CBTC에서의 위치추적을 위한 GPS 신호처리의 저전력 알고리듬에 관한 연구

김성현*, 신찬욱*, 김인수**, 민형복*
성균관대학교 정보통신공학부*, 장안대학교 인터넷정보통신과**

A Study on Low Power Algorithm of GPS Signal Processing for Positioning in CBTC(Communication Based Train Control)

Sung-Hyun Kim*, Chanuk Shin*, Insoo Kim**, Hyoung Bok Min*
Information & Communication Engineering Sungkyunkwan University*, Internet Communication Jangan University**

Abstract - 철도운영효율 향상을 위하여 첨단 기술을 기반으로 하는 스마트 철도 기술에 대한 개발 및 실용화 사업이 전 세계적으로 진행 중에 있다. 철도의 수송력 증대와 운영비용 감소 및 시스템 변경 용이성 등의 장점을 극대화하기 위하여 기존의 궤도회로 중심의 열차제어 시스템에서 통신기술을 기반으로 하는 열차제어시스템으로의 전환을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 CBTC 시스템에서 GPS 시스템의 적용 타당성 여부를 검증하였고 CBTC 시스템에서의 위치 정보 수신을 위한 GPS 수신데이터의 정합 알고리듬에 관한 저전력 분할 연산 알고리듬을 설계하여, 본 논문에서 제안한 코드는 기존의 수신데이터의 정합알고리듬 대비 2% 면적이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 또한 전력소모가 7% 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

무선 통신에 기반한 CBTC 시스템은 현대의 자동 열차 제어 시스템의 주요한 추세가 되어가고 있다. CBTC 시스템은 기존의 궤도 회로 기반의 시스템에 비해 더욱 가까운 열차 간 운전 간격을 안전하게 유지시킬 수 있도록 하고 열차 제어에 있어서 큰 유연성과 정확성을 보장하여 철도 기반 시설의 보다 효율적인 이용을 가능하게 한다[1].

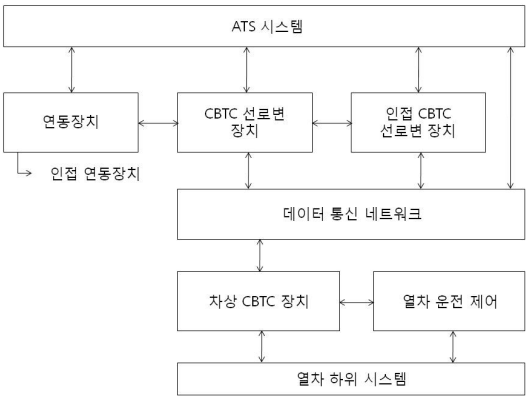
본 논문에서는 CBTC 시스템의 전체적인 구조를 토대로 차상 위치 시스템에서의 GPS 시스템 적용 타당성 여부를 조사하였고 현재 적용되고 있는 GPS 수신데이터의 정합 알고리듬을 저전력 소모 알고리듬으로 구현하여 이를 분석하여 우수성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 CBTC

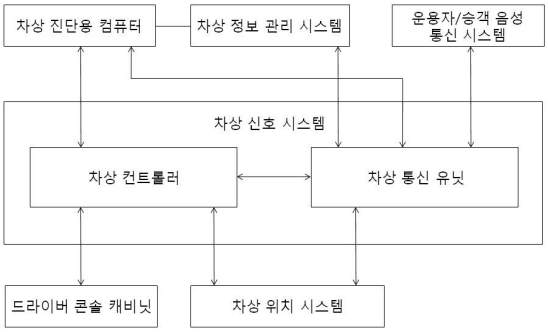
CBTC와 같은 통신기반 열차제어시스템은 궤도회로 대신 무선통신설비를 사용하여 지상-차상 간 연속적인 양방향 통신을 구현한다. 이러한 열차제어시스템은 폐색 구간에 의한 안전거리 대신 선행열차와 후속열차의 주행속도와 제동성능을 토대로 안전간격을 확보한다. 이로 인해 열차 편성수를 늘릴 수 있고 폐색구간마다 궤도회로를 설치할 필요가 없으며 별도의 정보 전송장치를 설치할 필요가 없기 때문에 지상설비의 수가 감소되어 유지보수의 비용을 감소시킬 수 있다[2].

CBTC의 전체적인 시스템은 그림 1과 같다. 무선 통신으로 통신망을 통해 자동열차감시(ATS) 시스템과 열차 하위 시스템을 연결한다. 그동안 미국을 중심으로 CBTC라는 이름으로 IEEE에서 기능 및 성능에 대한 표준화 작업이 진행되어왔다[3].



<그림 1> 일반적인 CBTC 시스템의 기능적 블록도

CBTC 시스템은 다양한 하부 시스템으로 구성된다. 따라서 서로 다른 기능을 하는 하부 시스템들을 통합하여 안전하고 신뢰성 높은 안정한 시스템을 구축하는 것이 중요한 사안이 되고 있다. 차상 위치 시스템은 무선 통신을 통하여 차상 통신 제어 유닛으로부터 지상의 감시 센터인 자동열차감시(ATS) 시스템으로 열차의 위치 정보를 전송한다[4]. 이와 같은 차상 인터페이스 구조는 그림 2와 같다.



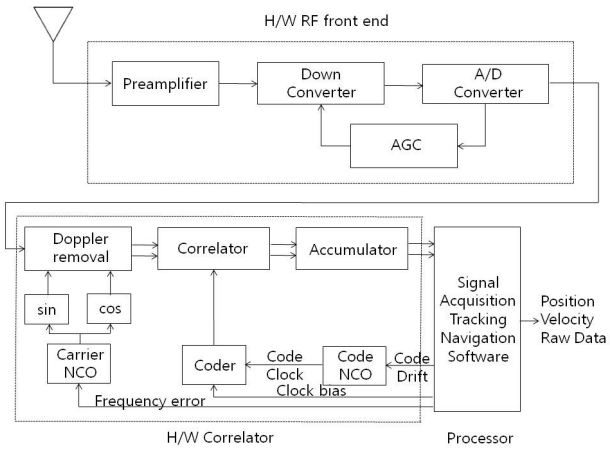
<그림 2> CBTC 시스템의 차상 인터페이스

선로변 설비를 기준으로 한 열차검지기술과는 다르게 차상 설비를 기준으로 한 열차검지기술에는 트랜스폰더, GPS, 관성항법장치(INS), 통신기반 위치측정 장치 등이 있다[2]. 차상설비를 기준으로 한 열차검지기법에서는 차상 컴퓨터에서 열차 위치를 결정한 후 이 정보를 필요로 하는 장치나 시스템에 전달한다. 보다 효과적인 위치 측정을 위해서는 이러한 기법들을 조합한 열차위치 검지 시스템의 정립이 필요하다.

이러한 열차를 제어하기 위한 실시간 열차 위치 검지 기술 중 GPS를 이용한 연구가 많이 이루어져 왔고 그 우수성이 여러 연구들에 의하여 입증되었다[5]-[8]. 또한 철도 환경에 GPS 적용시의 여러 문제점과 이에 대한 대안도 마련되어 왔다[9]-[10]. GPS 시스템을 통합한 단일화 CBTC 시스템을 위해서는 GPS 시스템의 저전력화가 필요하다.

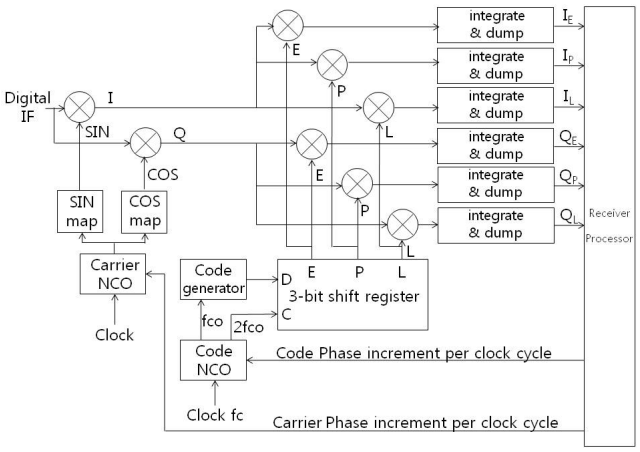
2.2 GPS system

GPS는 위치, 시간, 기상 등에 관계없이 항법 정보를 제공할 수 있기 때문에 수많은 응용분야에 사용되고 있다. 그림 3은 일반적인 GPS 시스템에 관하여 나타낸 것이다[10]-[12].



<그림 3> GPS 수신기 블록도

기본적으로 C/A, P코드 및 L1, L2 반송파 신호를 이용한 GPS 항법 계산 알고리듬은 실시간으로 개발되었다[13].



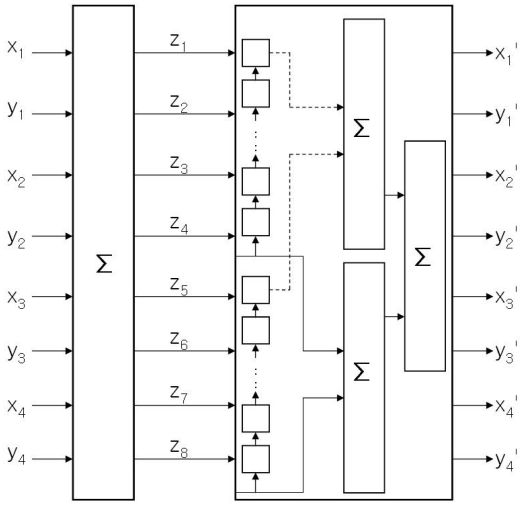
<그림 4> 추적 루프 시스템의 구조

일반적인 GPS 수신기의 상관기를 이용하여 정합 알고리듬은 그림 4와 같이 나타낸다. 본 논문에서는 GPS 수신기의 추적 루프 시스템의 정합 동기화 코드를 개선하여 기존의 직렬연산 코드를 분산 정합 알고리듬을 통해 전력소모를 최소화하였다.

가산기와 shift 연산기로 입력 신호의 비트 수만큼 반복하여 연산하는 과정으로 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

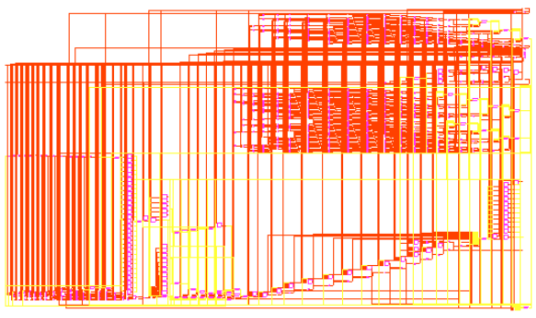
$$x(i)' = z_n c_i - z_{n+1}(-s_i)$$
$$y(i)' = z_{n+1} c_i + z_n(-s_i) \quad (1)$$

아래 그림 5는 식(1)을 블록도로 나타내었다.



<그림 5> New partial Arithmetic 연산 필터 구조

2.3 실험 시뮬레이션 및 실험 결과



<그림 6> 제안한 알고리듬 LAYOUT

<표 1> 기존의 구조와 비교분석

구 분	기존의 구조	제안한 구조
Power	87.74mW	82mW
Gate	15,052	14,708

본 논문에서 제안한 정합 알고리듬의 저전력 설계 알고리듬을 VHDL로 구현하고 이를 Synopsys로 합성하여 결과를 나타내었다. 표 1에서와 같이 종래의 기술에 비해 전력소모가 약7% 감소된 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 GPS 수신데이터의 정합 알고리듬의 저전력화를 제안하여 이를 통해 CBTC 시스템에서의 저전력화를 도모하였다. 그 결과 기존의 연산처리 코드의 전력소모대비 7% 감소하였으며, 면적이 2% 감소하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 부분 정합 연산을 통한 알고리듬은 저전력화로 인해 쉽게 적용할 수 있다는 장점을 가진다. 즉, 앞으로 GPS 시스템과 통합된 단일화 CBTC 시스템을 구현하기 위해 보다 GPS 시스템을 효율적으로 적용할 수 있도록 설계하였다는데 의의가 있다. 많은 저전력 및 고속화 알고리듬이 앞으로 연구되어야하며, 종래의 방식에 대한 개선된 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] IEEE Std 1474.2-2003, "IEEE Standard for User Interf- ace Requirements in Communications-Based Train Control(CBTC) Systems", IEEE, 2003

[2] 이재호, "스마트 열차 제어 시스템 기술 연구", 한국철도기술연구원, 2006

[3] IEEE Std 1474.1-1999, "IEEE Standard for Communications -Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements", IEEE, 1999

[4] Xiaoqing Zeng, Chenliang Tao, Tao Bai, "Study on the functions and characteristics of interfaces in CBTC", WiCOM'09 Proceedings of the 5th International Conference on Wireless communications networking and mobile computing, 5512-5515, 2009

[5] 한영재, 목진용, 김기환, 김석원, 은종필, "GPS를 이용한 위치검지시스템 개발", 한국철도학회 2007년도 춘계학술대회논문집, pp. 80~85, 2007

[6] 신경호, 정의진, 이준호, "GPS/DR기반의 차상열차위치검지방안 연구", 한국철도학회 2006년도 추계학술대회논문집, pp. 55~62, 2006

[7] 김현수, 김말수, 김정욱, 유성호, 류명선, 최창호, "정밀 열차 위치 제어를 위한 확장형 칼만 필터 제어기가 적용된 GPS System 설계", 2007년도 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp. 355~356, 2007

[8] A. Polivka, A. Filip, "Satellite-Based Positioning for CBTC", Proceedings of the second international conference Reliability, safety and diagnostics of transport structures and means 2005

[9] 온정근, 심재복, 권기진, 최영하, "GPS방식의 열차접근경보기의 지형에 따른 영향 분석", 한국철도학회, 제9권 6호, pp. 87~92, 2004

[10] 김보관, "L1/L2 dual-band GPS 수신기용 디지털 상관기 설계", 충남대학교, 2000

[11] "스마트열차제어시스템기술연구", 철도기술연구원, 2006

[12] 민근홍, "무선통신기반 열차제어시스템의 지하구간 무선통신망 신뢰도 향상에 관한 연구", 서울산업대학교, 2008

[13] 홍성일, "GPS 동기신호 수신기 개발에 관한 연구", 동아대학교, 1996