



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0071504
(43) 공개일자 2012년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03F 1/32 (2006.01) H03F 3/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0133073
(22) 출원일자 2010년12월23일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
이성준
대전광역시 유성구 노은동로 219, 열매마을@ 30
7동 1303호 (지족동)
정재호
대전광역시 유성구 지족로 317, 반석마을아파트
103동 601호 (지족동)
(74) 대리인
권혁수, 송윤호, 오세준

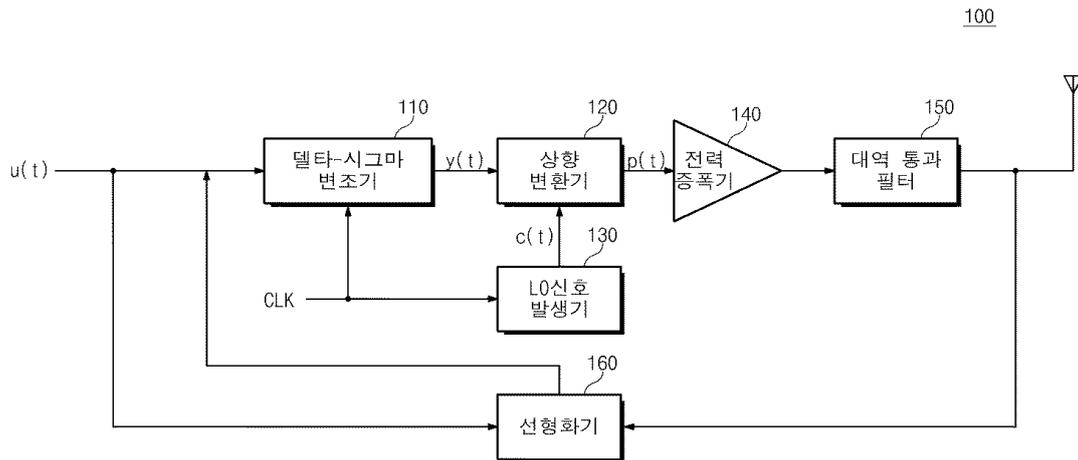
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 증폭 구조는, 중간 주파수(IF: Intermediate Frequency)의 신호를 입력받아 델타-시그마 변조하는 델타-시그마 변조기, 델타-시그마 변조된 신호의 주파수를 국부 발진 신호를 이용하여 상향 변환시키는 상향 변환기, 상기 상향 변환된 신호를 증폭하는 증폭기 및 상기 증폭된 신호 중 선택된 대역만을 통과시키는 대역 통과 필터를 포함한다. 본 발명에 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 중간 주파수 입력신호에 대해 델타-시그마 변조 동작을 수행하기 때문에, 일반적인 그것과 비교하여 델타-시그마 변조 동작 속도를 현저하게 감소시킬 수 있고, 전력 증폭기 구현 사양을 완화 시킬 수 있다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10035173

부처명 지식경제부

연구사업명 정보통신산업원천기술개발사업

연구과제명 차세대 이동통신 기지국용 Class-S 전력증폭기 기술 연구

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2010.03.01 ~ 2014.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

중간 주파수의 신호를 입력받아 델타-시그마 변조하는 델타-시그마 변조기;
 상기 델타-시그마 변조된 신호의 주파수를 국부 발진 신호를 이용하여 상향 변환시키는 상향 변환기;
 상기 상향 변환된 신호의 전력을 증폭하는 전력 증폭기; 및
 상기 증폭된 신호를 선택된 대역으로 통과시키는 대역 통과 필터를 포함하는 증폭 구조.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 국부 발진 신호를 발생하는 국부 발진 신호 발생기를 더 포함하는 증폭 구조.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 국부 발진 신호 발생기는 상기 델타-시그마 변조기의 델타-시그마 변조 동작에 동기 되어 k(정수)개의 펄스 쌍을 출력하는 증폭 구조.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 상향 변환된 반송파 주파수를 $2fs+fc$ 로 선택하거나 상기 반송파 주파수를 $2fs-fc$ 로 선택함으로써 전력 증폭 효율과 구현 용이성을 조정하고, 여기서, 상기 fs는 상기 델타-시그마 변조 속도이고, 상기 fc는 중간 주파수인 증폭 구조.

청구항 5

중간 주파수를 갖는 신호를 입력받아 델타-시그마 변조하는 단계;
 상기 델타-시그마 변조된 신호를 국부 발진 신호를 이용하여 반송파 주파수의 신호로 상향 변환하는 단계;
 상기 상향 변환된 신호의 전력을 증폭하는 단계; 및
 상기 증폭된 신호를 선택된 대역으로 필터링하는 단계를 포함하는 증폭 구조의 증폭 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
 상기 델타-시그마 변조 속도에 동기 되어 상기 델타-시그마 변조 속도에 정수 배의 속도로 상기 국부 발진 신호를 발생하는 단계를 더 포함하는 증폭 구조의 증폭 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,
 상기 반송파 주파수보다 상기 국부 발진 신호의 주파수가 높은 고역 주입 형상을 선택하거나, 상기 반송파 주파수보다 상기 국부 발진 신호의 주파수가 낮은 저역 주입 형상을 선택하는 단계를 더 포함하는 증폭 구조의 증폭 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] Class-A와 같은 선형 증폭기는 높은 출력과 높은 선형성을 제공하지만 효율은 만족스럽지 못하며, 특히 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)이 높은 이동 통신 시스템에서 그 효율은 더욱 더 감소하게 된다. 반면 Class-D나 Class-E와 같은 스위칭 증폭기는 높은 효율을 얻을 수 있으나, 선형성을 보장받기 위해서 정포락선(constant envelope) 특성을 갖는 신호로 그 입력의 종류가 제한된다.
- [0003] 이에, 선형성을 보장받으면서도 높은 효율을 얻기 위한 증폭기 구조에 대한 연구가 진행되고 있는 상황이며, Class-S 증폭기는 그러한 시도 중 하나이다.
- [0004] 도 1의 전형적인 Class-S 증폭 구조(10)는 델타-시그마 변조기(Delta-Sigma Modulator)(11), 전력 증폭기(12), 대역통과필터(13) 및 선형화기(14)를 포함한다. 델타-시그마 변조기(11)는 반송파 주파수(Radio Frequency; RF)의 신호를 입력받아 정포락선의 펄스 신호로 변환하여 전력 증폭기로 출력한다. 전력 증폭기(12)는 입력 받은 펄스 신호를 증폭하여 대역통과필터(13)로 출력한다. 대역통과필터(13)는 입력 받은 증폭된 펄스 신호로부터 증폭된 원 신호만을 선택하여 안테나로 출력하며, 선형화기(14)는 선택적인 구성으로 델타-시그마 변조기(11) 및 전력 증폭기(12)의 비선형 특성을 보정한다. 여기서 대역통과필터(13)라는 신호 복원(signal reconstruction) 방법에 의해 정포락선 신호로의 변환방법이 제한되며, 델타-시그마 변조기(11)는 몇 가지 변환방법 중 대표적인 방법이다.
- [0005] 도 1의 전형적인 Class-S 증폭 구조(10)에서 델타-시그마 변조기(11)는 반송파 신호를 입력받아 동작하는 밴드패스 델타-시그마 변조기(Band-Pass Delta-Sigma Modulator)로 통상적으로 입력 중심 주파수 3 배 이상의 속도로 동작하는데, 반송파 주파수가 높은 이동 통신 서비스에 적용하기 위해서는 현실적으로 구현이 어려운 고속 델타-시그마 변조기가 요구되는 문제점이 있다. 예를 들어, 3.5GHz의 반송파 주파수를 갖는 WiMAX 서비스의 경우 10.5GHz 이상의 속도로 동작하는 델타-시그마 변조기가 요구된다.
- [0006] 또한, 전형적인 Class-S 증폭 구조(10)에서 전력 증폭기(12)는 델타-시그마 변조기(11)의 출력 신호로 구동된다. 그런데, 고속 델타-시그마 변조기(11)의 출력이 광대역이기에 고속 델타-시그마 변조기로 구동되는 전력 증폭기(12)의 광대역 입력 매칭 구현에 어려움이 따른다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 반송파 주파수가 높은 이동통신 시스템에 적용 가능한 Class-S 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따른 증폭 구조는, 중간 주파수(IF: Intermediate Frequency)의 신호를 입력받아 델타-시그마 변조하는 델타-시그마 변조기, 델타-시그마 변조된 신호의 주파수를 국부 발진 신호를 이용하여 상향 변환시키는 상향 변환기, 상기 상향 변환된 신호를 증폭하는 증폭기 및 상기 증폭된 신호 중 선택된 대역만을 통과시키는 대역 통과 필터를 포함한다.
- [0009] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 국부 발진 신호를 발생하는 국부 발진 신호 발생기를 더 포함한다.
- [0010] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 국부 발진 신호 발생기는 상기 델타-시그마 변조기의 동작에 동기 되어 한번의 델타-시그마 변조기 동작에 k개의 펄스 쌍을 출력하고, 여기서 하나의 펄스 쌍은 1 과 -1을 의미한다.
- [0011] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 상향 변환기는 상기 델타-시그마 변조된 신호와 상기 국부 발진 신호를 곱하여 상기 델타-시그마 변조된 신호를 반송파 주파수로 상향 변환한다.
- [0012] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 상향 변환기는, $(kfs-fc)/fc$ 의 상향 변환비율을 가질 수 있고, 여기서 상기 k는 정수이다.
- [0013] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 상향 변환기는, $(kfs+fc)/fc$ 의 상향 변환비율을 가질 수 있고, 여기서 상기 k는 정수이다.
- [0014] 본 발명에 따른 증폭 구조에서, 상기 대역 통과 필터의 출력단의 신호와 상기 입력된 신호를 입력받아, 상기 델타-시그마 변조기, 상기 상향 변환기 및 상기 전력 증폭기의 비선형 특성을 보정하는 선형화기를 더 포함할

수도 있다.

- [0015] 본 발명에 따른 증폭 구조의 증폭 방법은, 중간 주파수의 신호를 입력받아 델타-시그마 변조하는 단계, 상기 변조된 신호를 국부 발진 신호를 이용하여 반송파 주파수로 상향 변환하는 단계, 상기 상향 변환된 신호를 증폭하는 단계, 및 상기 증폭된 신호 중 선택된 대역만을 통과시키는 단계를 포함한다.
- [0016] 본 발명에 따른 증폭 구조의 증폭 방법은, 상기 델타-시그마 변조 속도에 동기 되어 상기 델타-시그마 변조기 동작 속도에 정수 배의 속도로 상기 국부 발진 신호를 발생하는 단계를 더 포함한다.
- [0017] 본 발명에 따른 증폭 구조의 증폭 방법은, 상기 반송파 주파수보다 상기 국부 발진 신호의 주파수가 높은 고역 주입 형상을 선택하거나, 상기 반송파 주파수보다 상기 국부 발진 신호의 주파수가 낮은 저역 주입 형상을 선택하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 중간 주파수 입력신호에 대해 델타-시그마 변조 동작을 수행하기 때문에, 전형적인 Class-S 증폭 구조에 비해 델타-시그마 변조 동작 속도를 현저하게 감소시킬 수 있다.
- [0019] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 전력 증폭기를 구동하는 신호의 최소 구간을 늘어나게 함으로써, 전형적인 Class-S 증폭 구조에 비해 전력 증폭기의 동작 속도 사양을 완화시킬 수 있다.
- [0020] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 전력 증폭기를 구동하는 신호의 최대 구간과 최소 구간의 비를 줄임으로써, 전형적인 Class-S 증폭 구조에 비해, 전력 증폭기의 입력 매칭을 용이하게 한다.
- [0021] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 전형적인 Class-S 증폭 구조에 비해 전력 증폭기를 구동하는 신호의 DC 주변 저주파 전력을 현저하게 감소시키는 장점을 갖는다.
- [0022] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 중간 주파수 입력에 대해 델타-시그마 변조를 수행하고, 델타-시그마 변조 동작 속도에 동기화된 국부 발진 신호를 사용하여 상향 변환하는 고역 주입 형상과 저역 주입 형상을 모두 고려함으로써 스위칭 소자 특성에 따라 최적의 드레인 효율을 얻을 수 있다.
- [0023] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은, 고역 주입 형상과 저역 주입 형상을 모두 고려함으로써 저역 주입 형상의 드레인 효율이 더 나쁘더라도 이를 선택하여 스위칭 소자의 사양을 완화시킬 수 있다.
- [0024] 본 발명의 따른 증폭 구조 및 그것의 증폭 방법은 고역 주입 형상과 저역 주입 형상을 모두 고려하여 드레인 효율이 받아들일 수 있는 수준이면 중간 주파수를 상용 기지국 시스템이 제공하는 중간 주파수로 가져감으로써, 기존의 기지국 시스템을 변경 없이 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 전형적인 Class-S 증폭 구조를 보여주는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 증폭 구조를 보여주는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 상향 변환기의 동작을 설명하기 위한 클록들을 보여주는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 상향 변환기의 주파수 영역의 출력 신호를 보여주는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 고정된 입력 신호의 코딩 효율을 기준으로 코딩 효율 감소를 보여주는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 RF 주파수로 정규화된 평균 스위칭 주파수를 보여주는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 스위칭 소자의 구동을 위해 RF 주기로 정규화된 신호의 구간을 보여주는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 증폭 구조의 동작을 보여주는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명할 것이다.

- [0027] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 Class-S 증폭 구조(100)를 보여주는 도면이다. 도 2를 참조하면, 증폭 구조(100)는 델타-시그마 변조기(DSM: Delta-Sigma Modulator)(110), 상향 변환기(Up Converter)(120), 국부 발진(LO: Local Oscillator) 신호 발생기(130), 전력 증폭기(power amplifier)(140), 대역 통과 필터(band pass filter)(150), 및 선형화기(linearizer)(160)를 포함한다.
- [0028] 델타-시그마 변조기(110)는 클럭 신호(CLK)를 수신하고, 수신된 클럭 신호(CLK)에 따라 입력 신호(u(t))를 델타-시그마 변조한다. 여기서, 입력 신호(u(t))는 중간 주파수 대역의 신호이다. 델타-시그마 변조기(110)는 델타-시그마 변조된 신호(y(t))를 상향 변환기(120)로 출력한다.
- [0029] 국부 발진 신호 발생기(130)는 클럭 신호(CLK)를 수신하고, 수신된 클럭 신호(CLK)에 따라 국부 발진 신호(c(t))를 발생한다. 국부 발진 신호 발생기(130)는 국부 발진 신호(c(t))를 델타-시그마 변조기(110)의 델타-시그마 변조 속도의 정수배의 속도를 갖는 국부 발진 신호(c(t))를 발생한다. 여기서, 국부 발진 신호(c(t))는 신호 펄스 형태이다. 국부 발진 신호 발생기(130)는 국부 발진 신호(c(t))를 상향 변환기(120)로 출력한다.
- [0030] 상향 변환기(120)는 델타-시그마 변조된 신호(y(t))를 국부 발진 신호(c(t))를 이용하여 반송파 주파수의 신호로 상향 변환한다.
- [0031] 여기서, 델타-시그마 변조된 신호(y(t))는 중간 주파수 대역의 신호이고, 국부 발진 신호(c(t))를 통해 상향 변환된 신호(p(t))는 반송파 주파수 대역의 신호이다. 상향 변환기(120)는 상향 변환된 신호(p(t))를 전력 증폭기(140)로 출력한다.
- [0032] 전력 증폭기(140)는 상향 변환된 신호(p(t))를 증폭한다. 전력 증폭기(140)는 증폭된 신호를 대역 통과 필터(150)로 출력한다.
- [0033] 대역 통과 필터(150)는 증폭된 신호로부터 증폭된 원 신호만을 필터링하고, 필터링된 신호를 안테나를 통해 외부로 송신한다.
- [0034] 선형화기(160)는 전체 시스템의 선형성을 유지하기 위하여 델타-시그마 변조기(110)의 비선형 특성과 전력 증폭기(140)의 스위칭 동작에서 나타나는 비선형 특성을 보상한다. 즉, 선형화기(160)는 대역 외 잡음을 제거하기 위해 대역 통과 필터(150) 후단에서 커플링된 신호와 델타-시그마 변조기(110)의 전단 신호 간의 비교를 통해 최종 출력 신호의 선형성을 개선한다.
- [0035] 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 국부 발진 신호(c(t))를 이용하여 델타-시그마 변조된 신호(y(t))를 상향 변환함으로써, 전형적인 Class-S 증폭 구조에 비해, 델타-시그마 변조기 동작속도를 감소시킬 수 있고, 입력 매칭 대역폭을 감소시킬 수 있으며, 스위칭 소자의 동작속도 사양을 완화시킬 수 있다.
- [0036] 도 3은 본 발명에 따른 구조의, 상향 변환기의 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 3을 참조하면, 델타-시그마 변조 신호(y(t))는 비정포락선인 입력 신호(u(t))가 델타-시그마 변조를 통하여 정포락선(constant envelope)의 신호로 변조된 것이다. 국부 발진 신호(c(t))는 델타-시그마 변조기(110, 도 2 참조)의 동작 속도에 동기 되어 한번의 델타-시그마 변조기 동작에 k개의 펄스 쌍을 출력하고, 여기서 하나의 펄스 쌍은 1과 -1을 의미한다. 도 2에서 T_s 는 델타-시그마 변조기(110)의 동작 속도 f_s 의 역수를 의미한다.
- [0037] 상향 변환기(120, 도 2 참조)에서, 국부 발진 신호(c(t))를 이용하여 델타-시그마 변조기 출력 신호(y(t))가 상향 변환된다. 여기서, 국부 발진 신호(c(t))의 주파수가 델타-시그마 변조기 동작 속도에 정수 배 ($k * \text{델타-시그마 변조 동작 속도} = (k * f_s)$)가 아니면, 대역 통과 필터(150, 도 2 참조)를 통해 복원할 영역의 스펙트럼에서 왜곡이 발생한다. 따라서, 델타-시그마 변조 동작 당 정수개의 펄스 쌍의 출력을 통해 대역 통과 필터(150)를 통해 복원할 영역의 스펙트럼에서 왜곡이 발생하지 않도록 한다.
- [0038] 도 4는 본 발명에 따른 구조의, 상향 변환기(120)의 주파수 영역 출력의 일 실시 예를 보여주는 도면이다. 도 4에서는 주파수 f_c 의 단일-톤(single-tone) 입력 신호 $u(t)$, 입력 중심 주파수의 세 배($3 * f_c$)로 동작하는 델타-시그마 변조기(110), 델타-시그마 변조 당 두 개의 펄스 쌍($k=2$)을 출력하는 국부 발진 신호 발생기(130)를 가정하였다. 이때, 반송파 주파수를 $f_H=(2f_s - f_c)$ 로 선택하는 경우를 고역 주입(High-Side Injection, 이하 'HSI'라고 함)하고, 반송파 주파수를 $f_L=(2f_s + f_c)$ 로 선택하는 경우를 저역 주입(Low-Side Injection, 이하 'LSI'라고 함)이라 한다. 상향 변환된 신호(p(t))는 전력 증폭기(140, 도 1 참조)에서 증폭되며, 대역 통과 필터(150, 도 1 참조)에서 증폭된 신호 중 필요한 대역만을 선택한다.

[0039] 스위칭 전력 증폭기의 드레인 효율(drain efficiency)(η_d)은 하기의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$\eta_d = \frac{P_{load}}{P_{load} + P_{insertion_loss} + P_{conduction_loss} + P_{switching_loss}}$$

[0040]

[0041] 여기서, P_{load} 는 대역 통과 필터(150)에서 복원한 신호 전력을 나타내고, $P_{insertion_loss}$ 는 대역 통과 필터(150)에서 삽입 손실을 나타내고, $P_{conduction_loss}$ 는 스위칭 스테이지의 온 저항(R_{on})에 따른 손실을 나타내고, $P_{switching_loss}$ 는 스위칭 스테이지의 기생성분에 의한 손실을 나타낸다.

[0042] P_{load} 와 대역 통과 필터가 없는 경우에 부하(R_L)에서 얻게 될 전력과의 비를 코딩 효율(η_p)이라 한다. 스위칭 스테이지 출력이 $\pm \Delta_a$ 의 펄스라 가정하면, 코딩 효율(η_p)은 아래의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

$$\eta_p = \frac{P_{load}}{(\Delta_a)^2 / R_L}$$

[0043]

[0044] 상향 변환기(120)의 상향 변환 동작으로 인해 코딩 효율은 상향 변환 동작 수행 전에 비해 감소한다. 이때, 코딩 효율의 감소 정도는 상향 변환 형상(HSI 형상과 LSI 형상)에 따라 다르다.

[0045] 도 5는 본 발명의 따른 구조의, 상향 변환기(120) 출력에서의 코딩 효율 감소를 보여주는 일 실시 예 그래프이다. 여기서, 국부 발진 신호 발생기(130)는 델타-시그마 변조 당 1 개의 펄스 쌍($k=1$)을 출력하는 것을 가정하였다. 그래프의 가로축은 상향 변환비(UCR: Up Conversion Ratio)를 나타낸다. 여기서, 상향 변환비(UCR)는 상향 변환 전후의 중심 주파수의 비를 의미하며 수학적 식 3과 같이 표현된다. 그래프의 세로축은 코딩 효율의 감소 정도를 나타낸다. 도 5를 참조하면, HSI 형상이 LSI 형상을 사용하는 경우에 비해 코딩 효율의 감소가 더 작은 것을 확인할 수 있다.

수학적 식 3

$$UCR = \frac{f_o}{f_c} = \begin{cases} (kf_s - f_c) / f_c = (2kR_c - 1), & HSI \\ (kf_s + f_c) / f_c = (2kR_c + 1), & LSI \end{cases}$$

[0046]

[0047] 도 6은 본 발명에 따른 증폭 구조의, 스위칭 소자 구동신호의 반송파 주파수로 정규화된 평균 스위칭 주파수를 보여주는 일 실시 예 그래프이다. 소자의 기생 성분에 따라 발생하는 스위칭 손실($P_{switching_loss}$)은 스위칭 동작에서 발생하는 손실과 스위칭 빈도의 곱으로 나타낼 수 있다. 한 번의 스위칭 동작에서 발생하는 손실은 스위칭 소자의 특성에 의해 결정되고, 스위칭 빈도는 전력 증폭기를 구동하는 신호 특성에 의해 결정된다. 도 6은 이러한 스위칭 빈도를 나타내는 그래프로, 여기서, 국부 발진 신호 발생기(130)는 델타-시그마 변조 당 1 개의 펄스 쌍($k=1$)을 출력하는 것을 가정하였다. 도 6을 참조하면, LSI 형상이 HSI 형상을 사용하는 경우에 비해 스위칭 빈도가 작은 것을 알 수 있다.

[0048] 코딩 효율을 유지하는 면에서는 HSI이 장점을 갖고 스위칭 손실을 감소시키는 면에서는 LSI이 장점을 갖기에, 두 형상 중 어떤 형상의 드레인 효율이 우수할 것인가 하는 것은 스위칭 소자 특성에 따라 다름을 알 수

있다.

[0049] 도 7은 본 발명에 따른 구조의, 스위칭 소자 구동신호의 반송파 주기로 정규화된 지속시간을 보여주는 일 실시 예 그래프이다. 전력 증폭기(140)를 구성하는 스위칭 소자의 사양은 스위칭 소자를 구동하는 펄스의 최소 지속시간(duration)에 의해 결정되는데, 최소 지속시간이 짧을수록 스위칭 소자는 높은 사양을 가져야 한다. 도 7은 이러한 구동 신호 최소 지속시간을 나타내는 그래프이다. 그래프의 세로축은 반송파 주파수의 주기로 정규화된 구동신호의 최소 구간($T_{duration_min}/T_0$)을 나타낸다. LSI 형상이 HSI 형상에 비해 더 긴 최소 지속시간을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 따라서, HSI 형상의 드레인 효율이 우수하더라도 LSI 형상의 효율이 받아들일 수 있는 수준이면, 스위칭 소자의 사양을 고려하여 LSI 형상을 선택할 수 있다.

[0051] 도 8은 본 발명에 따른 증폭 구조(100)의 동작을 보여주는 순서도이다. 도 2 및 도 8를 참조하면, 증폭기 동작은 다음과 같이 진행된다.

[0052] 델타-시그마 변조기(110, 도 2 참조)는 입력 신호($u(t)$)를 수신한다(S110). 델타-시그마 변조기(110)는 수신된 입력 신호($u(t)$)를 델타-시그마 변조한다(S120). 델타-시그마 변조기(110)는 델타-시그마 변조된 신호($y(t)$)를 상향 변환기(120, 도 2 참조)로 출력한다. 국부 발진 신호 발생기(130, 도 2 참조)는 델타-시그마 변조기의 동작에 동기화된 국부 발진 신호($c(t)$)를 발생한다(S130). 국부 발진 신호 발생기(130)는 국부 발진 신호($c(t)$)를 상향 변환기(120)로 출력한다. 상향 변환기(120)는 델타-시그마 변조된 신호($y(t)$)를 국부 발진 신호($c(t)$)를 사용하여 상향 변환한다(S140). 상향 변환기(130)는 상향 변환된 신호($p(t)$)를 전력 증폭기(140)로 출력한다. 전력 증폭기(140, 도 2 참조)는 상향 변환된 신호($p(t)$)를 증폭한다(S150). 전력 증폭기(140)는 상향 변환된 신호($p(t)$)를 대역 통과 필터(150, 도 2 참조)로 출력한다. 대역 통과 필터(150)는 증폭된 신호를 대역 통과 필터링한다(S160). 대역 통과 필터(150)로부터 필터링된 신호는 안테나를 통하여 송신된다(S170).

[0053] 본 발명의 실시 예에 따른 증폭 구조(100)는 아래와 같은 효과들을 갖는다.

[0054] 첫째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 중간 주파수 입력신호에 대해 델타-시그마 변조 동작을 수행하기 때문에, 일반적인 그것과 비교하여 델타-시그마 변조 동작 속도를 현저하게 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 중간 주파수가 100MHz 이고, 델타-시그마 변조기(110)가 입력 중심 주파수의 3배로 동작할 때, 델타-시그마 변조 동작 속도는 300MHz이다.

[0055] 둘째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 전력 증폭기(140)를 구동하는 신호의 최소 구간을 늘어나게 함으로써, 전력 증폭기(140)의 스위칭 소자 사양을 완화시킬 수 있다. 예를 들어, 반송파 주파수가 3.5GHz이고, 델타-시그마 변조기(110)가 반송파 주파수의 3배로 동작하는 경우와, 중간 주파수가 100MHz인 HSI 형상 및 LSI 형상을 적용하여 전력 증폭기(140)를 구동할 때의 구동 신호의 최소 구간이 표 1에 나타나 있다.

표 1

구분	일반적인 Class-S 형상	HSI 형상	LSI 형상
구동신호의	95.24 ps	138.9 ps	147.1 ps
최소 구간	1/(10.5GHz)	1/(2 x 3.6GHz)	1/(2 x 3.4GHz)

[0057] 셋째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 일반적인 Class-S 증폭기와 비교하여, 전력 증폭기를 구동하는 신호의 최대 구간과 최소 구간의 비를 줄임으로써, 전력 증폭기의 입력 매칭을 용이할 수 있다.

[0058] 넷째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 일반적인 Class-S 증폭기와 비교하여, 전력 증폭기를 구동하는 신호의 DC 주변 저주파 전력을 현저하게 감소시킨다. 따라서, 전력 증폭기에서 AC 커플링이 사용될 수 있다.

[0059] 다섯째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 중간 주파수의 입력에 대해 델타-시그마 변조를 수행하고, 델타-시그마 변조 동작 속도에 동기화된 국부 발진 신호(데이터 변조 속도의 정수배)를 사용하여 상향 변환하는 HSI 형상과 LSI 형상을 모두 고려함으로써 스위칭 소자 특성에 따라 최적의 드레인 효율을 얻을 수 있다.

[0060] 여섯째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 HSI 형상과 LSI 형상을 모두 고려함으로써 LSI 형상의 드레인 효율이 더 나쁘더라도 이를 선택하여 스위칭 소자의 사양을 완화시킬 수 있다.

[0061] 일곱째, 본 발명에 따른 증폭 구조(100)는 HSI 형상과 LSI 형상을 모두 고려하여 드레인 효율이 받아들일 수

있는 수준이면 중간 주파수를 상용 기지국 시스템의 중간 주파수로 가져감으로써, 기존의 기지국 시스템을 변경 없이 사용할 수 있다.

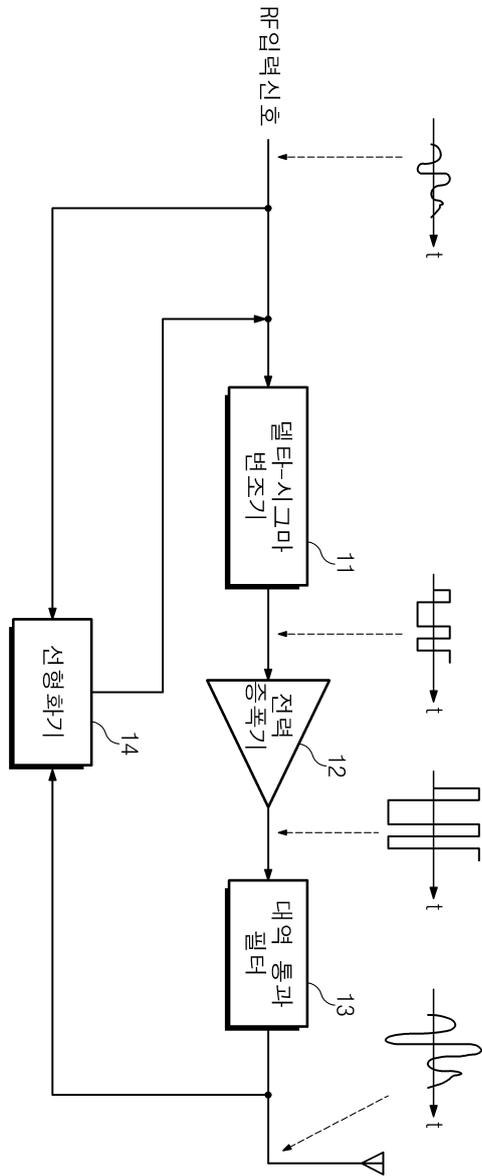
[0062] 한편, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지로 변형할 수 있다. 그러므로 본 발명의 범위는 상술한 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허 청구범위뿐만 아니라 이 발명의 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

- [0063]
- 100: 증폭 구조
 - 110: 델타-시그마 변조기
 - 120: 상향 변환기
 - 130: 국부 발진 신호 발생기
 - 140: 전력 증폭기
 - 150: 대역 통과 필터
 - 160: 선형화기

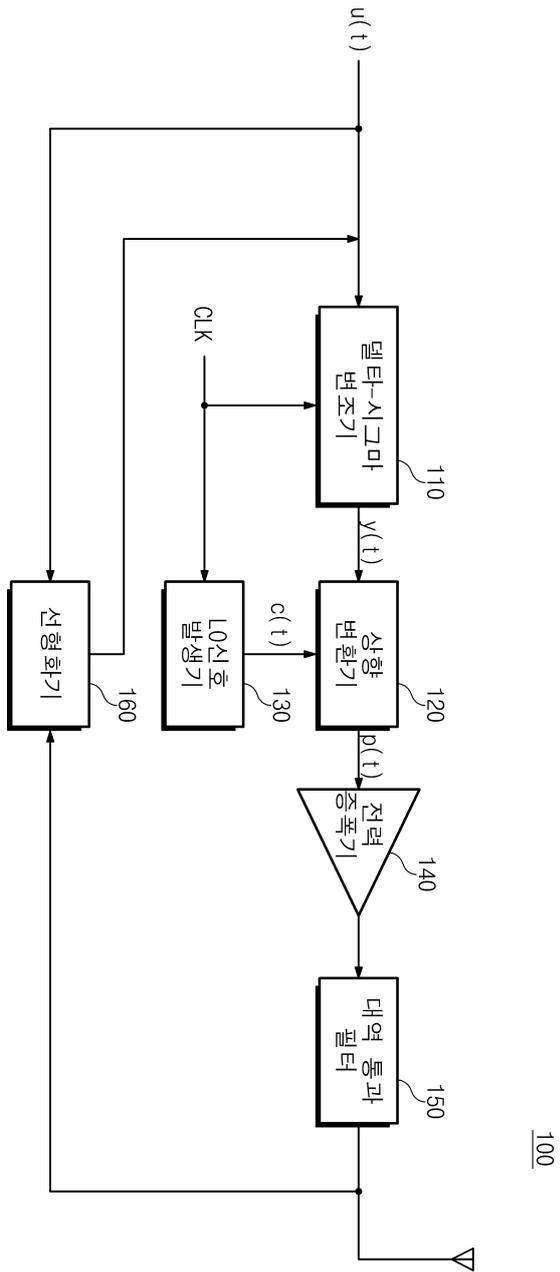
도면

도면1

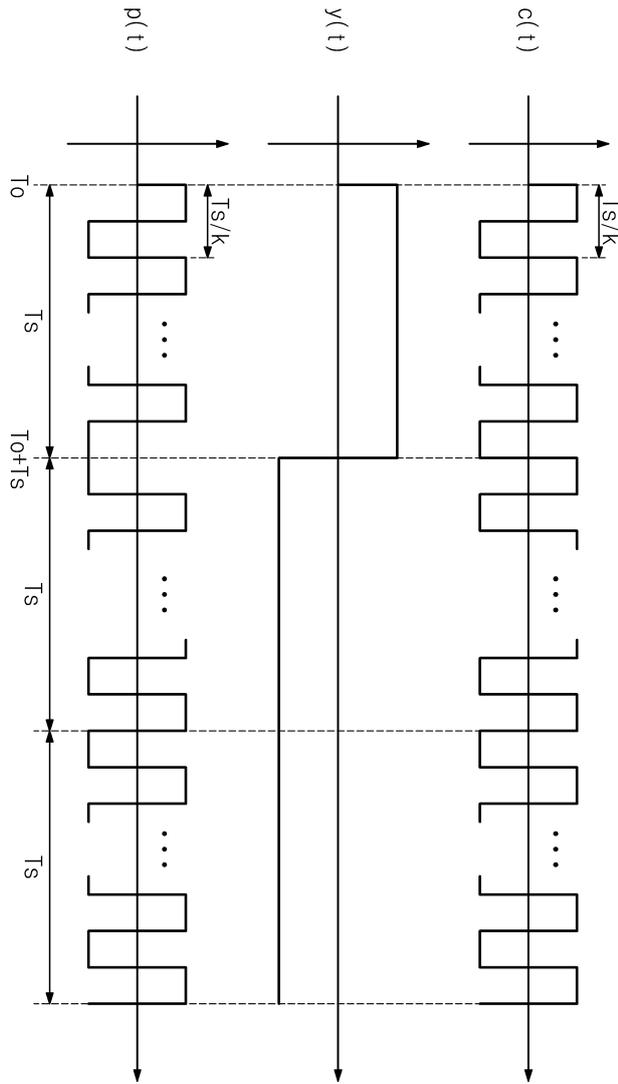


10

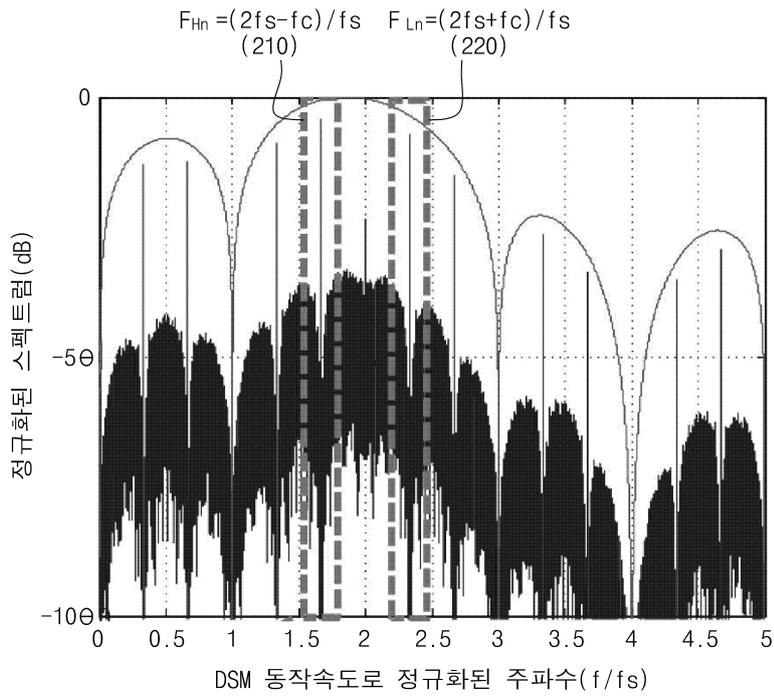
도면2



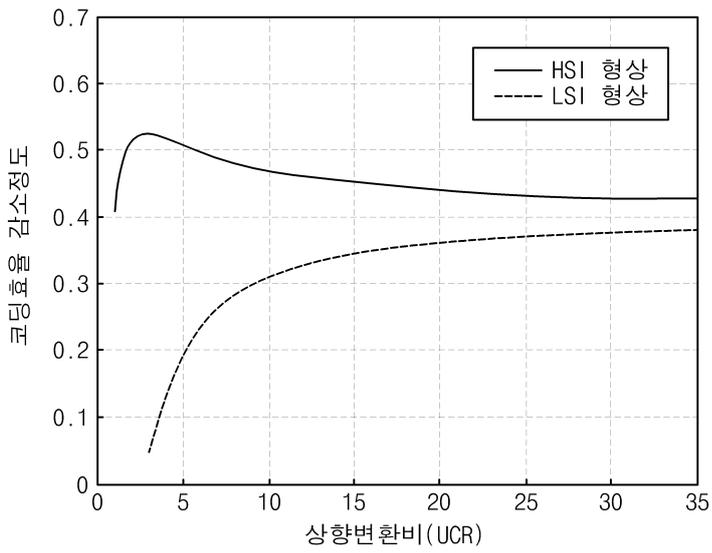
도면3



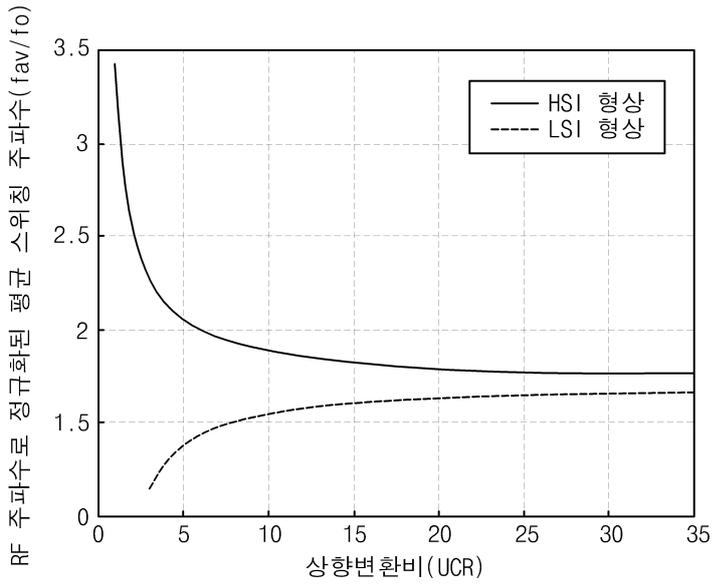
도면4



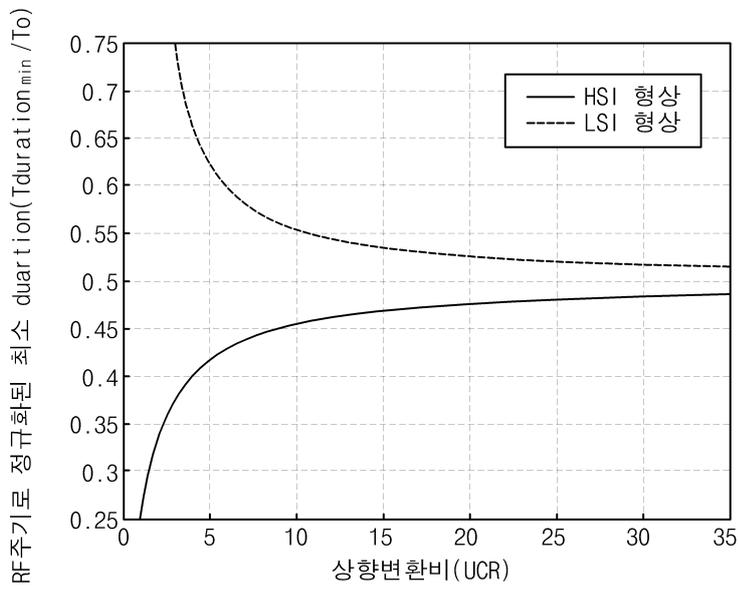
도면5



도면6



도면7



도면8

