

Differential Beacon 수신기 개발

Development of Differential Beacon Receiver

정 일 영, 손 석 보, 윤 상 준, 이 상 정

충남대학교 전자공학과 (Tel: 825-3991; Fax: 823-4494; E-mail: jjang@cslab.chungnam.ac.kr)

Abstract This paper presents the structure and functions of the differential beacon receiver for receiving DGPS error correction data. The differential beacon receiver is designed using commercially available components. Its functions are being implemented and tested in laboratory. Filed test is scheduled for the end of this year.

Keywords GPS, DGPS, Beacon Receiver, MSK

1. 서론

Global Positioning System(GPS)은 정밀한 위치의 계산 및 정확한 시간을 알아내는 시스템으로 선박, 자동차 항법 및 surveying, timing synchronization, 군용 시스템 등의 특수 분야뿐만 아니라 광역 스포츠 등의 일반적인 분야에 폭 넓게 적용되고 있다. 그러나, 현재 사용되는 일반적인 GPS 수신기(위성신호만을 사용하는 수신기)를 사용하는 경우에는 대류 및 전리층 지연, 미국방성이 GPS가 타국의 군사적 목적으로 전용되는 것을 방지하기 위하여 임의로 인가하는 위성 clock의 dithering과 항법 메시지 오차로 인한 Selective Availability 등에 의해 100m이내의 오차를 갖는다. 이와 같은 이유로 GPS 수신기만을 선박의 항만 입항이나 항공기의 착륙유도장치로 사용하는 것은 심각한 안전문제를 야기시킬 수 있다. 따라서, GPS 수신기를 이와 같은 용도로 사용하기 위해선 이러한 오차를 줄여 위치 정확도를 개선하는 방법이 요구된다.

GPS 수신기 오차의 해결책으로 자신의 위치를 정확히 알고 있는 기지국(Reference Station)에서 위성신호의 오차를 계산하여, 각 GPS수신기 시스템에 위치 교정에 필요한 정보를 실시간으로 무선방송하고 각 수신기에서는 이를 받아서 자기의 정확한 위치를 계산하는 Differential GPS가 제안되었으며 현재 상용화되고 있는 중이다. 이 DGPS를 운용할 경우 위치 오차를 3m 이하로 줄일 수 있는 것으로 알려져 있어 시계가 불분명한 상황에서도 선박의 항만 입항이나 항공기의 착륙유도를 할 수 있다. 이와 같은 DGPS 운영을 위해서 현재 가장 유망한 방법중의 하나는 선박의 경우 항만에 설치되어 있는 전파 방향 탐지 시스템인 Beacon 시스템을 활용하는 것이다. 이와 같은 접근 방법은 항만뿐만 아니라 공항 관제에도 활용할 수 있는 방법이다. 기지국에서는 자신의 정확한 위치와 GPS 위성신호로부터 추정된 위성오차정보를 Minimum Shift Keying(MSK) 방식으로 변조해서 283.5KHz- 325.0KHz 대역의 Radio신호로 방송하고 있다. 본 논문에서 설계된 Differential Beacon Receiver는 이러한 방송신호를 수신하고 복조해서 GPS 수신기에 전달해주는 일종의 무선모뎀으로 DGPS시스템의 구성 요소 중에서 가장 중요한 부분의 하나이다.

2. Beacon Receiver 기능 및 구조

2.1 기능

정확한 절대위치를 알고 있는 기지국은 각각의 GPS위성에서 수신한 신호의 오차보정데이터를 50, 100, 200bps의 RTCM-SC104 형식으로 구현하고 이 데이터를 MSK 변조하여 283.5KHz ~ 325.0KHz의 대역 폭을 갖는 무선 채널로 방송한다. 각 Beacon 기지국마다 bit rate와 방송 주파수가 정해져 있고 방송 주파수의 차이는 500Hz의 정수 배로 정해져 있다. 모든 Beacon 기지국에서는 데이터를 규격화된 RTCM-SC104 Format으로 맞추어 송신하고 있으며, 이 데이터 중에는 Beacon 기지국의 위치 정보, GPS오차 정보 및 기타 정보가 포함되어 있다. 본 논문에서 설계된 시스템은 Beacon 기지국에서 MSK로 변조하여 방송하는 RTCM-SC104 형식의 위성신호 오차정보를 수신하여 RTCM-SC104 bit stream을 복조하고 GPS 수신기에 RS-232나 RS-422를 이용한 시리얼 통신으로 실시간 전송하는 기능을 갖는다. 그림 1은 Differential Beacon Receiver 의 기능을 나타낸 것이다.

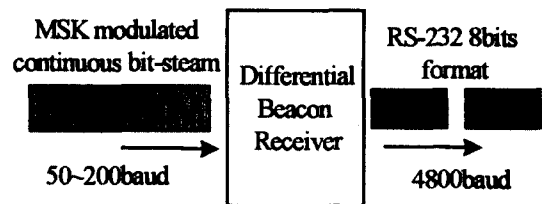


그림 1. Differential Beacon Receiver의 기능.

Fig. 1. The function of Differential Beacon Receivers.

2.2 구조

Differential Beacon Receiver는 그림 2와 같이 기지국에서 283.5KHz ~ 325.0KHz의 대역폭을 갖고 방송되는 신호를 수신

하는 아날로그 블록과 수신된 신호를 MSK 복조하는 디지털프로세싱 블록, 그리고 GPS 수신기로의 데이터 전송, LCD 디스플레이, Key 입력 등을 다루는 인터페이스 블록의 3개의 부분으로 구성되어 있다.

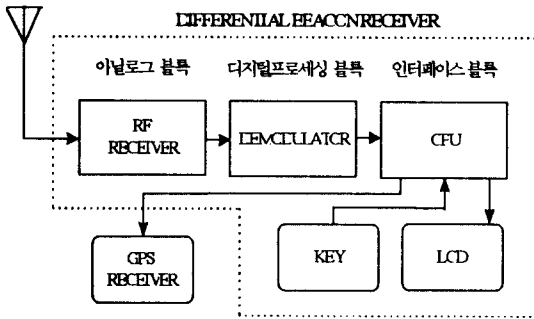


그림 2. Differential Beacon Receiver 구성도.

Fig. 2. The structure of Differential Beacon Receivers.

아날로그 블록은 그림 3과 같이 8개의 부분으로 나누어져 있다. 안테나에서 받은 신호를 1차, 2차의 캐리어 주파수 다운을 통하여서 A/D 변환기에는 항상 일정한 캐리어 주파수를 가진 신호가 변환된다.

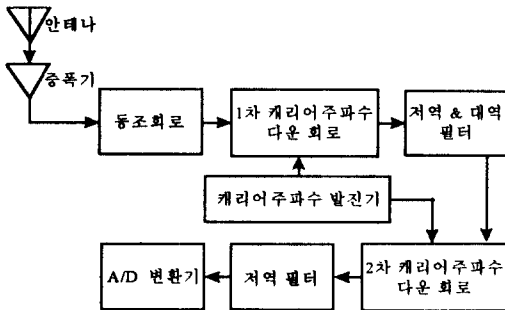


그림 3. 아날로그 블록 구성도.

Fig. 3. Block diagram of Analog Part.

디지털프로세싱 블록과 인터페이스 블록에서는 텍사스 인스트루먼트사의 TMS320C25를 DSP 칩으로, 모토롤라사의 MC68302를 CPU 칩으로 하였다. TMS320C25는 가격이 저렴한 고정소수점 연산자로서 CPU와 병행되어 CPU의 로드를 줄여 주고 또한 CPU 단독으로 쓰일때보다 신뢰도를 높일 수가 있다. MC68302는 내부에 타이머, 카운터, 통신채널, 디코딩 회로 등을 가지고 있기 때문에 부가적인 회로 구성이 없이 시스템을 간단하게 구성할 수 있다. 설계된 Differential Beacon Receiver는 개발용 프로토타입으로써 메모리인 ROM과 RAM이 DSP와 CPU에 각각 쓰이고 있지만 제품화 할 때는 DSP에 쓰인 ROM과 RAM은 DSP 내부의 메모리를 이용할 수 있어 시스템이 간단해질 수 있다. DSP가 계산을 전용으로 한다면 CPU는 GPS 수신기와의 통신, LCD 디스플레이, KEY 입력 등을 담당하게 된다.

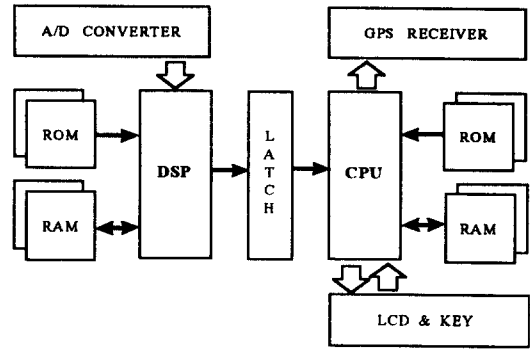


그림 4. 디지털프로세싱 블록 & 인터페이스 블록 구성도.

Fig. 4. Digital Processing Block & Interface Block.

2.3 아날로그 블록

능동 안테나 (Active Antenna)

안테나 이득을 높여 미약한 신호를 잘 포착할 수 있도록 하기 위해 LNA가 있는 능동안테나를 사용한다.

1차 증폭단 및 1차 수동 동조회로 (Passive Tuning Circuit)

안테나로부터 입력되는 신호를 6배정도 증폭하고, 수동 동조회로를 통하여 반송 주파수 대역인 283.5KHz ~ 325.0KHz만을 걸러낸다.

1차 캐리어 주파수 다운회로 (Programmable Carrier Down Converting Circuit)

MSK변조신호에서 본래의 디지털신호를 얻기 위해서는 캐리어와 같은 주파수와 위상이 같은 로컬 캐리어를 S(t)에 곱해주어야한다. 설계된 Beacon Receiver는 1차와 2차의 캐리어 주파수 다운과정을 거쳐 DSP가 복조하여 처리할 수 있도록 했다.

1차 캐리어 주파수 다운회로는 283.5KHz로부터 325.0KHz의 대역을 갖는 신호를 $50K \pm \alpha Hz$ 의 고정 캐리어 주파수를 갖는 신호로 변환시키는 역할을 한다. 그림 5에 보인 1차 캐리어 주파수 다운 회로의 구현 원리는 다음과 같다.

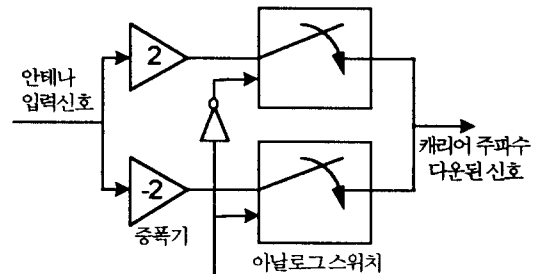


그림 5. 캐리어 주파수 다운 회로.

Fig. 5. Carrier frequency down-converter.

수신된 신호는 일정한 주기와 180°의 위상차를 가진 클럭에 의해 동작되는 아날로그 스위치의 스위칭 동작과 고주파항을 제거하는 저역 필터, 50KHz를 중심으로 하는 대역 필터를 이용하면 캐리어의 주파수를 다운 시킬 수 있다.

수신된 캐리어의 주파수 크기에 따라 스위칭을 하는 클럭의

주기를 조절하여 다운된 캐리어 주파수가 50KHz 근방이 되도록 한다.

캐리어 주파수 발진기 (Local Oscillator)

캐리어 주파수 발진기는 1차 캐리어주파수 다운회로의 아날로그 스위치를 구동하기 위한 클럭 신호, 2차 캐리어 주파수 다운 회로의 아날로그 스위치를 구동하기 위한 클럭 신호)와 A/D 컨버팅 회로의 샘플링 클럭을 발생시키는 회로이다.

0 ~ 327.67KHz의 범위를 갖는 프로그램 가능한 클럭은 1차 캐리어 주파수 다운 회로로 공급되고, 50.4123KHz로 고정된 주파수를 갖는 클럭은 2차 캐리어 주파수 다운회로로 공급된다. 회로의 ML2036의 구동 클럭이 10.48576MHz이므로 이 소자가 갖는 주파수 resolution은 $1.25Hz(=10.48576MHz/2^{23})$ 이고 따라서 1차 캐리어 주파수 다운회로의 입력으로 사용되는 클럭의 resolution은 12Hz이다.

증폭단 및 대역 통과 능동필터 (Amp. and active Band Pass filter)

프로그램할 수 있는 개인 소자를 사용하여 일정한 신호 레벨을 유지하도록 할 수 있고, 한 개의 칩과 저항들만으로 구성된 대역 통과 필터를 구현한다.

전단의 1차 캐리어 주파수 다운 회로는 튜닝하려는 주파수의 신호를 50KHz근방으로 떨어뜨리므로 높은 Q-parameter, 중심주파수 50KHz, band-width 500Hz인 대역 통과 필터를 구현하면 높은 선택도와 잡음 제거능력을 갖는다.

2차 캐리어 주파수 다운회로 (carrier Down Converting to Fixed frequency circuit)

이 회로는 1차 캐리어 주파수 다운회로와 같은 동작원리를 갖지만, 이미 튜닝하려는 신호가 1차 캐리어 주파수 다운회로에 의해 낮은 캐리어 주파수(50KHz근방)를 가지고 있으므로, 50.4123KHz의 고정 스위칭클럭에 의해 구현한다.

필터 및 증폭회로

전단의 2차 캐리어 주파수 다운회로에 의해 발생된 고주파 성분을 제거하고 원하는 신호만을 얻기 위한 저역 통과 필터와 신호 강도를 보강하기 위한 프로그램 가능한 증폭 회로로 구현된다.

A/D 컨버팅 회로 (Serial 16bit fast A/D converter)

아날로그 부분의 최종 단으로 아날로그 회로만으로 구현하기 어려운 MSK복조를 구현하기 위해 아날로그 신호를 디지털신호로 바꾸는 역할을 담당한다. 높은 resolution보다 속도가 우선되는 회로이다.

위와 같이 설계된 아날로그 블록은 현재 구현되었지만 실제 필드 검증은 아직 못한 상태이고 시험실 수준에서 간단히 검증만 한 상태이다. 따라서 디지털프로세싱 블록은 2차 캐리어 주파수 다운이 이루어진 상태라고 가정하고 아날로그 블록의 최종 단인 A/D 컨버팅 회로를 첨가하여 구현을 하였다. 그리고 이 블록에 주입되는 신호(2차 캐리어 주파수 다운이 된 신호)는 별도의 다른 시스템을 이용하여 생성했다.

2.4 디지털프로세싱 블록

DSP 회로

디지털프로세싱 블록은 아날로그 블록에서 하드웨어적으로 구현하기 어려운 부분을 DSP를 이용하여 소프트웨어적으로

구현한 가장 핵심적인 부분으로서 MSK 복조에서 가장 중요한 캐리어 주파수 트래킹, 로컬 캐리어 공급기 및 디지털 필터를 이용한 데이터 추출을 하고, 그 결과를 시스템전체를 관장하는 CPU에 전달하는 역할을 한다. 본 논문에서 설계된 Differential Bacon Receiver는 TMS320C25(50MHz fixed-point processor)를 이용하여 구성하였다.

DSP전용 A/D converter를 통해 디지털화 된 신호는 다음의 MSK 복조 알고리즘에해 복조되며 그림 6은 복조알고리즘의 블록선도이다.

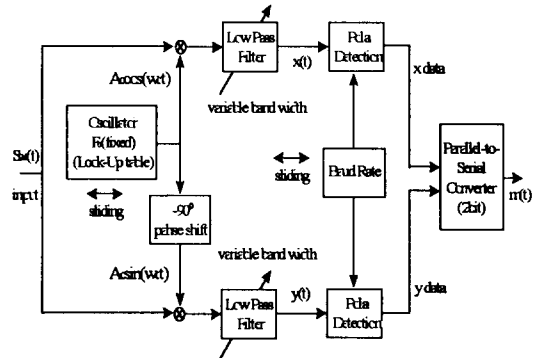


그림 6. MSK 복조 블록선도.

Fig. 6. Block Diagram of MSK Demodulation Part.

$S_{2a}(t)$ 는 두 번의 캐리어 주파수 다운 회로를 통과한 MSK 신호를 A/D 컨버터를 통하여 디지털신호로 바뀐 이산신호이다. 이 신호를 만들기 위한 샘플링 rate는 매우 중요한 요소이다.

Look-Up table을 이용한 소프트웨어 local carrier oscillator

로컬 캐리어의 주파수 및 샘플링 시간을 알기 때문에 로컬 캐리어는 Look-Up table을 이용하였다.

캐리어와 로컬 캐리어의 위상차가 없어야만 원래의 신호를 복구할 수 있다. 따라서, 캐리어와 로컬 캐리어사이의 위상차(θ)를 없애기 위한 알고리즘이 필요하게된다. 알고리즘의 기본개념은 신호가 복구되어 나오지 않는 경우 Look-Up table Index를 변경시키는 것이다. 즉 공급하는 로컬 캐리어를 미끄러뜨리는 방법(Sliding carrier)을 사용하여 locking을 시킬 수 있다.

Low-pass filter

$S_{2a}(t)$ 에 locking된 로컬 캐리어를 곱하여 $x(t)$, $y(t)$ 각각 뽑아내기 위한 것으로 Q채널과 I채널에 삽입한다. 레퍼런스 스테이션에 따라 다른 데이터전송률이 설정될 수 있으므로 cut-off 주파수를 각각에 대해 달리할 수도 있다.

Pola Detection

문턱값을 설정하고, x data(y data)를 검출하기 위한 부분으로 신호의 검출 여부를 결정할 수 있고, 문턱값에 따라 검출된 신호의 SN비를 결정할 수 있으며, 튜닝하려는 MSK bit rate에 따라, 검출되는 x data(y data)의 bit전송률을 결정한다.

Parallel to serial converter (2bits)

x data(Q 채널)와 y data(I 채널)를 교대로 선택해 본래 정보데이터인 $m(t)$ 를 복구해낸다.

3. 결 론

GPS 수신기의 오차 해결책으로 정확한 위치를 알고 있는 기지국에서 방송되는 위성 신호의 오차 정보를 수신하여 GPS 수신기가 자신의 위치를 교정할 수 있는 DGPS가 제안되었다. 현재 유용하게 사용되고 있는 DGPS 방법으로는 전파 방향 탐지 시스템인 Beacon 시스템을 사용하는 것이다. 본 연구에서는 RF 수신부와 TMS320C25 DSP 칩과 MC68302 CPU 칩을 이용하여 Differential Beacon Receiver를 설계하였고, 이 수신기는 Beacon 기지국에서 위성 신호의 오차 정보를 MSK 변조 하여 방송하고 있는 신호를 수신하여 GPS 수신기에 전달해주는 일종의 무선 모뎀으로 DGPS 시스템 구성에 중요한 요소가 된다.

국내외적으로 Beacon 기지국이 건설되고 있는 시점에서 설계 제작되고 있는 Differential Beacon Receiver는 국내에서 처음으로 제작중이고 또한 그 상업적 가치가 크다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] MOTOROLA, *MC68302 INTEGRATED MULTIPROTOCOL PROCESSOR USER'S MANUAL*, MOTOROLA INC., 1991.
- [2] TEXAS INSTRUMENTS, *TMS320C2X USER'S GUIDE*, TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, 1995.
- [3] Alfred Leick, *GPS SATELLITE SURVEYING*, JOHN WILEY & SONS, INC. 1995.
- [4] Hiroshi Suzuki, Yasushi Yamao, Hiroyuki Kikuchi, "A Single-Chip MSK Coherent Demodulator for Nobile Radio Transmission," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. VT-34, No.4, Nov. 1985.
- [5] Allan R. Hambley, Osamu Tanaka, "Generalized Serial MSK Modulation," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-32, No.3 Mar. 1984.