다.
- [78] 상기 차지 펌프(125)는 위상차 신호를 입력받아 차지 펌핑한 후 상기 루프 필터(126)에 제공한다.
- [79] 상기 루프 필터(126)는 상기 차지 펌핑된 신호의 고주파 성분을 제거한다.
- [80] 본 실시예에서, 상기 분주기(123)의 분할 비율은 상기 분주기(123)의 입력단에 의해 다수의 무선 채널들로부터의 선택을 가능하게 한다. 예를 들어, 기준주파수(f_{REF})가 26이고 분주기(123)의 분할 비율이 정수라면, 상기 전압제어발진기(VCO)(122)의 주파수는 26의 스텝으로 변경될 수 있다. 상기

전압제어발진기(VCO)(122)의 주파수를 기준주파수(f_{REF})의 스텝 보다 더 작은 스텝으로 스텝핑하도록 요구되는 애플리케이션에 있어서는 분수의 분할 비율이 필요하다. 가령, 블루투스(Bluetooth) 규격은 2400와 2480 사이에서 1의 간격으로 이격된 무선 채널들을 기술한다.

- [81] 분수 분할 비율은 원하는 평균 분할 비율을 얻기 위해 두 개 이상의 분할 비율들 사이에서 분할이 교번하도록 상기 분주기(123)에 인가되는 분할 제어 신호에 의해 구현된다. 상기 분주기(123)가 두 개의 분할 비율들, 예를 들어 N 및 $(N+1)$ 을 가지며 시간의 절반에 대해서는 N 으로 나머지 절반에 대해서는 $(N+1)$ 로 분할하도록 설정되면, 평균 분할 비율은 $(N+0.5)$ 가 될 것이다. 상기 루프 필터(126)는 이상적으로는 완전한 평균화 함수를 제공하며, 그에 따라 상기 전압제어발진기(VCO)(122)의 출력 신호는 Nf_{REF} 와 $(N+1)f_{REF}$ 사이에서는 지터(jitter)되지 않지만 $(N+0.5)f_{REF}$ 에서는 일정하다. 분할 비율이 스위칭되는 비율은 상기 분주기(123)의 출력이 단지 기준주파수(f_{REF})에서만 변경될 수 있다는 사실에 의해 제한된다.
- [82] 이처럼, 상기 델타-시그마 변조기(121)와 상기 분주기(123)에서 주파수의 분주비인 $(N+a)$ 를 조절함으로써, 기준주파수(f_{REF})대비 원하는 출력주파수(f_{out})를 만들 수 있다.
- [83] 상기 전압제어발진기(122)에서 생성된 출력주파수(f_{out})를 갖는 신호는 상기 프리-앰프(130)와 상기 파워 증폭기(PA)를 통해서 증폭되어 안테나를 통해 방사된다. 상기 파워 증폭기(PA(140))는 Class-D type을 가질 수 있다.
- [84] 본 실시예에서, 상기 채널 선택-변조기(110)에서는 분주비($N+a$)를 조절함으로써 채널을 할당하고, BFSK 신호를 변조한다. 할당한 채널 방식에 따라 CHSEL<15:0>을 사용하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정하고, OFFSET <8:0>은 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정한다.
- [85] f_c+f 에 해당하는 비트는 상기 믹스(116)의 제1 입력부(1)에 인가되고, f_c 에 해당하는 비트는 상기 믹스(116)의 제2 입력부(0)에 인가되며, 전송데이터(TXDATA)에 따라서 상기 믹스(116)의 출력은 둘 중에 하나로 정해진다. 따라서, 상기 채널 선택-변조기(110)의 출력은 전송데이터(TXDATA)에 따라 위상고정루프(120)의 주파수를 BFSK의 1 신호에 해당하는 f_c+f 또는 0 신호에 해당하는 f_c 에 동기화된다.
- [86] 기존의 BFSK를 채택했을 때는 중심주파수(f_c)를 2.5MHz 간격으로만 조절 가능한 반면, 본 발명에서 제안하는 스플리트 채널(split channel) BFSK를 지원하기 위해서는 중심주파수(f_c)를 500kHz 간격으로 조절 가능해야 한다. 조절 가능한 중심주파수(f_c)의 간격은 기준주파수(f_{REF})(예를 들어, 24MHz)를 상기 델타-시그마 변조기(121)에 인가되는 가용 디지털 비트의 개수(2^{16})로 나눈 값으로 결정되는데, 이는 약 366Hz($= 24\text{MHz}/2^{16}$)로 충분하다.
- [87] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 FSK 신호 변복조 장치로서 스플리트 채널

BFSK 수신기를 설명하기 위한 블록도이다. 도 8a는 도 7에 도시된 스플리트 채널 BFSK 수신기를 구성하는 구성요소들에서의 신호 흐름을 설명하기 위한 도면이고, 도 8b는 일반적인 BFSK 수신기 각각을 구성하는 구성요소들에서의 신호 흐름을 설명하기 위한 도면이다. 특히, 직접 변환(Direct conversion)(Zero-IF) 기반의 주파수 하향 방식과, 포락선 검출(envelope detection) 기반의 논-코히런트(non-coherent)의 복조 방식을 채용하는 BFSK 수신기가 도시된다. 도 8b에서 도시된 일반적인 BFSK 수신기의 경우, I/Q 믹서부와 복조기 사이에 로우패스필터가 배치된 예에서의 신호 흐름이 도시된다.

- [88] 도 7 내지 도 8b를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 스플리트 채널 BFSK 수신기는 저잡음 증폭기(210), 위상고정루프(PLL)(220), I/Q 믹서부(230), 밴드패스필터부(240), 복조기(250) 및 아날로그-디지털 변환기(260)를 포함하고, 주파수 할당 계획을 지원한다.
- [89] 상기 저잡음 증폭기(210)는 안테나로 통해 입력된 BFSK 변조된 입력 신호의 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 합 성분 및 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 차 성분을 각각 저잡음 증폭한다.
- [90] 구체적으로, 상기 저잡음 증폭기(210)는 안테나에 의해 수신된 미약한 신호인 BFSK 변조된 입력 신호를 상기 I/Q 믹서부(230)의 후단에서 처리하기 위해 적당한 레벨의 신호로 증폭(또는 최소화된 잡음으로 증폭)한 후 상기 I/Q 믹서부(230)에 제공한다.
- [91] 즉, 상기 저잡음 증폭기(210)는 하나의 주파수 채널이 두 개의 톤들로 분할되고 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널의 톤들이 배치된 BFSK 변조된 입력 신호를 안테나를 통해 수신하여 최소화된 잡음으로 증폭한 후 상기 I/Q 믹서부(230)에 제공한다. 예를 들어, 안테나를 통해 입력되는 BFSK 변조된 입력 신호는 제1 주파수 채널(CH1)에 해당하는 2개의 톤들(스페이스 주파수 및 마크 주파수) 사이에는 제2 주파수 채널(CH2)에 해당하는 마크 주파수, 제3 주파수 채널(CH3)에 해당하는 마크 주파수 및 제4 주파수 채널(CH4)에 해당하는 마크 주파수가 배치될 수 있다. 구체적으로, 상기 저잡음 증폭기(210)는 중심주파수(f_c)를 중심으로 f_c+f 주파수를 갖는 입력 신호를 상기 I/Q 믹서부(230)의 동상(I) 믹서에 제공하고, f_c-f 주파수를 갖는 입력 신호를 상기 I/Q 믹서부(230)의 직교위상(Q) 믹서에 제공한다.
- [92] 상기 위상고정루프(PLL)(220)는 델타-시그마 변조기(DSM)(221), 전압제어발진기(VCO)(222), 분주기(223), 위상-주파수 검출기(PFD)(224), 차지 펌프(CP)(225) 및 루프 필터(LF)(226)를 포함하고, 오실레이터 주파수(f_{LO})를 중심주파수(f_c)로서 상기 I/Q 믹서부(230)에 제공한다. 도 7에 도시된 상기 위상고정루프(220)는 프랙셔널-N 위상고정루프(Fractional-N PLL)의 구조를 가질 수 있다.
- [93] 상기 I/Q 믹서부(230)는 선택된 채널에 해당하는 오실레이터 주파수(f_{LO})를 중심으로 상기 저잡음 증폭된 합 성분 및 차성분을 상기 주파수 편이(f)로

주파수를 하향시킨다.

- [94] 구체적으로, 상기 I/Q 믹서부(230)는 동상(I) 믹서 및 직교위상(Q) 믹서를 포함하고, 상기 저잡음 증폭기(210)에서 제공되는 저잡음 증폭된 BFSK 변조된 입력 신호의 주파수와 상기 위상고정루프(PLL)(220)에서 제공되는 오실레이터 주파수(f_{Lo})를 믹싱한다. 동상(I) 믹서는 BFSK 변조된 입력 신호의 $f_c + f$ 주파수와 상기 위상고정루프(PLL)(220)에서 제공되는 오실레이터 주파수(f_{Lo})를 믹싱하여 상기 BFSK 변조된 입력 신호를 하향 변환(down conversion)하고, 하향 변환된 믹싱 신호를 상기 밴드패스필터부(240)에 제공한다. 직교위상(Q) 믹서는 BFSK 변조된 입력 신호의 $f_c - f$ 주파수와 위상고정루프(PLL)(220)에서 제공되는 오실레이터 주파수(f_{Lo})를 믹싱하여 상기 BFSK 변조된 입력 신호를 하향 변환(down conversion)하고, 하향 변환된 믹싱 신호를 밴드패스필터부(240)에 제공한다.
- [95] 상기 밴드패스필터부(240)는 상기 주파수 편이(f)보다 낮은 주파수의 신호와 높은 주파수의 신호를 제거하고, 상기 주파수 편이(f)에 있는 신호를 증폭시킨다.
- [96] 구체적으로, 상기 밴드패스필터부(240)는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터를 포함하고, 동상(I) 믹서에 의해 하향 변환된 믹싱 신호를 밴드패스 필터링한 후 복조기(250)에 제공하고, 직교위상(Q) 믹서에 의해 하향 변환된 믹싱 신호를 밴드패스 필터링한 후 상기 복조기(250)에 제공한다. 예를 들어, 상기 밴드패스필터부(240)에 의해 제1 주파수 채널의 스페이서 주파수($-f$)와 제1 주파수 채널의 마크 주파수($+f$)를 제외한 나머지 주파수 채널들의 주파수들은 제거될 수 있다.
- [97] 상기 복조기(250)는 다중위상필터(Poly-phase filter, PPF)(252), 제1 포락선검출기(envelope detector, ED)(254), 제2 포락선검출기(256), 감산기(subtractor)(258)를 포함하고, 상기 밴드패스필터부(240)로부터 제공되는 밴드패스 필터링된 신호를 복조한 후 복조된 신호를 상기 아날로그-디지털 변환기(260)에 제공한다.
- [98] 상기 다중위상필터(252)는 밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거하여 양의 주파수 편이($+f$)와 음의 주파수 편이(f)를 구분한다.
- [99] 구체적으로, 상기 다중위상필터(252)는 제1 밴드패스필터 및 제2 밴드패스필터 각각에서 제공되는 밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거한 후 이미지 성분이 제거된 신호를 제1 포락선검출기(254) 및 제2 포락선검출기(256) 각각에 제공한다.
- [100] 상기 제1 포락선검출기(254)는 상기 양의 주파수 편이($+f$)의 에너지를 획득하고, 상기 제2 포락선검출기(256)는 상기 음의 주파수 편이(f)의 에너지를 획득한다. 구체적으로, 상기 제1 포락선검출기(254)는 제1 주파수 채널의 마크 주파수를 갖는 신호의 포락선을 검출한 후 상기 감산기(258)에 제공하고, 상기 제2 포락선검출기(256)는 제1 주파수 채널의 스페이서 주파수를 갖는 신호의 포락선을 검출한 후 상기 감산기(258)에 제공한다.

- [101] 상기 감산기(258)는 상기 양의 주파수 편이(+f)의 에너지와 상기 음의 주파수 편이(f) 간의 에너지 차이를 획득한다.
- [102] 구체적으로, 상기 감산기(258)는 상기 제1 포락선검출기(254)에서 제공되는 포락선 검출된 신호에서 상기 제2 포락선검출기(256)에서 제공되는 포락선 검출된 신호를 감산한 후, 감산된 신호를 상기 아날로그-디지털 변환기(260)에 제공한다.
- [103] 상기 아날로그-디지털 변환기(260)는 상기 복조기(250)에서 복조된 신호를 아날로그 디지털 변환한다.
- [104] 동작시, 안테나로 통해 들어온 BFSK 변조된 입력 신호는 f_c+f 또는 f_c-f 의 주파수를 가지고 있다. 상기 입력 신호는 상기 저잡음 증폭기(210)를 통해 저잡음 증폭되고, 선택된 채널에 해당하는 f_{Lo} 주파수를 중심으로 I/Q 믹서부(230)를 통해 주파수 편이(f)로 주파수가 하향된다. 이때 f_{Lo} 주파수는 송신부와 동일하게 프렉셔널-N PLL을 통해서 만들어진다. 선택된 채널에 해당하는 f_{Lo} 는 델타-시그마 변조기(221)의 입력 디지털 비트에 의해서 결정된다.
- [105] 이후, 밴드패스필터(BPF)를 통해 주파수 편이(f)를 기준으로 낮은 주파수 영역에 있는 간섭 신호와 높은 주파수 영역에 있는 신호 모두를 제거하고, 주파수 편이(f) 중심에 있는 신호는 증폭시킨다. 기존 BFSK 지원 수신기는 동일 관점에서 로우패스필터(low-pass filter, LPF)만 있으면 된다.
- [106] 이후, 증폭된 신호는 상기 다중위상필터(252), 상기 제1 포락선검출기(254), 상기 제2 포락선검출기(256) 및 상기 감산기(258)를 통해 복조된다. 즉, 상기 다중위상필터(252)는 정의 주파수편이(+f)와 부의 주파수편이(f)를 구분해내고, 상기 제1 포락선검출기(254) 및 상기 제2 포락선검출기(256)에서 그 에너지를 획득한 후, 상기 감산기(258)에서 그 차이를 상기 아날로그-디지털 변환기(260)에 제공한다. 이렇게 복조된 신호는 상기 아날로그-디지털 변환기(260)를 통해 디지털 신호로 변환된다.
- [107] 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따르면 FSK 변조시, 주파수 채널들 각각을 두 개 이상의 톤들로 분할하고, 그 사이에 다른 주파수 채널에 대응하는 톤들을 할당함으로써, 데이터 전송 속도가 낮은 BFSK 무선 통신 시스템에 대해서 특히 변조 인덱스를 크게 가져가서 페이딩 채널에서 BER 성능을 개선하면서 스펙트럼 효율을 개선할 수 있다.
- [108] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

- [109] 본 발명의 예시적인 실시예들에 따른 FSK 신호 변복조 방법 및 장치는 데이터 전송 속도가 낮은 FSK 무선 통신 시스템, 특히 BFSK 무선 통신 시스템에 대해서

변조 인덱스를 크게 가져가서 페이딩 채널에서 BER 성능을 개선하면서 스펙트럼 효율을 개선할 수 있다. 이런 특성은 노드 개수가 많은 저전력 장거리 무선 통신 시스템에 매우 적합하다.

청구범위

- [청구항 1] (a) 사용하고자 하는 주파수 채널을 정하여 FSK(Frequency Shift Keying) 신호를 변조하는 단계;
 (b) 상기 변조된 FSK 신호의 주파수에 대해 주파수 분주비 ($N+n$)를 조절하여 기준주파수(f_{REF})대비 원하는 출력 주파수(f_{out})을 생성하는 단계; 및
 (c) 상기 생성된 출력 주파수(f_{out})를 갖는 FSK 신호를 증폭하여 안테나를 통해 방사하는 단계를 포함하되, 상기 주파수 채널들 각각은 두 개 이상의 톤들로 분할되고, 두 개 이상의 톤들로 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널이 할당된 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 FSK 신호가 BFSK(Binary Frequency Shift Keying) 신호일 때, 상기 단계(a)는,
 (a-1) 채널 방식에 따라 사용하고자 하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정된 채널선택신호(CHSEL<15:0>)와, 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정된 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 합산하는 단계;
 (a-2) 상기 채널선택신호(CHSEL<15:0>)에서 상기 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 감산하는 단계; 및
 (a-3) 전송 데이터(TXDATA)에 따라 중심주파수와 주파수 편이의 합 주파수($f_c + f$)에 해당하는 비트와 중심주파수와 주파수 편이의 차 주파수($f_c - f$)에 해당하는 비트 중 어느 하나를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 단계(b)는,
 (b-1) 16비트의 변조된 신호를 3비트의 변조된 신호로 변환하는 단계;
 (b-2) 3비트의 변조된 신호를 출력 주파수(f_{out})로 분배하여 분주주파수(f_{div})를 생성하는 단계;
 (b-3) 상기 분주주파수(f_{div})와 외부에서 입력되는 기준주파수(f_{REF})를 입력받아 위상을 검출하는 단계;
 (b-4) 위상차 신호를 입력받아 차지 펄핑하는 단계; 및
 (b-5) 상기 차지 펄핑된 신호의 고주파 성분을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.
- [청구항 4] 제2항에 있어서,
 (d) 안테나로 통해 입력된 BFSK 변조된 입력 신호의 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 합 성분 및 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 차 성분을 각각 저잡음 증폭하는 단계;
 (e) 선택된 채널에 해당하는 오실레이터 주파수(f_{LO})를 중심으로 상기 저잡음 증폭된 합 성분 및 차성분을 I/Q 믹서부를 이용하여 상기 주파수

편이(f)로 주파수를 하향시키는 단계;
 (f) 상기 주파수 편이(f)보다 낮은 주파수의 신호와 높은 주파수의 신호를 제거하고, 상기 주파수 편이(f)에 있는 신호를 증폭시키는 단계;
 (g) 상기 증폭된 신호를 복조하는 단계; 및
 (h) 상기 복조된 신호를 아날로그-디지털 변환하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.

[청구항 5] 제4항에 있어서, 상기 단계(g)는,
 (g-1) 밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거하여 양의 주파수 편이(+f)와 음의 주파수 편이(f)를 구분하는 단계;
 (g-2) 상기 양의 주파수 편이(+f)와 상기 음의 주파수 편이(f) 각각의 에너지를 획득하는 단계; 및
 (g-3) 상기 양의 주파수 편이(+f)의 에너지와 상기 음의 주파수 편이(f) 간의 에너지 차이를 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.

[청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 출력 주파수(f_{out})는 중심주파수와 주파수 편이의 합(f_c+f)과 상기 중심주파수와 상기 주파수 편이의 차(f_c-f)로 구성되고, 상기 중심주파수의 조절 가능한 주파수의 간격은 기준주파수(f_{REF})를 가용 디지털 비트의 개수로 나눈 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 방법.

[청구항 7] 사용하고자 하는 주파수 채널을 정하여 FSK(Frequency Shift Keying) 신호를 변조하는 채널 선택-변조기;
 상기 변조된 FSK 신호의 주파수에 대해 주파수 분주비 ($N+n$)를 조절하여 기준주파수(f_{REF})대비 원하는 출력 주파수(f_{out})를 생성하는 위상고정루프; 및
 상기 생성된 출력 주파수(f_{out})를 갖는 FSK 신호를 증폭하여 안테나를 통해 방사하는 출력부를 포함하되,
 상기 주파수 채널들 각각은 두 개 이상의 톤들로 분할되고, 두 개 이상의 톤들로 분할된 톤들 사이에 다른 주파수 채널이 할당된 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 장치.

[청구항 8] 제7항에 있어서, 상기 FSK 신호가 BFSK(Binary Frequency Shift Keying) 신호일 때, 상기 채널 선택-변조기는,
 채널 방식에 따라 사용하고자 하는 채널의 중심주파수(f_c)에 해당하는 비트로 설정된 채널선택신호(CHSEL<15:0>)와, 주파수 편이(f)를 1MHz로 설정하는 비트로 설정된 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 합산하는 합산기;
 상기 채널선택신호(CHSEL<15:0>)에서 상기 오프셋신호(OFFSET <8:0>)를 감산하는 감산기; 및
 전송 데이터(TXDATA)에 따라 중심주파수와 주파수 편이의 합 주파수($f_c + f$)에 해당하는 비트와 중심주파수와 주파수 편이의 차 주파수($f_c - f$)에

해당하는 비트 중 어느 하나를 출력하는 믹스를 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 장치.

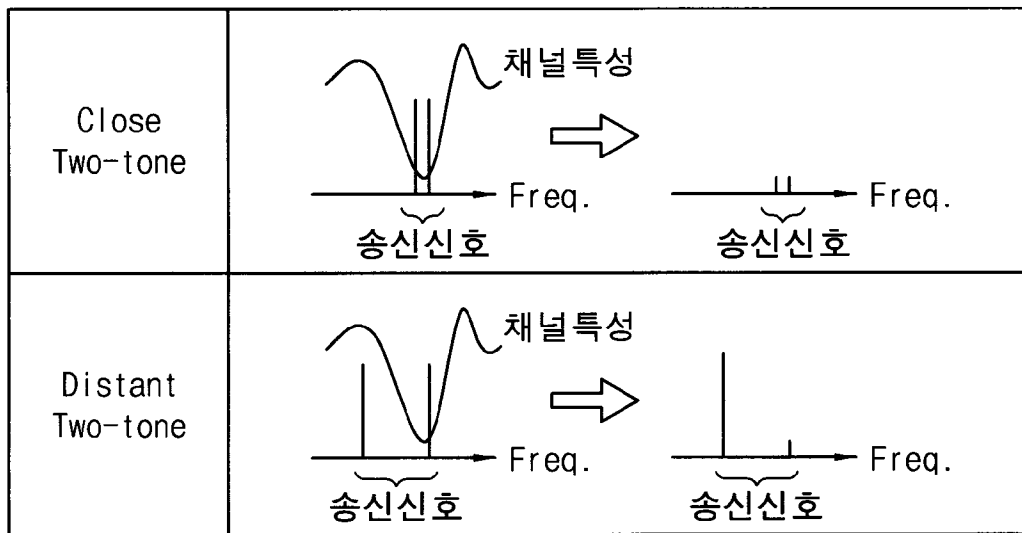
[청구항 9] 제8항에 있어서, 상기 위상고정루프는,
16비트의 변조된 신호를 3비트의 변조된 신호로 변환하는
델타-시그마-변조기;
3비트의 변조된 신호를 출력 주파수(f_{out})로 분배하여 분주주파수(f_{div})를
생성하는 분주기;
입력되는 상기 분주주파수(f_{div})와 외부에서 입력되는 기준주파수(f_{REF})를
입력받아 위상을 검출하는 위상-주파수 검출기;
위상차 신호를 입력받아 차지 펌핑하는 차지 펌프; 및
상기 차지 펌핑된 신호의 고주파 성분을 제거하는 루프 필터를 포함하는
것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 장치.

[청구항 10] 제8항에 있어서,
안테나로 통해 입력된 BFSK 변조된 입력 신호의 중심주파수(f_c)와
주파수 편이(f)의 합 성분 및 중심주파수(f_c)와 주파수 편이(f)의 차 성분을
각각 저잡음 증폭하는 저잡음 증폭기;
선택된 채널에 해당하는 오실레이터 주파수(f_{LO})를 중심으로 상기 저잡음
증폭된 합 성분 및 차성분을 상기 주파수 편이(f)로 주파수를 하향시키는
I/Q 믹서부;
상기 주파수 편이(f)보다 낮은 주파수의 신호와 높은 주파수의 신호를
제거하고, 상기 주파수 편이(f)에 있는 신호를 증폭시키는
밴드패스필터부;
상기 증폭된 신호를 복조하는 복조기; 및
상기 복조된 신호를 아날로그-디지털 변환하는 아날로그-디지털
변환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호 변복조 장치.

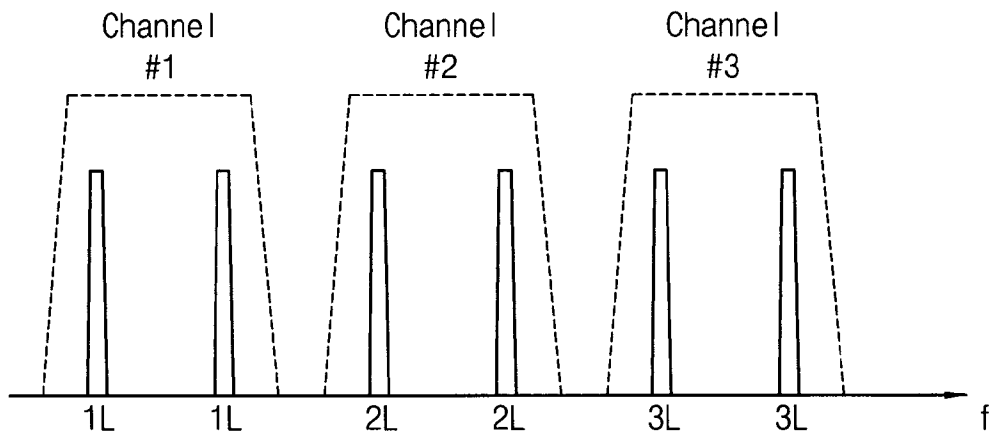
[청구항 11] 제10항에 있어서, 상기 복조기는,
밴드패스 필터링된 신호에서 이미지 성분을 제거하여 양의 주파수
편이($+f$)와 음의 주파수 편이(f)를 구분하는 다중위상필터;
상기 양의 주파수 편이($+f$)와 상기 음의 주파수 편이(f) 각각의 에너지를
획득하는 포락선검출기; 및
상기 양의 주파수 편이($+f$)의 에너지와 상기 음의 주파수 편이(f) 간의
에너지 차이를 감산기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 FSK 신호
변복조 장치.

[청구항 12] 제7항에 있어서, 상기 출력 주파수(f_{out})는 중심주파수와 주파수 편이의
합(f_c+f)과 상기 중심주파수와 상기 주파수 편이의 차(f_c-f)로 구성되고,
상기 중심주파수의 조절 가능한 주파수의 간격은 기준주파수(f_{REF})를 가용
디지털 비트의 개수로 나눈 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 FSK
신호 변복조 장치.

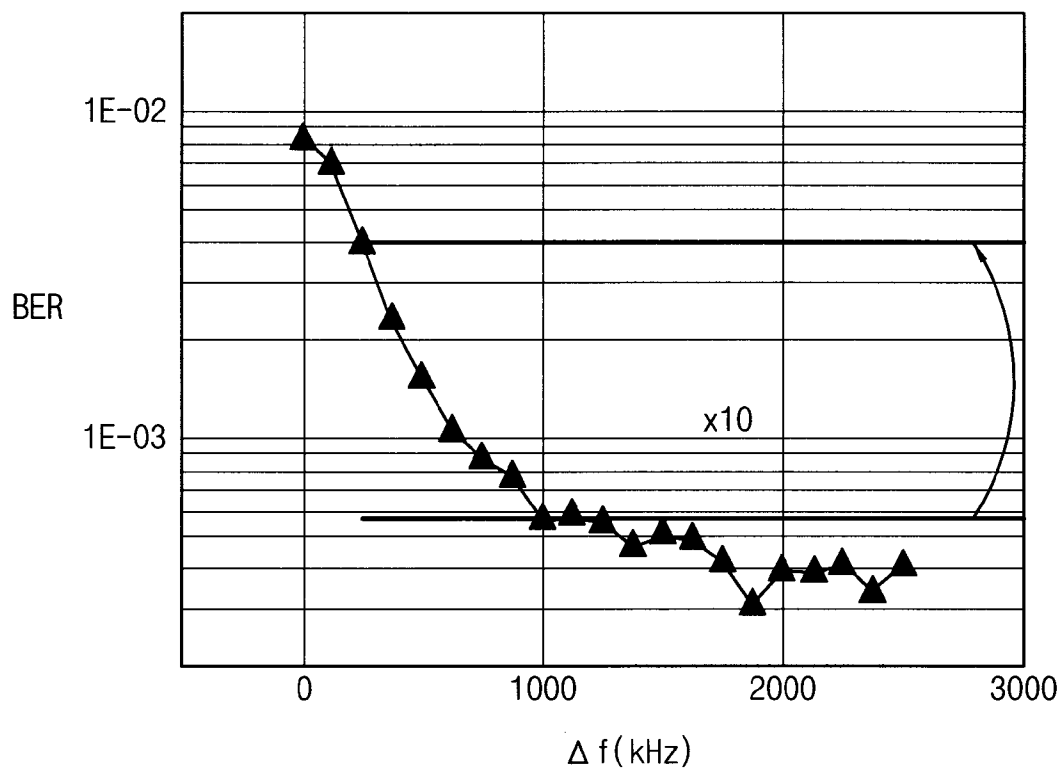
[도1]



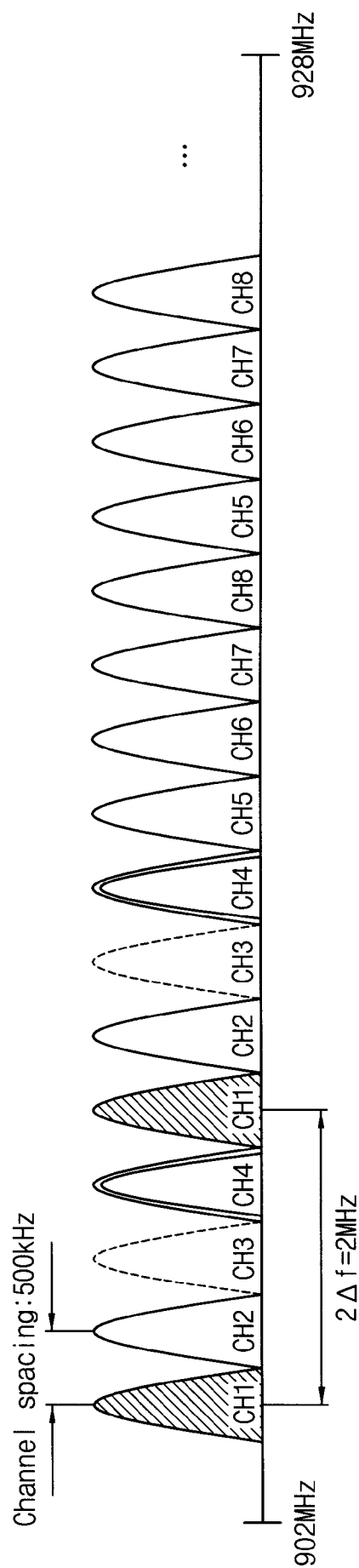
[도2]



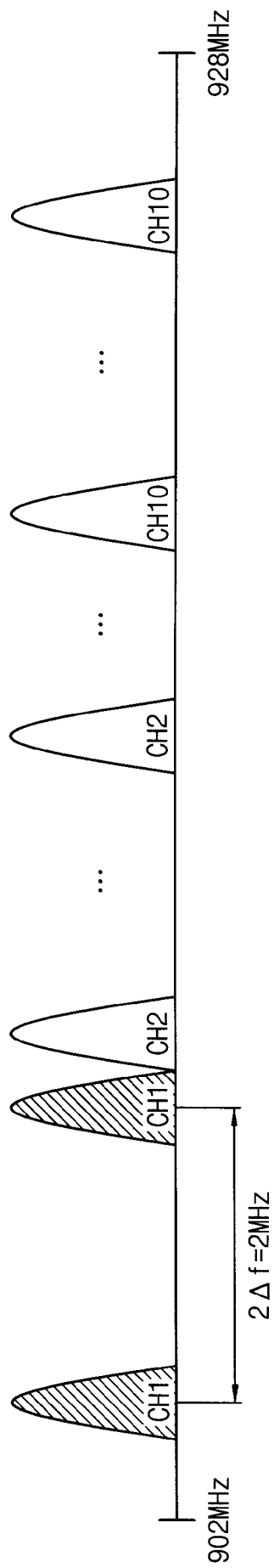
[도3]



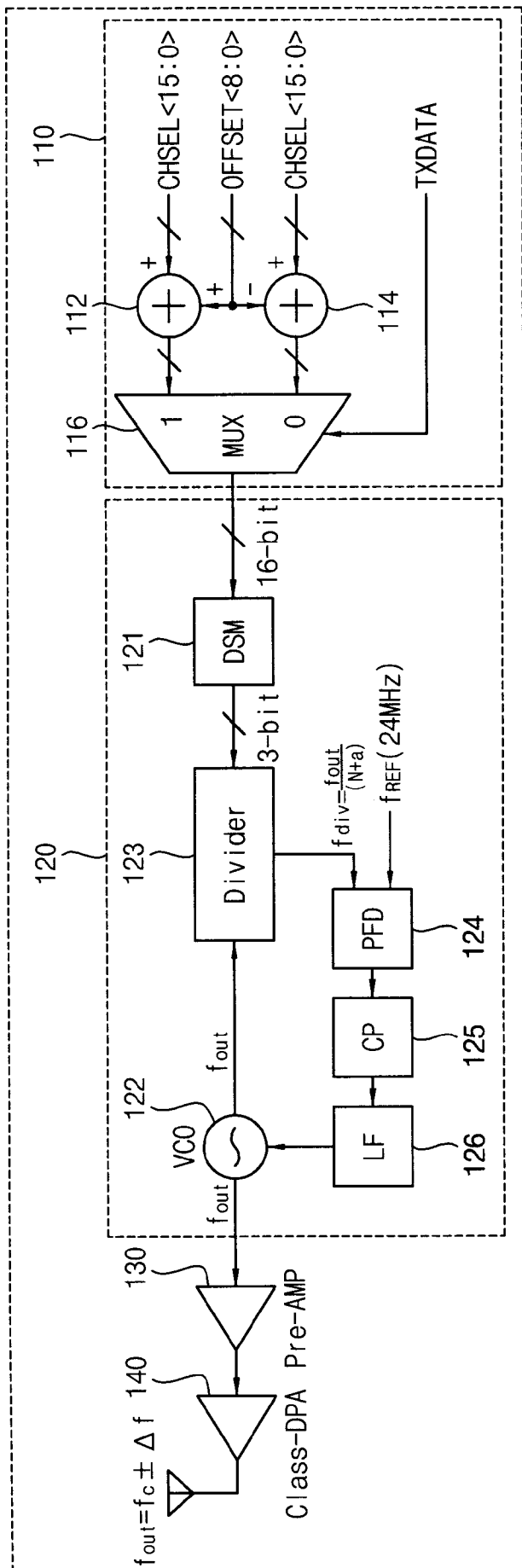
[도4]



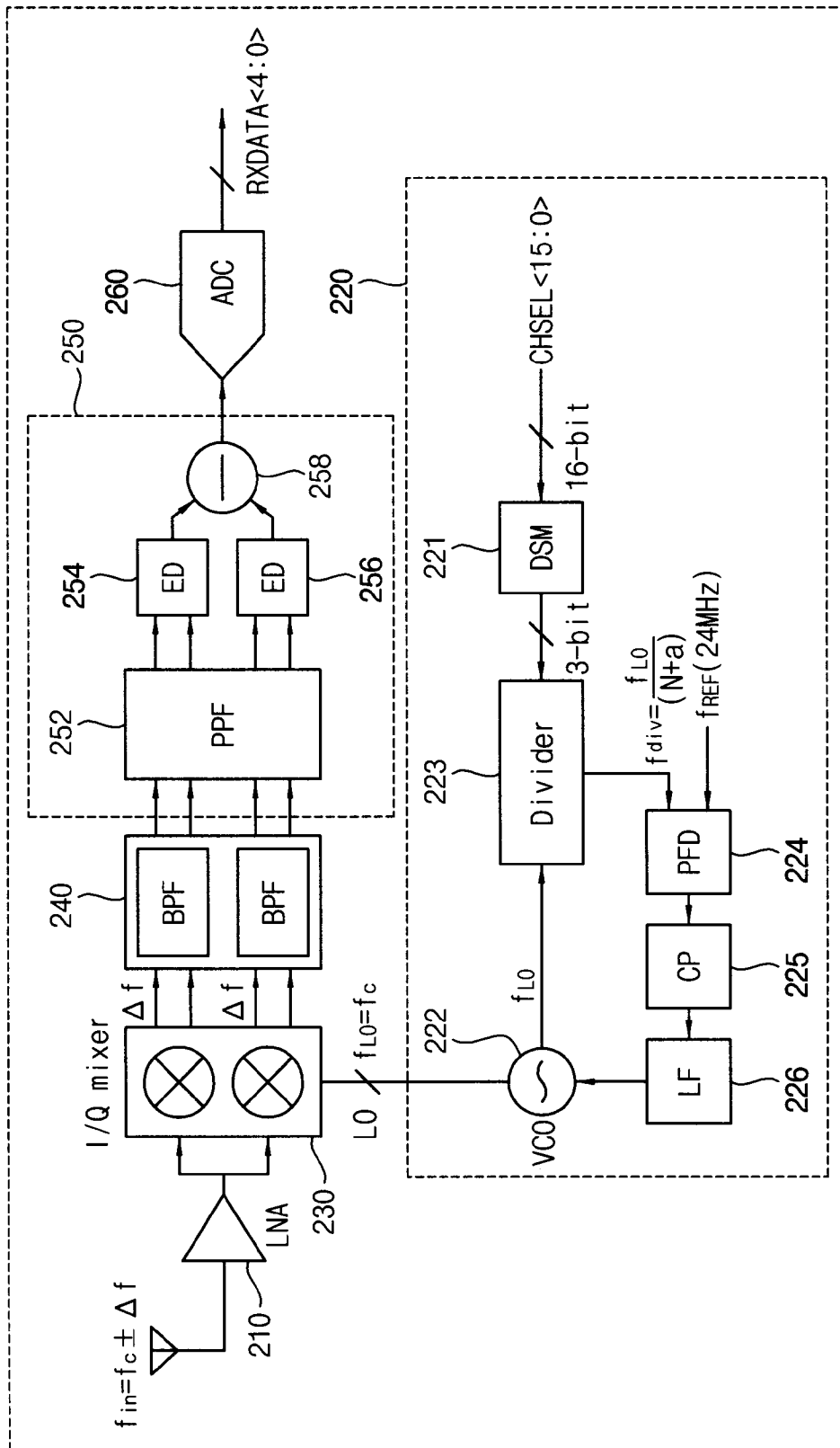
[도5]



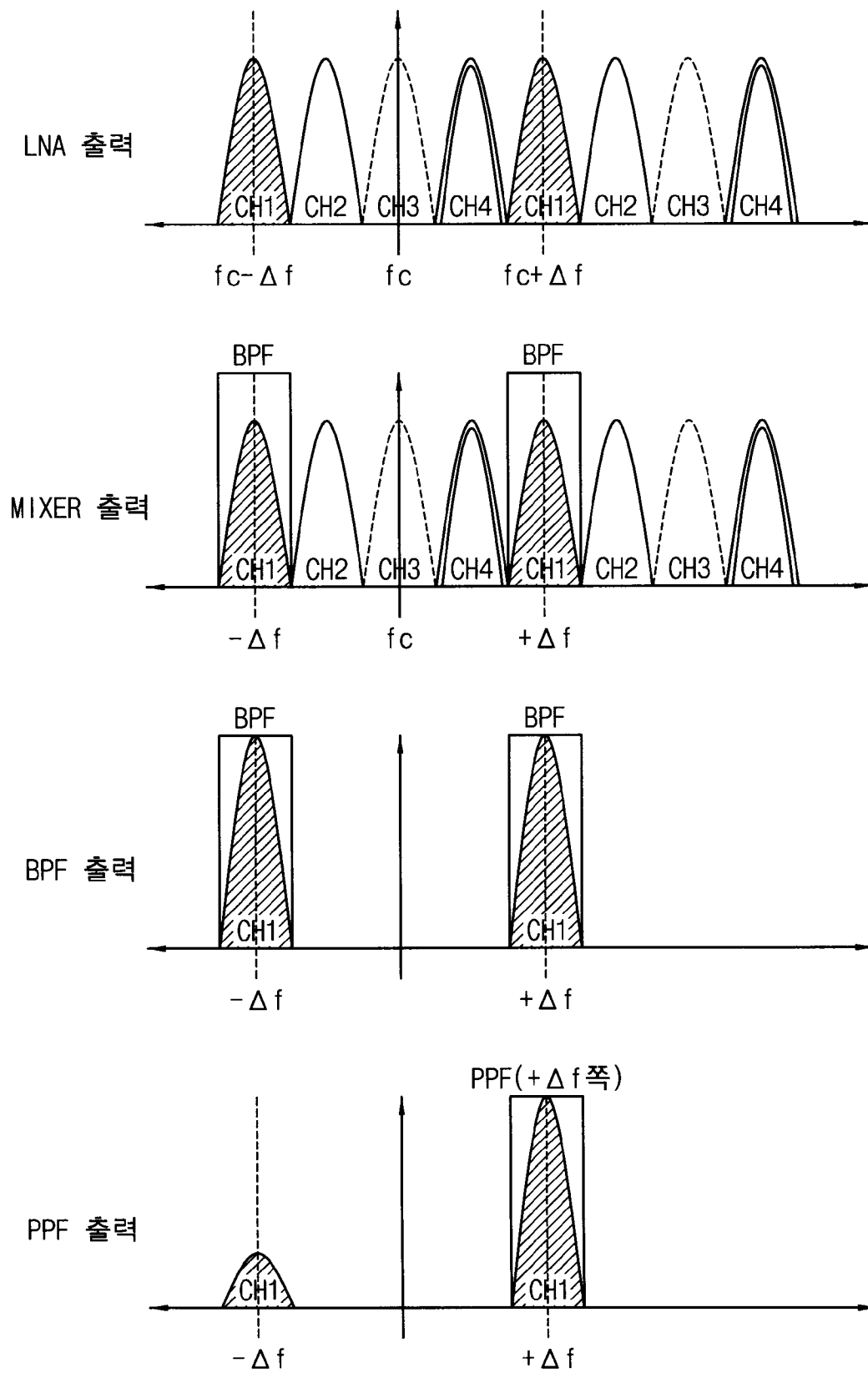
[도6]



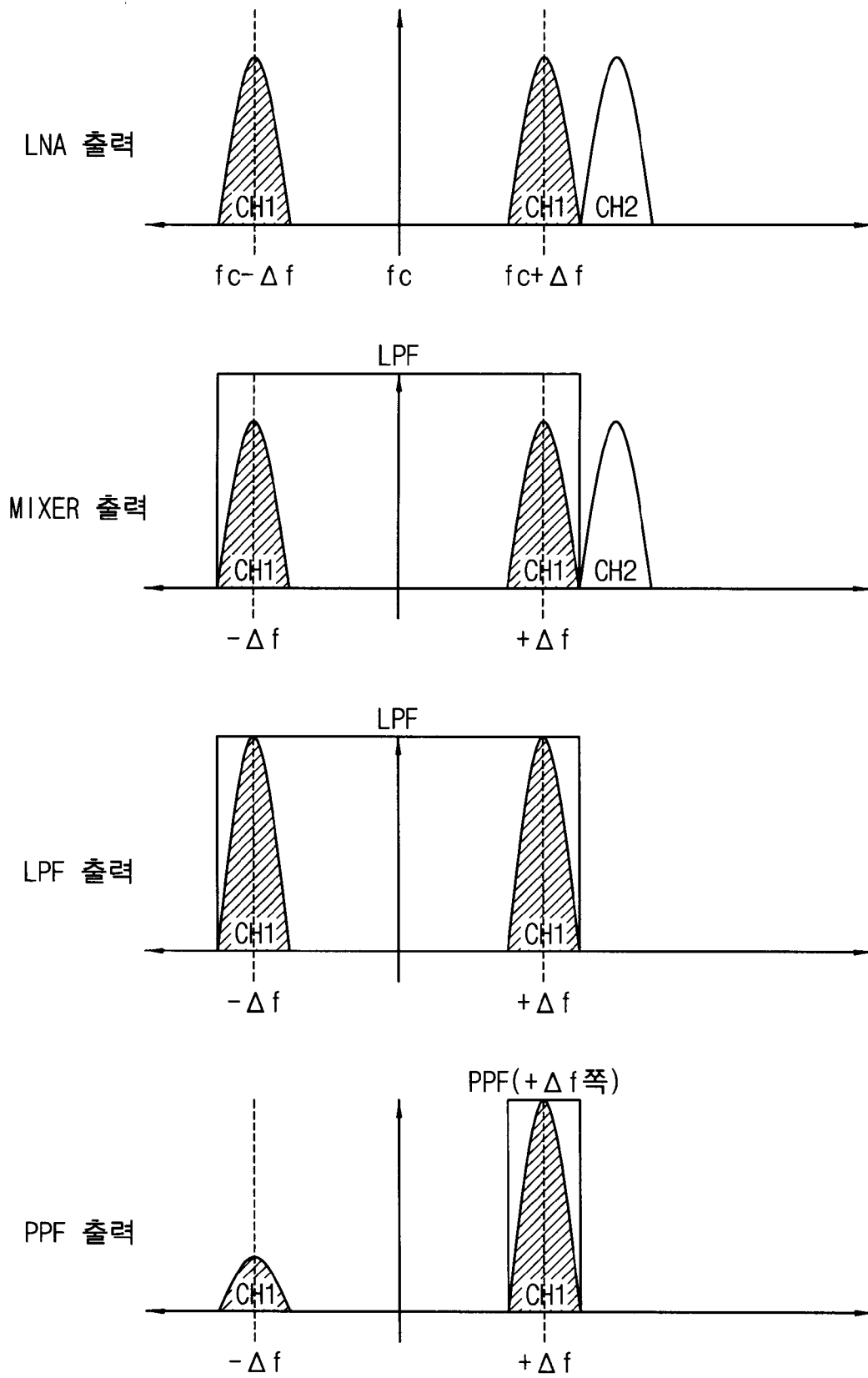
[도7]



[도8a]



[도8b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/012446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 27/00(2006.01)i, H04L 27/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L 27/00; H03C 3/09; H04B 10/532; H04J 14/02; H04L 27/10; H04L 27/12; H04L 27/14; H04L 27/148; H04L 27/156

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: FSK, division ratio, reference frequency, output frequency, tone, channel, BFSK, channel selection, offset, phase, charge pumping, A/D, energy, digital bit, phase locked loop(PLL), mux, loop filter, mixer, oscillator, band pass filter(BPF)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 10211927 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 19 February 2019 See column 3, line 29-column 4, line 66.	1-12
A	US 2015-0270904 A1 (FUTUREWEI TECHNOLOGIES, INC.) 24 September 2015 See paragraphs [0036]-[0046]; claims 7, 14-15; and figure 3.	1-12
A	JP 2019-068154 A (TESCOM KK.) 25 April 2019 See paragraphs [0036]-[0037]; and figure 3.	1-12
A	KR 10-0216364 B1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 16 August 1999 See page 2; and figure 1.	1-12
A	KR 10-1859293 B1 (THE SWATCH GROUP RESEARCH AND DEVELOPMENT LTD.) 28 June 2018 See paragraphs [0020]-[0037]; and figure 1.	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 MARCH 2020 (16.03.2020)

Date of mailing of the international search report

16 MARCH 2020 (16.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/012446

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 10211927 B1	19/02/2019	JP 2019-054459 A	04/04/2019
US 2015-0270904 A1	24/09/2015	CN 105993144 A	05/10/2016
		CN 105993144 B	25/12/2018
		EP 3105872 A1	21/12/2016
		EP 3105872 B1	12/12/2018
		US 9419719 B2	16/08/2016
		WO 2015-139593 A1	24/09/2015
JP 2019-068154 A	25/04/2019	JP 6268627 B1	31/01/2018
KR 10-0216364 B1	16/08/1999	KR 10-1998-0007255 A	30/03/1998
KR 10-1859293 B1	28/06/2018	CN 107040215 A	11/08/2017
		EP 3168983 A1	17/05/2017
		EP 3168983 B1	17/10/2018
		JP 2017-092949 A	25/05/2017
		JP 6267767 B2	24/01/2018
		US 10003414 B2	19/06/2018
		US 2017-0141857 A1	18/05/2017

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04L 27/00(2006.01)i, H04L 27/10(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04L 27/00; H03C 3/09; H04B 10/532; H04J 14/02; H04L 27/10; H04L 27/12; H04L 27/14; H04L 27/148; H04L 27/156

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eCOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: FSK, 분주비(division ratio)(기준 주파수(reference frequency), 출력 주파수(output frequency), 톤(tone), channel, BFSK, 채널 선택(channel selection), 오프셋(offset), 위상(phase), 차지 펌핑(charge pumping), A/D, 에너지(energy), 디지털 비트(digital bit), 위상고정루프(PLL), 믹스(mux), 루프 필터(loop filter), 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), 밴드패스필터(BPF)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 10211927 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 2019.02.19 컬럼 3, 라인 29 - 컬럼 4, 라인 66	1-12
A	US 2015-0270904 A1 (FUTUREWEI TECHNOLOGIES, INC.) 2015.09.24 단락 [0036]-[0046]; 청구항 7, 14-15; 및 도면 3	1-12
A	JP 2019-068154 A (TESCOM KK) 2019.04.25 단락 [0036]-[0037]; 및 도면 3	1-12
A	KR 10-0216364 B1 (삼성전자주식회사) 1999.08.16 페이지 2; 및 도면 1	1-12
A	KR 10-1859293 B1 (더 스와치 그룹 리서치 앤 디벨롭먼트 엘티디) 2018.06.28 단락 [0020]-[0037]; 및 도면 1	1-12

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2020년 03월 16일 (16.03.2020)

국제조사보고서 발송일

2020년 03월 16일 (16.03.2020)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



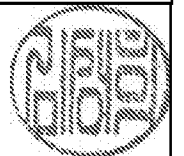
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김성희

전화번호 +82-42-481-3516



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 10211927 B1	2019/02/19	JP 2019-054459 A	2019/04/04
US 2015-0270904 A1	2015/09/24	CN 105993144 A	2016/10/05
		CN 105993144 B	2018/12/25
		EP 3105872 A1	2016/12/21
		EP 3105872 B1	2018/12/12
		US 9419719 B2	2016/08/16
		WO 2015-139593 A1	2015/09/24
JP 2019-068154 A	2019/04/25	JP 6268627 B1	2018/01/31
KR 10-0216364 B1	1999/08/16	KR 10-1998-0007255 A	1998/03/30
KR 10-1859293 B1	2018/06/28	CN 107040215 A	2017/08/11
		EP 3168983 A1	2017/05/17
		EP 3168983 B1	2018/10/17
		JP 2017-092949 A	2017/05/25
		JP 6267767 B2	2018/01/24
		US 10003414 B2	2018/06/19
		US 2017-0141857 A1	2017/05/18