

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2011년 5월 19일 (19.05.2011)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2011/059139 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 1/16 (2006.01) *H03M 1/12* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/000489
- (22) 국제출원일: 2010년 1월 27일 (27.01.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2009-0108086 2009년 11월 10일 (10.11.2009) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]**; 서울시 성북구 안암동 5가 고려대학교, 136-701 Seoul (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **박진우 (PARK, Jin-woo) [KR/KR]**; 서울시 강남구 도곡2동 527 도곡텍슬아파트 412동 1604호, 135-506 Seoul (KR). **강충구 (KANG, Chung Gu) [KR/KR]**; 서울시 성북구 안암동 1가 삼성래미안아파트 110동 802호, 136-797 Seoul (KR).

- (74) 대리인: **전종학 (JEON, Jong Hag)**; 서울시 강남구 역삼동 642-6번지 성지하이츠 3차 811호, 135-717 Seoul (KR).
- (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

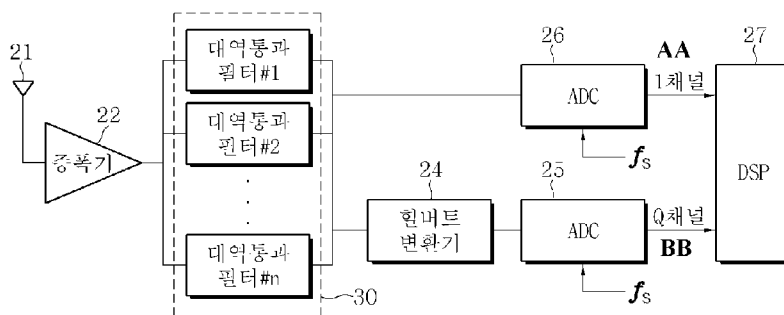
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

[다음 쪽 계속]

(54) Title: BANDPASS STANDARDIZATION METHOD THROUGH SINGLE SIDEBAND CONVERSION

(54) 발명의 명칭: 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법

[Fig. 3]



22 ... Amplifier
30 ... Bandpass filter #1
Bandpass filter #2
Bandpass filter #n
24 ... Hilbert converter
AA ... Channel 1
BB ... Channel Q

(57) Abstract: The present invention relates to a bandpass standardization method through single sideband conversion, which can increase the efficiency of bandpass standardization in a bandpass standardization process where an RF signal is down-converted and positioned in a baseband, by converting an RF signal into a single sideband signal spectrum and then performing bandpass standardization thereon. To this end, a plurality of RF bandpass signals are converted into signals having a single sideband spectrum before the RF bandpass signals are subjected to bandpass standardization, the conversion being achieved by removing one of the upper and lower end sideband spectra of each RF bandpass signal. As a result, the problem of frequency overlap during down-conversion can be relieved, and this can lower the standard frequency and lower a necessary ADC performance level. As such, the price of ADC design or of a corresponding part may be reduced, and diverse signals can be processed at a low digital data rate.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2011/059139 A1



본 발명은 RF 신호를 하향변환하여 기저대역에 위치시키는 대역통과 표본화 과정에서 RF 신호를 단측파대 신호 스펙트럼으로 변환한 후 대역통과 표본화를 실시하도록 함으로써 대역통과 표본화의 효율성을 높일 수 있도록 한 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법에 관한 것으로, 이를 위하여 다수의 RF 대역통과 신호를 대역통과 표본화 시키기 전에 RF 대역통과 신호가 갖는 두 개의 상단 및 하단 측파대 스펙트럼 중 하나를 제거하여 단측파대 스펙트럼을 가지는 신호로 변환시키도록 함으로써 하향 변환 시 주파수 겹침 문제를 완화하여 표본화 주파수를 낮출 수 있고 그로 인해 요구되는 ADC의 성능을 낮출 수 있어 ADC 설계 또는 해당 부품가격의 하락뿐만 아니라 낮은 디지털 데이터 속도로 다양한 신호 처리가 가능하게 되는 효과가 있다.

명세서

발명의 명칭: 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법에 관한 것으로, 특히 RF 신호를 하향변환하여 기저대역에 위치시키는 대역통과 표본화 과정에서 RF 신호 스펙트럼이 가지는 양 측파대역 중 하나를 제거한 단측파대 신호 스펙트럼으로 RF 신호를 변환한 후 대역통과 표본화를 실시하도록 함으로써 대역통과 표본화의 효율성을 높일 수 있도록 한 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 현재 다양한 무선통신 방식이 혼재함에 따라 다중 규격을 수용할 수 있는 단말기 구조에 대한 연구가 진행되고 있으며, 이 중에서 고성능 디지털 신호처리 기술과 집적회로 기술을 기반으로 시스템 전반의 기능을 소프트웨어적으로 재구성할 수 있는 소프트웨어 정의 라디오(Software defined radio:SDR) 기술에 관한 관심이 높다.
- [3] 이러한 SDR은 모듈화된 소프트웨어의 변경만으로 단일 송수신 시스템을 통해 다수의 무선 통신 규격을 통합하고 수용할 수 있도록 하는 것으로, AD/DA 변환기, 기저대역 모델, 신호처리 알고리즘은 물론이고 RF단이나 안테나까지도 포함하는 개념으로 확장되고 있다.
- [4] 이러한 SDR 기술은 다가올 4세대 무선기술은 물론이고 향후 5세대 규격이나 현재 이용되고 있는 다양한 무선통신 기술들을 포괄하는 단말기의 핵심 기술로 부각되고 있는 실정이다.
- [5] SDR 기술에서 단일 하드웨어 플랫폼이 다양한 규격을 수용하기 위해서는 광대역 특성이 필수적이며, 하나의 광대역 RF단을 사용하여 여러 주파수 대역의 신호를 수용할 수 있어야 한다. 하지만, 이러한 광대역 주파수 특성을 가지는 RF 소자의 개발이나 모듈 구현은 기술적, 경제적 관점에서 해결해야 할 과제가 남아 있다. 따라서 현재 사용 가능한 RF단과 모듈을 이용하여 가능한 광대역 RF 신호를 처리할 수 있도록 신호를 변환하여 처리하는 방식이 이용되고 있는데, RF 신호를 기저대역 신호로 하향변환하여 처리하는 대역통과 표본화 방식이 그 중 하나이다.
- [6] 대역통과 표본화 방식은 변조 신호를 부표본화(Sub-sampling)함으로써 발생하는 인위적인 에일리어싱(Aliasing)에 의해서 주파수를 천이시키는 방법으로, 이를 통해서 낮은 표본화 주파수를 이용할 수 있도록 하며, 이는 디지털 변환 이후의 디지털 소자의 데이터 처리율이 반송파 주파수보다 상대적으로 작은 정보 대역폭에 비례하게 되는 장점이 있다.
- [7] 도 1은 종래의 대역통과 표본화 기술로 하나의 RF 신호를 주파수 하향

변환하는 과정의 예를 보인 것이다.

- [8] 도시된 바와 같이 광대역 안테나(10)를 통해 들어온 신호는 광대역 저잡음 증폭기(Low noise Amplifier:LNA)(11)를 통하여 증폭되며, 대역통과필터(12)를 이용하여 원하는 RF 신호대역의 신호로 추출된다. 아날로그-디지털 변환기(ADC)(13)는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하며, 디지털 변환된 신호는 다음에 위치한 디지털신호처리기(Digital Signal Processor:DSP)(14)에서 처리되어 원래의 송신 신호로 복원된다.
- [9] 여기에서 ADC(13)는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 기능 이외에 대역통과 표본화(bandpass sampling)를 통해 RF 대역의 신호를 DC 근처의 낮은 주파수 대역으로 변환하는 주파수 하향변환(down-conversion)을 실시한다. 이를 통해 나이퀴스트(Nyquist) 표본화 이론보다 낮은 표본화 주파수로 RF 대역에 위치한 대역통과 신호를 기저대역(baseband) 신호로 변환한다. 이로써 종래에 RF 신호의 주파수 하향변환을 위해 사용되었던 복잡한 RF 신호 처리부분을 생략할 수 있으며, 동시에 ADC에 요구되는 표본화 주파수를 낮추게 되어 디지털 처리과정의 처리 부담을 줄일 수 있다.
- [10] RF 신호는 상단 측파대역(upper sideband) 스펙트럼과 하단 측파대역(lower sideband)스펙트럼을 가지며, 이 두 개의 스펙트럼 신호는 동일한 정보를 갖는다. 대역통과 표본화 기법에 의한 주파수 하향변환 과정에서, 나이퀴스트(Nyquist) 표본화 이론보다 낮은 표본화 주파수를 사용하기 때문에 RF 신호의 상단 및 하단의 두 스펙트럼 신호가 동시에 하향 변환되면서 기저대역에서 서로 겹칠 가능성이 있다. 특히 다수의 RF 신호를 하나의 대역통과 표본화에 의하여 동시에 주파수 하향변환하고자 하는 경우에는 대역통과 표본화 과정에서 신호 스펙트럼 간의 겹침이 더욱 크게 발생하게 되므로, 주파수 하향변환 과정에서 매우 엄밀한 대역통과 표본화 절차가 필요하다.
- [11] 결과적으로 다수의 RF 신호를 대역통과 표본화하는 경우에 비교적 높은 표본화 주파수를 필요로 하게 되는 이유가 되므로, ADC에 요구되는 성능을 낮추고 신호처리 효율성을 높일 수 있는 대역통과 표본화 과정이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 상기와 같은 종래 대역통과 표본화 기법의 높은 표본화 주파수를 낮추어 신호 처리 효율을 높이기 위해 새롭게 제안하는 본 발명 실시예들의 목적은 다수의 RF 대역통과 신호를 대역통과 표본화시키기 전에 RF 대역통과 신호가 갖는 두 개의 상단 및 하단 측파대 스펙트럼 중 하나를 제거하여 단측파대 스펙트럼을 가지는 신호로 변환시키도록 함으로써 하향 변환 시 주파수 겹침 문제를 완화하여 표본화 주파수를 낮출 수 있도록 한 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법을 제공하는 것이다.
- [13] 본 발명 실시예들의 다른 목적은 다수의 RF 대역통과 신호를 대역통과 표본화

시킴에 전에 힐버트 변환기를 통해 단측파대 신호로 변환한 후 이렇게 변환된 단측파대 신호들을 동시에 기저대역 신호로 변환하는 대역통과 표본화 과정을 실시하도록 함으로써, 광대역 신호에 대응하기 위한 디지털 신호처리과정의 부담을 경감시킬 수 있도록 한 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법을 제공하는 것이다.

- [14] 본 발명 실시예들의 또 다른 목적은 다수의 RF 대역통과 신호를 단측파대 신호로 변환한 후 2개씩 조합하여 유효 표본화 주파수 영역을 구하고, 공통 유효표본화 주파수 영역을 얻은 후 최소 표본화 주파수를 결정하도록 함으로써, 다수의 RF 대역통과 신호에 대해서도 낮은 표본화 주파수를 용이하게 구할 수 있도록 한 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [15] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법은 아날로그 무선 신호를 수신하여 디지털 신호로 변환하는 수신 시스템의 대역통과 표본화 방법으로서, 하나 이상의 무선 신호를 원하는 대역만 선별하는 대역통과 필터링 단계와; 상기 대역통과 필터링된 신호를 복소 신호로 변환하는 변환 단계와; 상기 대역통과 필터링된 신호와 상기 변환 단계에서 복소 신호로 변환된 신호를 합하여 단측파대 신호를 형성한 후 상기 단측파대 신호를 대역통과 표본화하여 유효 표본화 주파수 영역을 구하는 표본화 단계를 포함하여 이루어진다.
- [16] 상기 표본화 단계는 상기 구해진 하나 이상의 유효 표본화 주파수 영역 중 공통 영역의 최소 주파수를 표본화 주파수로 선택하여 표본화를 실시하는 단계를 더 포함한다.
- [17] 상기 표본화 단계는 상기 대역통과 필터링 단계를 통해 필터링된 신호를 I 채널 신호로 구성하고, 상기 변환 단계를 통해 변환된 신호를 Q 채널 신호로 구성하여 복소 신호이면서 음의 주파수 영역에 스펙트럼을 가지지 않는 신호 $I(t)+jQ(t)$ 를 구성한다.
- [18] 상기 대역통과 필터링 단계는 상기 복수의 무선 신호 중 원하는 대역을 필터링하기 위한 복수의 대역통과 필터를 이용하며, 상기 변환 단계는 상기 복수의 대역 통과된 신호를 단일 힐버트 변환기를 통해 일괄 변환한다.
- [19] 상기 표본화 단계는 둘 이상의 단측파대 신호들에 대해서 두 개의 신호로 이루어지는 모든 신호 조합을 구성하는 단계와; 상기 각 신호 조합에 대한 유효 표본화 주파수 영역들을 구하여 상기 모든 영역들에 공통인 공통 유효 표본화 주파수 영역을 구하는 단계와; 상기 얻어진 공통 영역 중 최소 주파수를 표본화 주파수로 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [20] 본 발명의 실시예에 따른 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법은 다수의 RF 대역통과 신호를 대역통과 표본화시키기 전에 RF 대역통과 신호가

갖는 두 개의 상단 및 하단 측파대 스펙트럼 중 하나를 제거하여 단측파대 스펙트럼을 가지는 신호로 변환시키도록 함으로써 하향 변환 시 주파수 겹침 문제를 완화하여 표본화 주파수를 낮출 수 있고 그로 인해 요구되는 ADC의 성능을 낮출 수 있어 ADC 설계 또는 해당 부품가격의 하락뿐만 아니라 낮은 디지털 데이터 속도로 다양한 신호 처리가 가능하게 되는 효과가 있다.

- [21] 본 발명의 실시예에 따른 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법은 다수의 RF 대역통과 신호를 대역통과 표본화시키기 전에 힐버트 변환기를 통해 단측파대 신호로 변환한 후 이렇게 변환된 단측파대 신호들을 동시에 기저대역 신호로 변환하는 대역통과 표본화 과정을 실시하도록 함으로써, 광대역 신호에 대응하기 위한 디지털 신호처리과정의 부담을 비교적 간단한 구성 추가만으로 경감시킬 수 있는 효과가 있다.

- [22] 본 발명의 실시예에 따른 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법은 다수의 RF 대역통과 신호를 단측파대 신호로 변환한 후 변환된 신호를 2개씩 조합하여 유효 표본화 주파수 영역을 구하고 공통 유효표본화 주파수 영역을 얻은 후 최소 표본화 주파수를 결정하도록 함으로써, 다수의 RF 대역통과 신호에 대해서도 낮은 표본화 주파수를 용이하게 구할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [23] 도 1은 종래 단일 RF 신호를 하향 변환하는 대역통과 표본화 시스템 구조의 예시도.
- [24] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 대역통과 표본화 시스템 구성도.
- [25] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복수 RF 신호를 위한 대역통과 표본화 시스템 구성도.
- [26] 도 4는 N 개의 RF 신호의 주파수 영역에서의 스펙트럼 분포 예시도.
- [27] 도 5는 도 4의 신호에 대한 단측파대 변환의 결과로 양의 주파수 영역 성분만 남은 스펙트럼 분포도.
- [28] 도 6은 2개의 RF 대역 신호의 스펙트럼 분포도.
- [29] 도 7은 도 6의 2개의 RF 신호에 대한 대역통과 표본화 적용 결과로 얻어진 주파수 하향변환된 신호 스펙트럼 분포의 예시도.
- [30] 도 8은 3개의 RF 신호에 대한 스펙트럼 분포도.
- [31] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 동작 과정을 보인 순서도.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [32] 상기한 바와 같은 본 발명을 첨부된 도면들과 실시예들을 통해 상세히 설명하도록 한다.
- [33] 도 2는 하나의 RF 신호를 단측파대 신호로 변환한 후에 대역통과 표본화를 실시하는 시스템의 구조를 보인 것이다. 광대역 안테나(21)를 통해 수신된 RF 신호는 광대역 저잡음 증폭기(LNA)(22)를 이용하여 증폭되고, 대역통과 필터(23)를 통해 원하는 RF 신호대역의 신호만 추출되면서 다른 대역의 신호는

제거된다. 도 2에서 대역통과 필터링된 신호는 두 개의 경로로 분리되는데, 분리된 하나의 신호는 직접 ADC (26)로 인가되어 I(t) 채널의 신호를 구성하고 또 다른 신호는 힐버트(Hilbert) 변환기(24)를 거쳐 ADC(25)로 인가되어 Q(t) 채널신호를 형성하며, 상기 Q(t) 채널신호를 복소(complex) 신호로 구성한 후에 합하면 최종적으로 복소수 신호인 $I(t)+jQ(t)$ 값을 갖게 된다.

- [34] 복소 신호인 $I(t)+jQ(t)$ 는 음의 주파수 영역에 스펙트럼을 갖지 않는 분석적(analytic) 신호가 된다. 여기에서 복소 신호인 Q(t) 채널 신호의 구성을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

- [35] 수학적 식 1

$$Q(t) = I(t) * \frac{1}{\pi t}$$

- [36] 여기에서 * 는 컨볼루션 (convolution) 연산을 의미하고, 이는 힐버트 변환기의 임펄스응답 함수가 $1/\pi t$ 임을 뜻한다.

- [37] 다시 말해서, 힐버트 변환기(24)를 거쳐 힐버트 변환(Hilbert Transform)된 신호는 복소함수가 되며 상기 설명한 바와 같이 힐버트 변환되지 않은 신호와 합해진 결과 단측파대 신호($I(t)+jQ(t)$)가 형성되는데, 이러한 힐버트 변환기와 ADC(25, 26)는 DSP(27)와 별도의 하드웨어로 구성될 수 있고, 경우에 따라 이러한 구성까지도 DSP(27)에 포괄될 수 있다. 향후 소프트웨어 구성의 폭이 넓어질 경우 도시된 대역통과 필터(23)까지도 소프트웨어로 구성될 수 있을 것이다.

- [38] 도 3은 N개 RF 신호를 동시에 주파수 하향변환하기 위한 대역통과 표본화 시스템 구조를 보여주고 있다. N개의 신호를 동시에 하향변환 하는 구조이므로, 통신표준에 의해 할당한 서로 다른 N개의 반송주파수와 각 반송주파수에 실려있는 신호의 대역폭에 맞추어진 N개 대역통과 필터(30)가 사용된다. 그 외의 구성은 도 2에 도시한 구성과 유사하다.

- [39] 즉, 복수의 RF 신호를 동시에 주파수 하향변환하기 위한 구성이라 할지라도 추가되는 구성은 힐버트 변환기(24)에 불과하여 전체적인 하드웨어 구성 증가는 미비하며, 그로 인한 성능 저하나 비용 증가는 이후 설명할 표본화 주파수의 하향에 따른 효과에 비해 낮다. 한편, 이러한 추가 구성의 부담은 추후 시스템 성능 증가와 하드웨어 기능 향상에 따라 점차 낮아지게 될 것이다.

- [40] 도 4는 N개의 반송주파수에 N개의 신호가 주파수영역에 배열된 하나의 예시이다. N개의 대역통과된 신호 $X_k(f)$, $k=1,2,...,N$ 들이 각각 서로 다른 반송주파수 f_{ck} , $k=1,2,...,N$ 를 중심으로 겹치지 않도록 배열된 전형적인 복수 RF 신호들의 형태를 나타내고 있다. 이때, 각 신호 배열 형태는 양측파대에 대칭 형태(41, 42)를 가지게 된다.

- [41] 도 5는 도3에서 I(t) 채널신호와 힐버트 변환기(24)를 삽입하여 형성된 Q(t) 채널신호가 DSP(27)에서 합해지는 경우에 결과로 얻게 되는, 음의 주파수

영역의 성분들(42)이 제거된 스펙트럼 분포도(41)를 보여주고 있다. 본 실시예에는 도 5와 같이 음 또는 양의 주파수 영역을 제거하여 하나의 주파수 영역에만 신호 스펙트럼이 존재하는 신호를 부표본화(sub-sampling)함으로써 대역통과 표본화를 이루는 방법에 관한 것이다.

[42] 도 6은 유효 표본화 영역을 구하는 과정을 유도하기 위해 RF 스펙트럼 신호를 표시하기 위한 매개변수를 설정하는 그림으로서, 설명의 간편성을 위해 서로 겹치지 않은 2개의 신호 스펙트럼(50, 51)을 이용한다.

[43] $X_m(f)(50)$ 는 신호 $x_m(t)$ 의 스펙트럼이고, $X_n(f)(51)$ 은 또 다른 신호 $x_n(t)$ 의 스펙트럼이다. f_{Lm} 과 f_{Um} 은 각각 신호 $x_m(t)$ 의 하위 제한(lower limit) 주파수와 상위 제한(upper limit) 주파수이다. 또한 f_{Ln} 과 f_{Un} 은 각각 신호 $x_n(t)$ 의 하위 제한 주파수와 상위 제한 주파수를 나타낸다. $BW_m(=f_{Um}-f_{Lm})$ 은 신호 $x_m(t)$ 의 대역폭이고, $BW_n(=f_{Un}-f_{Ln})$ 은 신호 $x_n(t)$ 의 대역폭이다. 대역통과 표본화에 관련 매개변수로, f_s 는 표본화 주파수이다. 여기서 상위 제한 주파수와 하위 제한 주파수는 $f_{Uk}=f_{Ck}+(BW_k/2)$ 와 $f_{Lk}=f_{Ck}-(BW_k/2)$ 인 관계가 있다.

[44] 도 7은 도 5에서의 두 스펙트럼 신호가 대역통과 표본화에 의해서 주파수 하향변환된 신호들이 서로 겹치지 않도록 배치된 경우를 보여주고 있으며, 이를 위한 유효 표본화 주파수는 다음과 같은 두 가지 제한조건을 동시에 만족시켜야 한다. 첫째, 표본화 주파수의 상위 값에 대한 제한으로서 도 7에서 보듯이 $X_n(f)(51)$ 이 대역 표본화에 의하여 $(r_{m,n})^{\text{th}}$ 번째로 왼쪽 이동된 신호(61)의 $f_{L_{n,r}}(A)$ 이 다른 RF신호 $X_m(f)(50)$ 의 f_{Um} 보다 커야 한다. 둘째, 표본화 주파수의 하위값에 대한 제한으로서 RF신호 $X_n(f)(51)$ 의 $(r_{m,n}+1)^{\text{th}}$ 번째 왼쪽 이동된 신호(62)의 $f_{U_{n,r+1}}(B)$ 가 RF신호 $X_m(f)(50)$ 의 f_{Lm} 보다 작아야 한다. 위의 두 가지 조건들은 다음과 같은 수식으로 각각 표현할 수 있다.

[45] 수학식 2

$$f_{C_n} - \frac{BW_n}{2} - r_{m,n}f_s \geq f_{C_m} + \frac{BW_m}{2}$$

[46] 수학식 3

$$f_{C_n} + \frac{BW_n}{2} - (r_{m,n}+1)f_s \leq f_{C_m} - \frac{BW_m}{2}$$

[47] 위의 두 수식을 합치게 되면 다음과 같은 수식을 얻게 된다.

[48] 수학식 4

$$\frac{f_{C_{n-m}} + (BW_{m+n}/2)}{r_{m,n} + 1} \leq f_{S_{m,n}} \leq \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{r_{m,n}}$$

[49] 여기서 $fc_{n-m} = fc_n - fc_m$, $BW_{m+n} = BW_m + BW_n$ 이고, $r_{m,n}$ 은 정수로서 다음과 같은 범위로 한정된다.

[50] 수학적식 5

$$0 \leq r_{m,n} \leq \left\lfloor \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{BW_{m+n}} \right\rfloor$$

[51] 수학적식 4로부터 두 개의 RF 스펙트럼 신호 $X_m(f)$ 와 $X_n(f)$ 의 대역통과 표본화를 위한 유효 표본화 주파수영역을 구할 수 있다. 즉, 최소 표본화 주파수는 수학적식 4의 왼쪽항의 분모에 있는 파라미터 $r_{m,n}$ 의 가장 큰 값에 해당하므로, 정리하면 다음과 같다.

[52] 수학적식 6

$$f_{S_{m,n_min}} = \frac{f_{C_{n-m}} + (BW_{m+n}/2)}{\left\lfloor \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{BW_{m+n}} \right\rfloor + 1}$$

[53] 도 8은 세 개의 대역통과 RF 신호를 보여주고 있으며, 이 3개의 신호를 동시에 주파수 하향변환하는 과정에서 필요한 유효 표본화 영역을 획득하는 방법을 서술한다. 도 8에서와 같이 음과 양의 주파수 영역의 신호들(70, 75)을 도 3을 통해 설명한 구성을 통과시키면 음 또는 양의 주파수 영역의 신호만 존재하게 된다. 이와 같은 3개의 RF 신호성분들 중에서, 각각 2개씩의 조합을 설정하고 수학적식 3을 이용하면 해당하는 2개 신호에 대한 유효 표본화 주파수 영역을 구할 수 있다. 즉, $X_1(f)(71)$ 와 $X_2(f)(72)$ 의 표본화 주파수 영역 $fs_{1,2}$, $X_1(f)(71)$ 와 $X_3(f)(73)$ 의 표본화 주파수 영역 $fs_{1,3}$, 그리고 $X_2(f)(72)$ 와 $X_3(f)(73)$ 의 표본화 주파수 영역 $fs_{2,3}$ 이다. 이와 같이 구한 3개의 주파수 영역들이 서로 공통으로 겹치는 주파수 영역이 유효 표본화 주파수 영역이다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

[54] 수학적식 7

$$f_{S_three} = f_{S_{1,2}} \cap f_{S_{1,3}} \cap f_{S_{2,3}}$$

[55] 여기에서 $\cap$ 은 교집합 기호로써, 두 영역의 공통부분을 의미한다. 또한 위의 과정에서 획득한 유효 표본화 주파수 영역 안에서 얻을 수 있는 최소값이 바로 최소 표본화 주파수이며 다음과 같이 표현 가능하다.

[56] 수학적식 8

$$f_{S,three,min} = \min \{ f_{S,three} \}$$

- [57] 위와 같은 과정을 N개의 RF 신호로 확장하여 일반화할 수 있다. 다음의 수식은 N개의 RF 신호를 대상으로 한 일반화된 유효 표본화 주파수 영역을 위한 수식을 나타낸 것이다.

- [58] 수학적 9

$$f_{S,all} = f_{S_1} \cap f_{S_2} \cap f_{S_3} \cap \dots \cap f_{S_N-1}$$

- [59] 위 식에서

$$\begin{aligned} f_{S_1} &= f_{S_{1,2}} \cap f_{S_{1,3}} \cap f_{S_{1,4}} \cap \dots \cap f_{S_{1,N}} \\ f_{S_2} &= f_{S_{2,3}} \cap f_{S_{2,4}} \cap f_{S_{2,5}} \cap \dots \cap f_{S_{2,N}} \\ f_{S_3} &= f_{S_{3,4}} \cap f_{S_{3,5}} \cap f_{S_{3,6}} \cap \dots \cap f_{S_{3,N}} \\ &\vdots \\ f_{S_N-1} &= f_{S_{N-1,N}} \end{aligned}$$

- [61] 다르게 기술하자면, N개의 스펙트럼 신호들 중에서 조합 가능한 모든 두 RF 신호들 쌍에 대한 표본화 주파수 영역을 수학적 4를 이용하여 각각 구한 다음, 수학적 9에서 보듯이 이들 영역들이 서로 공통으로 중첩되는 부분을 구하면 이 부분이 바로 N개 신호를 위한 유효 표본화 주파수 영역이다. 이때 상기 유효 표본화 주파수 영역 내에서 가장 작은 값, 즉 $f_{s,min} = \min\{f_{s,all}\}$ 이 최소 표본화 주파수이다.

- [62] 도 9는 상기 기술한 최소 표본화 주파수를 결정하는 절차의 흐름도를 나타낸 것으로, 도시한 바와 같이 광대역 안테나와 저잡음 증폭기를 통과한 RF 신호를 N개의 대역통과 필터를 통해 N개의 RF 신호로 대역통과 필터링 한다(S10).

- [63] 상기 필터링된 N 개의 RF 신호를 직접 일측 ADC에 제공하여 I 채널 신호를 구성하고, 상기 필터링된 N 개의 RF 신호를 힐버트 변환기(혹은, 그에 대응하는 다른 종류의 변환기나 그 변형 들)를 이용하여 복소 신호로 변환한 후 이를 타측 ADC에 제공하는 것으로 Q 채널신호를 구성하며, 이들을 합하여 단측파대 신호($I(t)+jQ(t)$)를 형성한다(S20).

- [64] 상기 단측파대의 N 개의 신호 중에서 중복을 허용하면서 2개씩 묶은 모든 조합을 구한다(S30).

- [65] 상기 각 조합에 대해서 수학적 4를 이용하여 유효 표본화 주파수 영역을 연산한다(S40).

- [66] 상기 얻어진 각 조합에 대한 유효 표본화 주파수 영역들로부터 공통 유효

표본화 주파수 영역을 연산한다(S50).

- [67] 상기 얻어진 공통 유효 표본화 주파수 영역 중 가장 작은 주파수를 최소 표본화주파수로 결정한다(S60).
- [68] 전술한 본 발명의 실시예들을 통해서 SDR(software defined radio) 시스템 등에서 필수적으로 사용되는 대역통과 표본화 기법, 특히 복소 대역통과 표본화에 적용하여 그 표본화 주파수를 크게 낮출 수 있도록 하는 구성 및 방법을 설명하였다. 이는 N개의 무선통신 표준을 하나의 무선기기로 동시에 수신하여 원하는 신호를 기저대역으로 하향변환하여 추출하고자 하는 대부분의 경우에 사용될 수 있다
- [69] 상기 본 발명의 실시예를 적용하게 되면 N개의 신호를 동시에 하향변환할 때 나이퀴스트 샘플링율보다 매우 낮은 표본화 주파수를 선택하더라도, 신호간 겹침에 의한 왜곡인 에일리어싱(aliasing) 없이 중간 주파수(IF)단에서 신호처리가 가능하게 된다. 또한 종래 방식인 실수 대역통과 표본화 방식보다 보다 넓고 유연한 유효 표본화 영역 그리고 더욱 낮은 최소 표본화 율을 얻을 수 있게 되어 결과적으로 요구되는 ADC 성능을 낮추어 비용을 낮추고, 낮은 디지털 데이터 속도로 처리가 가능하도록 하여 신호처리 부하 경감 및 다양한 신호처리가 가능하도록 하는 여유를 제공할 수 있게 된다.
- [70] 이상에서는 본 발명에서 특정의 바람직한 실시예들에 대하여 도시하고 또한 설명하였다. 그러나 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 특허 청구의 범위에서 첨부하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 아날로그 무선 신호를 수신하여 디지털 신호로 변환하는 수신 시스템의 대역통과 표본화 방법에 있어서,
하나 이상의 무선 신호를 원하는 대역만 선별하는 대역통과 필터링 단계와;
상기 대역통과 필터링된 신호를 복소 신호로 변환하는 변환 단계와;
상기 대역통과 필터링된 신호와 상기 변환 단계에서 복소 신호로 변환된 신호를 합하여 단측파대 신호를 형성한 후 상기 단측파대 신호를 대역통과 표본화하여 유효 표본화 주파수 영역을 구하는 표본화 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 표본화 단계는 상기 구해진 하나 이상의 유효 표본화 주파수 영역 중 공통 영역의 최소 주파수를 표본화 주파수로 선택하여 표본화를 실시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 표본화 단계는 상기 대역통과 필터링 단계를 통해 필터링된 신호를 I 채널 신호로 구성하고, 상기 변환 단계를 통해 복소수 변환된 신호를 Q 채널 신호로 구성하여 복소 신호이면서 음의 주파수 영역에 스펙트럼을 가지지 않는 단측파대 신호 $I(t)+jQ(t)$ 를 구성하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서, 상기 복소 신호 $Q(t)$ 는 다음과 같은 수학적식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.
- $$Q(t) = I(t) * \frac{1}{\pi t}$$
- 여기에서 * 는 컨볼루션 (convolution) 연산을 의미하고, $1/\pi t$ 는 상기 단측파대 변환 단계에 적용되는 변환기의 임펄스응답 함수
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서, 상기 대역통과 필터링 단계는 상기 복수의 무선 신호 중 원하는 대역을 필터링하기 위한 복수의 대역통과 필터를 이용하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.
- [청구항 6] 청구항 5에 있어서, 상기 변환 단계는 상기 복수의 대역 통과된 신호를 단일 힐버트 변환기를 통해 일괄 변환하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.

[청구항 7]

청구항 1에 있어서, 상기 표본화 단계는
 둘 이상의 단측파대 신호들에 대해서 두 개의 신호로 이루어지는
 모든 신호 조합을 구성하는 단계와;
 상기 각 신호 조합에 대한 유효 표본화 주파수 영역들을 구하여
 상기 모든 영역들에 공통인 공통 유효 표본화 주파수 영역을
 구하는 단계와;
 상기 얻어진 공통 영역 중 최소 주파수를 표본화 주파수로
 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단측파대 변환을
 통한 대역통과 표본화 방법.

[청구항 8]

청구항 7에 있어서, 상기 두 개의 신호에 대한 유효 표본화 주파수
 영역은 다음의 수학적식을 통해 얻어지는 것을 특징으로 하는
 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.

$$\frac{f_{C_{n-m}} + (BW_{m+n}/2)}{r_{m,n} + 1} \leq f_{S_{m,n}} \leq \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{r_{m,n}}$$

여기서 f_c 는 신호의 중심 주파수, BW 는 신호의 대역폭, $r_{m,n}$ 은
 대역통과 표본화를 위해 신호 스펙트럼의 이동 횟수를 나타내고,
 $f_{C_{n-m}} = f_{C_n} - f_{C_m}$, $BW_{m+n} = BW_m + BW_n$

[청구항 9]

청구항 8에 있어서, 상기 $r_{m,n}$ 은 다음의 식을 만족하는 것을
 특징으로 하는 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.

$$0 \leq r_{m,n} \leq \left\lceil \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{BW_{m+n}} \right\rceil$$

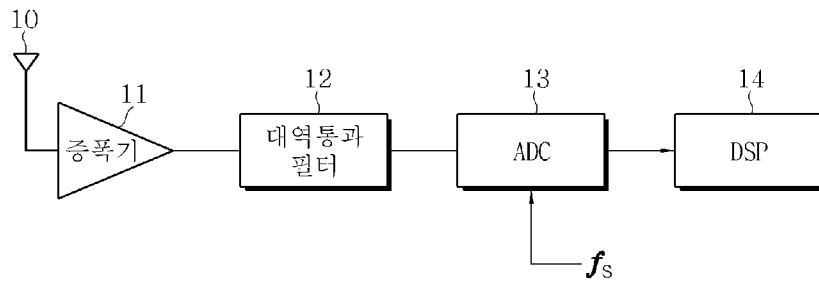
[청구항 10]

청구항 7에 있어서, 상기 두개의 신호에 대한 유효 표본화 주파수
 영역중 최소값은 다음의 식을 통해 얻어지는 것을 특징으로 하는
 단측파대 변환을 통한 대역통과 표본화 방법.

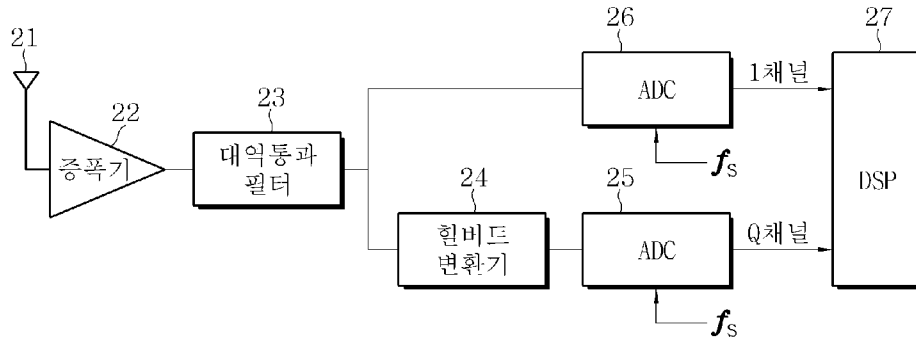
$$f_{S_{m,n_min}} = \frac{f_{C_{n-m}} + (BW_{m+n}/2)}{\left\lceil \frac{f_{C_{n-m}} - (BW_{m+n}/2)}{BW_{m+n}} \right\rceil + 1}$$

여기서 f_s 는 표본화 주파수, f_c 는 신호의 중심 주파수, BW 는
 신호의 대역폭, $r_{m,n}$ 은 대역통과 표본화를 위해 신호 스펙트럼의
 이동 횟수를 나타내고, $f_{C_{n-m}} = f_{C_n} - f_{C_m}$, $BW_{m+n} = BW_m + BW_n$

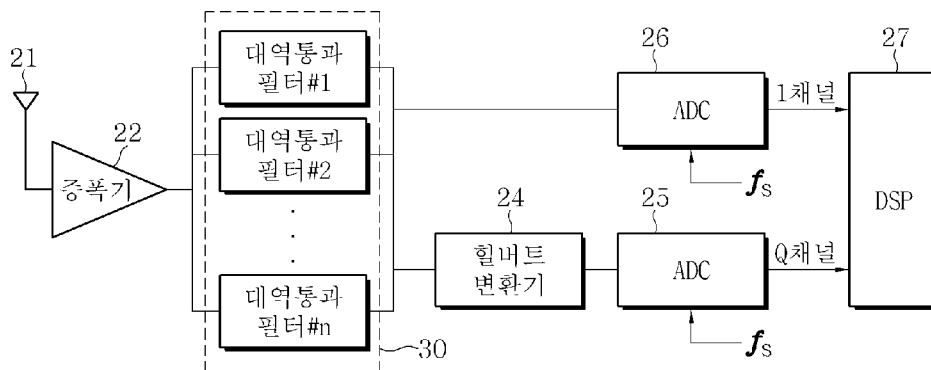
[Fig. 1]



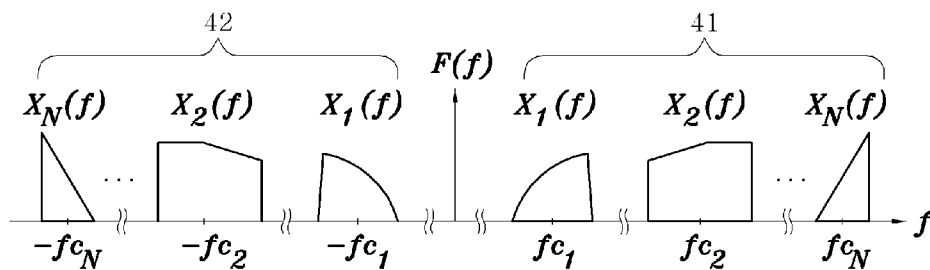
[Fig. 2]



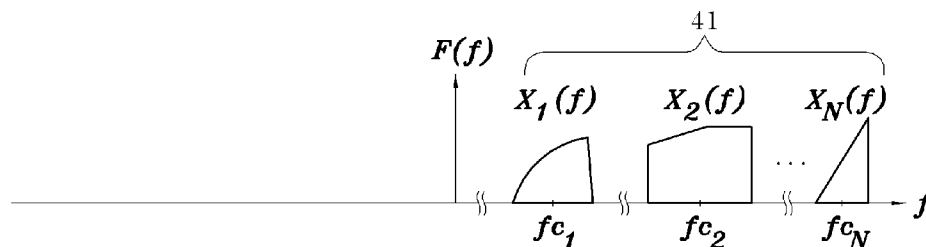
[Fig. 3]



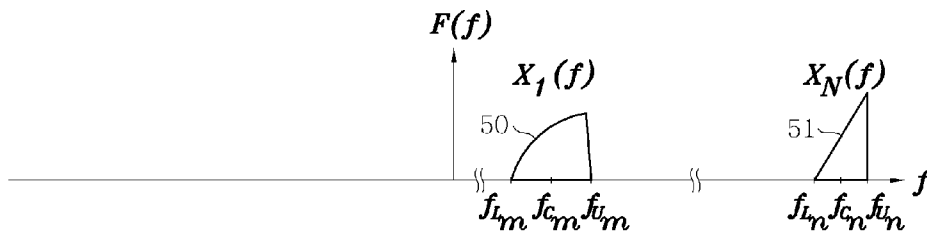
[Fig. 4]



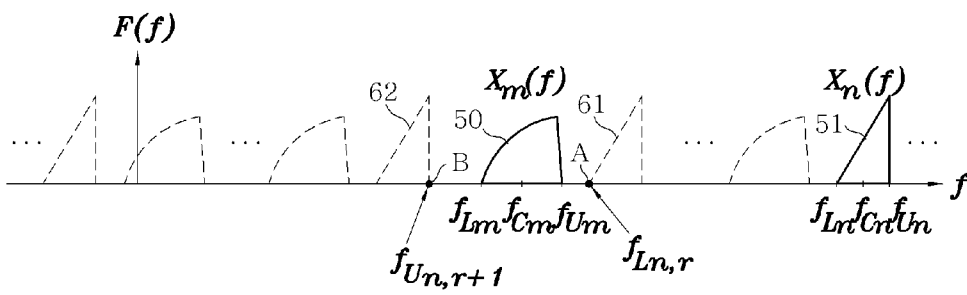
[Fig. 5]



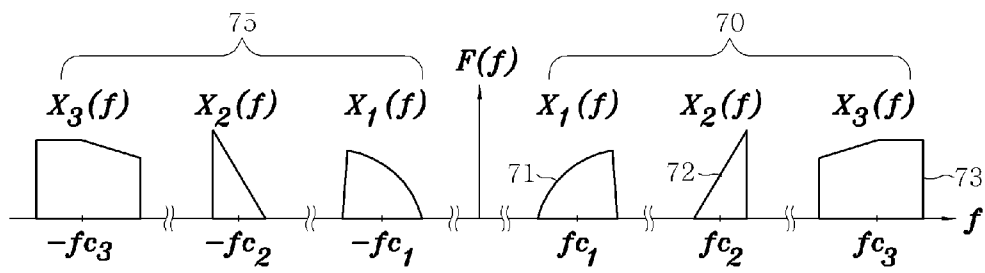
[Fig. 6]



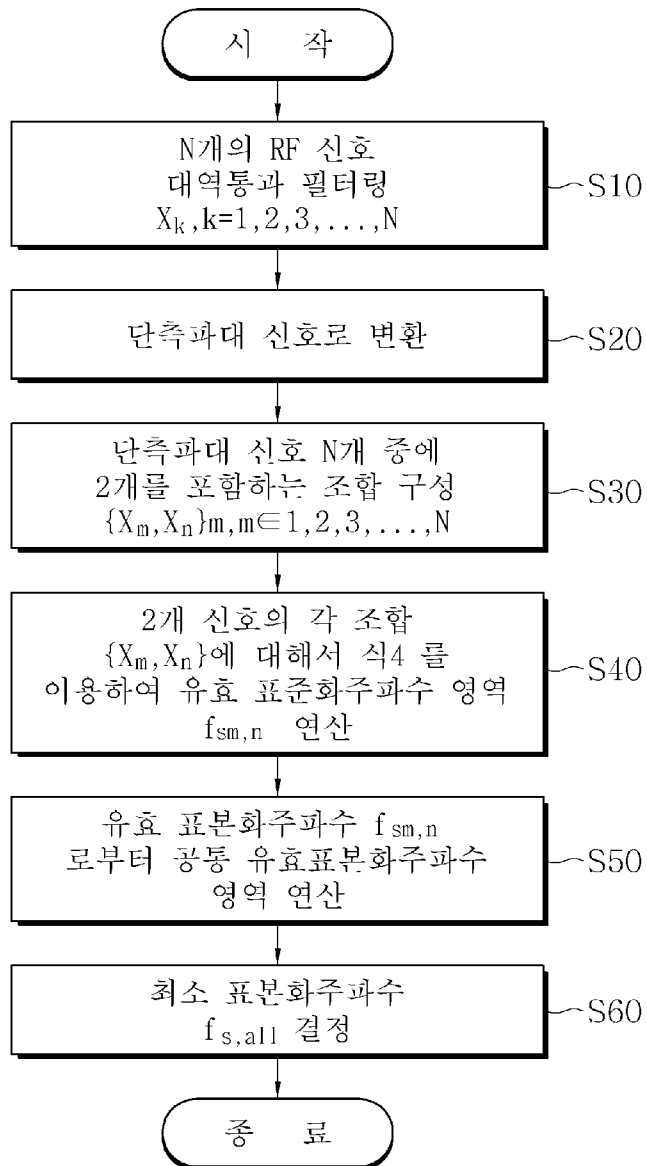
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2010/000489**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H04B 1/16(2006.01)i, H03M 1/12(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)

H04B 1/16; H03M 1/12; H04B 1/06; H04N 5/52; H04B 1/10; H04B 7/155; H04N 5/18

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: analog-digital converter, filter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	KR 10-2009-0131790 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 30 December 2009 See figures 1-3 and related detailed description.	1,3-6
A	US 2003-0080890 A1 (HOWARD E. HILTON) 01 May 2003 See figure 4 and related detailed description.	1-10
A	KR 10-0825508 B1 (PARK, JIN WOO et al.) 25 April 2008 See figure 2 and related detailed description.	1-10
A	US 6097443 A (FRANK VOLMARI) 01 August 2000 See figure 1 and related detailed description.	1-10



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

03 DECEMBER 2010 (03.12.2010)

Date of mailing of the international search report

06 DECEMBER 2010 (06.12.2010)

Name and mailing address of the ISA/KR


 Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2010/000489

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2009-0131790 A	30.12.2009	NONE	
US 2003-0080890 A1	01.05.2003	US 6600438 B2	29.07.2003
KR 10-0825508 B1	25.04.2008	WO 2008-056932 A1	15.05.2008
US 6097443 A	01.08.2000	EP 0866563 A2	23.09.1998
		EP 0866563 A3	04.10.2001
		JP 10-303749 A	13.11.1998

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04B 1/16(2006.01)i, H03M 1/12(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 1/16; H03M 1/12; H04B 1/06; H04N 5/52; H04B 1/10; H04B 7/155; H04N 5/18 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)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: analog-digital converter, filter		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
PX	KR 10-2009-0131790 A (삼성전자주식회사) 2009.12.30 도면 1-3 및 관련 상세한 설명 참조.	1,3-6
A	US 2003-0080890 A1 (HOWARD E. HILTON) 2003.05.01 도면4 및 관련 상세한 설명 참조.	1-10
A	KR 10-0825508 B1 (박진우 외 1명) 2008.04.25 도면2 및 관련 상세한 설명 참조.	1-10
A	US 6097443 A (FRANK VOLMARI) 2000.08.01 도면 1 및 관련 상세한 설명 참조.	1-10
☐ 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 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 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 2010년 12월 03일 (03.12.2010)		국제조사보고서 발송일 2010년 12월 06일 (06.12.2010)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140		심사관 김정훈 전화번호 82-42-481-5949 

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0131790 A	2009.12.30	없음	
US 2003-0080890 A1	2003.05.01	US 6600438 B2	2003.07.29
KR 10-0825508 B1	2008.04.25	WO 2008-056932 A1	2008.05.15
US 6097443 A	2000.08.01	EP 0866563 A2	1998.09.23
		EP 0866563 A3	2001.10.04
		JP 10-303749 A	1998.11.13