

Wavelet Denoising Filter를 이용한 측위 정밀도 향상 기법 성능

신동수*, 박지호**, 박영식**, 황유민**, 김진영**

A Performance of Positioning Accuracy Improvement Scheme using Wavelet Denoising Filter

Dong Soo Shin*, Ji Ho Park**, Young Sik Park**, Yu Min Hwang**, Jin Young Kim**

요 약

최근, 현대전은 GPS 위치측위를 바탕으로 정밀타격체계 및 미사일 방어체계가 핵심이 되어가고 있다. 하지만 군 환경 특성상 산악지형 및 시가전에서의 지형지물로 인한 large/small scale fading, 주파수 간섭 등으로 인해 오차를 가진 위치정보를 얻게 된다. 이는 아군 위치 파악 실패로 인한 지원 지연 및 유도탄 오폭으로 인명피해를 발생시키게 된다. 본 연구는 위치오차를 보정하기 위해 wavelet denoising filter를 이용한 간섭완화 측위기법을 제안한다. 실험 결과는 본 연구실에서 수행한 GPS/QZSS/Wi-Fi밀결합 측위 기법의 실증 테스트 결과와 wavelet denoising filter를 적용한 시스템의 시뮬레이션 결과로 간섭완화 성능을 나타낸다. Wavelet denoising filter를 적용한 시스템의 시뮬레이션 결과는 기존 GPS보다 평균 21.6%의 정확도 향상을 보이며 제안한 시스템 모델의 우수성을 입증한다.

Key Words : Global Positioning System, Global Navigation Satellite System, Interference Mitigation, Wavelet Transform, Wavelet Denoising Filter.

ABSTRACT

Recently, precision guided munition systems and missile defense systems based on GPS have been taking a key role in modern warfare. In warfare however, unexpected interferences cause by large/small scale fading, radio frequency interferences, etc. These interferences result in a severe GPS positioning error, which could occur late supports and friendly fires. To solve the problems, this paper proposes an interference mitigation positioning method by adopting a wavelet denoising filter algorithm. The algorithm is applied to a GPS/QZSS/Wi-Fi combined positioning system which was performed by this laboratory. Experimental results of this paper are based on a real field test data of a GPS/QZSS/Wi-Fi combined positioning system and a simulation data of a wavelet denoising filter algorithm. At the end, the simulation result demonstrates its superiority by showing a 21.6% improved result in comparison to a conventional GPS system.

I. 서 론

최근 선진국들의 우주경쟁을 뚜렷하게 보여주는 분야 중 하나가 바로 GNSS(Global Navigation Satellite System)이다. GNSS라는 단어가 생소한 사람도 매일 GNSS를 사용하고 있을 것이다. 자동차의 네비게이션 등 우리의 일상에 널리 사용되는 GPS(Global Positioning System) 신호가 바로

GNSS의 한 종류이기 때문이다. 현재 우리나라를 포함한 전 세계 국가들이 가장 많이 사용하고 있는 GPS는 1973년부터 군사용을 목적으로 미국 국방성에서 개발되기 시작하였는데, 당시 민간에서 사용할 수 없던 GPS는 1983년 소련의 대항공 여객기 격추사건을 계기로 1990년부터 민간에게도 개방되어 미국에서 제공하고 있다. 이러한 미국의 GPS 시스템은 유사시 미국에서 GPS 신호를 암호화하는 등 전략적으

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2014R1A5A1011478).

*방위사업청 육군 중령 (sds009@daum.net)

**광운대학교 유비쿼터스 통신 연구실 (jihopark@kw.ac.kr, youngsik@kw.ac.kr, yumin@kw.ac.kr, jinyoung@kw.ac.kr)

접수일자 : 2014년 7월 18일, 수정완료일자 : 2014년 8월 6일, 최종게재확정일자 : 2014년 8월 20일

로 활용될 수 있다는 우려로 미국과 경쟁관계에 있는 여러 나라들은 자신들만의 GNSS 시스템을 확보하기 위한 총력전을 벌이고 있다. 그 선두주자인 러시아는 이미 1995년 완성되었지만 그 동안 구소련의 해체와 러시아의 경제위기로 인해 거의 방치되었던 GLONASS 라는 인공위성 네비게이션 시스템을 실제 사용 가능한 수준까지 복구해 놓은 상태이고, 유럽과 중국도 각각 전 지구를 커버하는 'Galileo'와 'Beidou' 라는 이름의 GNSS 시스템을 구축해가는 중이다. 심지어 미국의 최대 우방인 일본조차 여러 가지 명분을 내 걸고 대미 의존도를 낮추기 위해 자국만의 GNSS를 만들어 가고 있다 [1].

러시아, 유럽연합, 중국, 일본과 같은 국가들이 이 GNSS 시스템 개발에 앞다투어 힘을 쏟아 부으며 미국이 이에 민감한 반응을 보이는 데에는 군사 목적으로 세워진 GPS 시스템에 있다. 현대전은 항공기의 비약적인 발달, 다목적 유도무기의 급격한 발달 및 인공위성의 전쟁 무기화 등으로 그 방향이 맞춰지고 있다. 적의 핵심 전력을 수 m오차로 무력화시킬 수 있는 정밀유도무기는 더욱 현대전의 핵심 전력이 되어가고 있다. 이러한 현대전 무기 및 항공기들은 모두 초정밀 위치측위가 그 핵심이라고 할 수 있으며, 정밀타격체계(PGM: Precision Guided Munition)의 경우, 적 위치뿐만 아니라 아군 무기체계 및 미사일의 정밀 위치 추적이 뒷받침되어야 한다. 최근 이스라엘의 '아이언 돔' 및 한국 도입이 거론되고 있는 '사드'와 같은 적군의 미사일을 공중에서 파괴하는 방어용 미사일 또한 정밀 GPS 위치측위 기술을 바탕으로 한 무기의 위력이라고 할 수 있다. 즉, 정밀 타격을 통한 효율적인 공격과 적으로부터 아군 및 자국민들을 방어할 수 있는 미사일까지 모든 군사적 목적의 핵심에 GPS가 있다. 이러한 현대전의 핵심인 GPS로부터 더욱 정밀하고 신뢰성 높은 위치정보 신호를 얻기 위해서는 효율적으로 GPS오차를 발생시키는 간섭 문제를 제거할 수 있는 GPS 간섭 완화 모델이 필요하다. 본 논문은 수신된 GPS 데이터로 위치측위 성능을 향상시키는 기존의 연구들과는 달리, 위치측위 오차를 일으키는 간섭 제거를 통해 GPS 위치측위 정밀도를 향상시켰다는 데에 큰 연구적 가치가 있다.

본 논문의 II장에서는 GPS 시스템의 오차원인과 함께 군 통신 환경에서의 GPS 간섭에 대해 설명한 후, III장에서 앞서 소개한 GPS 오차를 효과적으로 해결할 수 있는 wavelet transform을 이용한 간섭완화 모델을 제안한다. IV장에서는 wavelet denoising filter를 적용하여 구현한 위치인식 성능을 시뮬레이션을 통해 분석을 하고, 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론으로 논문을 맺는다.

II. GPS 시스템 특성 및 간섭 원인

2.1 GPS 시스템과 간섭 원인종류

GPS의 구성요소는 전파 발신을 담당하는 인공위성의 우

주부분, 인공위성의 모니터링을 담당하는 제어부분, 사용자에 해당하는 사용자부분으로 이루어진다. 제어부분의 제어국 수신장치에서 고도 약 20,000km 중궤도에 위치해 있는 우주부분 신호를 받아 100m 이내의 위치정보를 알아낼 수 있는 것이 GPS의 기본 원리이다. 위성의 위성상태, 전리층모델, 위성시계, 위성궤도변수 등의 항법정보를 통해 현재 사용자의 위치를 파악할 수 있다. 즉 위성에서 보내는 신호가 수신기에 도달하기까지 걸리는 시간을 측정해서 위성과의 수신기 사이의 거리를 구하여 사용자의 현재 위치를 계산할 수 있다. 그런데, GPS 위성에서 신호가 발신된 후에 수신기에 수신되기까지 사용자는 여러 가지 간섭으로 발생하는 오차로 인하여 부정확한 위치 결과 값을 얻게 된다. GPS 위치측정의 정확성을 떨어뜨리는 요소들은 크게 3부분으로 나눌 수 있다. 첫째 구조적 요인으로 생기는 오차로는 인공위성 시간 오차, 인공위성 위치 오차, 전리층과 대류층의 굴절, 잡음, 다중 경로 등이 있다. 두 번째로는 위성의 배치상황에 따른 기하학적 오차가 있으며 마지막으로 가장 큰 오차 원인인 SA (Selective Availability) 가 있다. SA의 경우 2000년 미국 국방성에서 삭제하였다. 그림 1은 간섭원인으로 발생하는 GPS 오차를 나타낸 그림이며, 표 1은 그림 1의 원인을 바탕으로 오차종류와 크기를 나타낸 것이다.

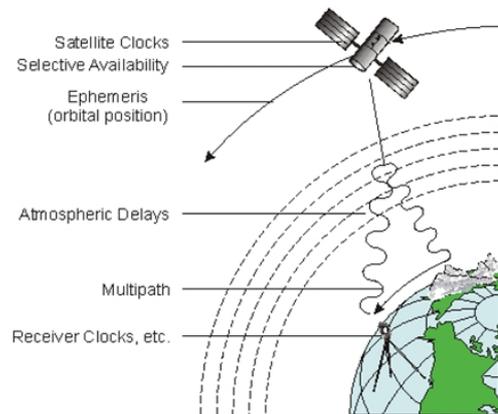


그림 1. GPS 오차발생 원인의 종류

표 1. GPS 오차발생 원인의 종류 및 크기

오차종류	오차
궤도	15m
시계	10m
이온층	2 ~ 30m
전리층	2 ~ 30m
다중경로	0.2 ~ 3m
잡음	0.1 ~ 3m

표 1은 GPS 오차발생 원인의 종류 및 오차크기를 보여준다. 현재 GPS 시스템은 이러한 오차요인들을 보정하여 평균 약 11m의 오차범위를 가지고 있으며, 사용자를 관측할 수 있는 위성의 개수에 따라 오차는 더욱 효과적으로 보정 될 수

있다. 위의 다양한 오차 요인들이 모두 합쳐져서 오차 결과를 낳는데 이것을 UERE (User Equivalent Range Error)라고 한다. 각 오차들은 시간과 장소에 따라서 매우 크게 변하며, 현재 이와 같은 오차를 줄여 위치 측위 정밀도를 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다 [2].

2.2 군통신 환경에서 간섭에 따른 GPS 오차

군 통신 환경에서의 간섭은 크게 Large-scale Fading, Small-scale Fading, 인접 무기 체계 간 상호 전자파 간섭으로 나타난다. Large-scale Fading은 대표적으로 송신부와 수신부의 거리가 멀어지면서 강도가 약해지는 Path loss와 높은 산, 건물 등 전파 장애물 등에 가려 나타나는 Shadowing loss가 있으며, Small-scale Fading으로는 대표적으로 수신측에 이르러 여러 전파경로로 인해 생기는 왜곡 현상인 Multipath와 주파수의 발생원과 관측자 사이의 상대적인 운동에 의해 주파수 변화로 나타나는 Doppler effect가 있다. 이와 같은 Fading 문제로 인한 GPS 데이터 손상/손실 뿐만 아니라, 최신 무기체계들의 무선통신을 위한 전자파 사용으로 인접 무기 체계 간 상호 간섭 영향에 취약한 문제 또한 군통신 환경에서의 심각한 간섭으로 나타나게 된다. 이러한 군통신 환경에서의 간섭은 전자·정보전으로 이루어지는 현대전에 매우 치명적인 문제를 발생 시킬 수 있다. 전자파 사용으로 인접 무기 체계간 상호 간섭으로 발생한 대표적 사고로 134명의 승무원 사망과 32대의 전투기 손실을 일으킨 1967년 미국 Forrestal 항공모함 사고가 있으며, 걸프전 당시 유도탄이 허공으로 발사 된 사례가 있다. 걸프전 개전 첫 주 동안 패트리엇 유도탄 158기가 발사되었으나, 그 중 24기가 허공으로 발사되었다는 사실이 걸프전 이후 밝혀졌다. 원인은 다른 통합체계로부터 발생한 전자파 신호가 유도탄 지상설치 레이더에 간섭을 일으켜 스킵 유도탄이 자동 발사 되게 된 것이다. 이러한 주파수 간섭으로 인한 무기체계의 오작동은 큰 인명피해를 일으킨다는 점에서 군통신 분야에서 많은 연구가 되고 있으며, 네트워크 중심전(NCW: Network Central Warfare)으로 이루어지는 현대전에서 더욱 중요하게 다루어진다 [3].

Large-scale Fading에서의 Shadowing loss로 인한 대표적 사례로는 ‘론 서바이버’라는 영화로 제작된 ‘레드윙 작전’이 있다. 미국 특수부대 최악의 참사로 기억되고 있는 이 작전은 2005년 탈레반 지도자 중 하나인 아마드 샤를 잡기 위한 미군 특수부대 ‘네이비 씰’과 탈레반 무장세력과의 산악 지형에서의 치열한 전투로 나타난다. 산악지형에서의 위치 측위 및 기본적인 통신 불능으로 본부에서의 지원또한 막힌 상황에서 미국은 19명의 특수부대원들을 잃는 최악의 특수부대 참사를 기록하게 된다. 대략적인 위치측위만 되었어도 기본적인 구출이 가능했을 것이라는 점에서 위 사건은 군통신 위치측위/데이터 전송 연구 분야에 시사하는 바가 크다.

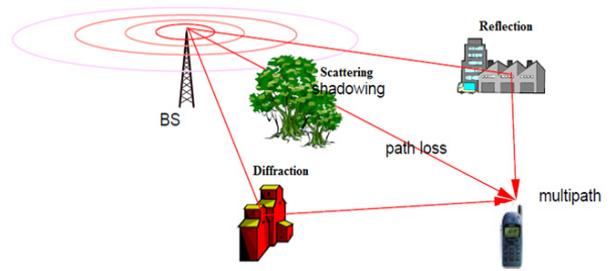


그림 3. Multipath Fading 현상 예시

군통신 환경에서의 간섭문제는 위와 같은 인명피해뿐만 아니라, 작전 시 오폭, 데이터 손실 등으로 인한 전장에서 많은 피해를 불러일으킨다. 따라서 효과적인 간섭 완화 모델이 요구된다.

III. Wavelet Denoising Filter를 이용한 간섭 완화 기법

3.1 Wavelet Transform의 개념

Wavelet Transform은 최근 신호처리 분야에서 주목받고 있는 신호 변환기법으로 신호의 분석을 통한 잡음제거나 신호압축에 주로 사용 되고 있으며, 이미지의 변환과 복원, 오디오 신호의 변환 등에 많이 이용되고 있다. 군 통신 환경에서는 다양한 군 장비와 무기, 부대들의 움직임으로 실시간 통신환경이 달라지는 점과, 산악 지형에서의 페이딩 현상, 인접 장비들의 전자파 사용으로 간섭에 취약한 요소들이 반드시 고려되어야 한다. 이러한 요소들을 고려하기 위해서는 각 환경 특성에 따른 간섭 신호에 대한 분석이 가능해야 한다. 즉, 비 주기적인 과도현상에 대한 분석이 가능해야 하는데 이는 신호에 대한 시간정보, 주파수정보, 크기정보를 모두 분석할 수 있는 신호 분석 기법의 필요성을 의미한다. Wavelet transform 기술 이전에 주로 사용된 그림 4의 Fourier transform은 전체 시간에 대한 주파수 성분의 속성만을 밝혀낸다는 점에서 그 신호의 시간정보와 주파수 정보를 동시에 파악할 수 없다는 것에 대해 치명적 한계가 있다 [4].

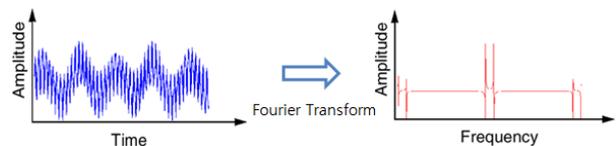


그림 4. Fourier Transform

이러한 Fourier transform의 시간 정보와 주파수 정보를 동시에 파악할 수 없는 한계를 극복하고자 Fourier 해석에 시간축 상의 window 개념을 접목시킨 아래 그림 5에 나타난 Short-Time Fourier Transform(STFT)이 고안되었으나,

STFT는 일정한 크기의 window를 신호에 사용하여 분석하기 때문에 제한된 범위의 정보만을 제공한다는 단점이 있다.

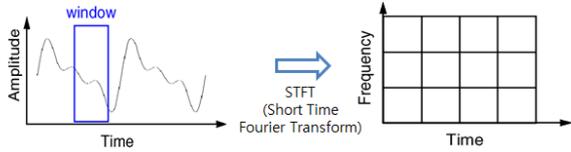


그림 5. Short Time Fourier Transform

기존의 Fourier Transform과 STFT의 단점과 달리, 아래의 wavelet transform 그림 6은 시간과 주파수 영역에 대해 다중 분해 특성을 가지므로, 원신호의 파형은 그대로 유지하면서 다양한 간섭요소를 분석하여 정확한 잡음 발생 위치를 추정해 낼 수 있다는 특징을 지니고 있다. 즉, 각각의 시간에서 신호의 주파수 성분을 알아 볼 수 있는 특징으로 특정 시간에 변화하는 신호의 특성을 잘 파악할 수 있으며, 이를 통해 간섭을 효과적으로 제거할 수 있는 장점을 가지고 있다.



그림 6. Wavelet Transform

아래 그림 7은 간섭완화에 사용되는 Discrete Stationary Wavelet Transform(DSWT)의 과정을 나타낸다. DSWT는 수식 (1)과 수식 (2)를 통해 신호를 Approximation(근사) 신호와 Detail(상세) 신호로 분리하게 된다. 수식 (1)과 수식 (2)에서 Approximation 신호는 저대역 필터와 연관된 Scaling 함수 ϕ 로 나타나며 Detail 신호는 고대역 필터와 연관된 Wavelet 함수 ψ 를 사용한다. g_0 과 g_1 은 웨이블릿 계수이며, t 는 해당 차수 파라미터, k 는 시간 축에서 평행이동 파라미터이다.

$$\phi(t) = \sum_k g_1[k] \phi(2t - k), \quad (1)$$

$$\psi(t) = \sum_k g_0[k] \phi(2t - k), \quad (2)$$

여기서, Wavelet Transform은 Scale이라는 단위 ϕ 를 사용한다. Scale은 주파수와 역의 개념으로 사용된다. 즉, Scale이 작을 때는 높은 주파수 대역으로 신호의 자세한 부분을 얻을 수 있고, Scale이 클 때는 낮은 주파수 대역으로 신호의 세밀한 특징은 알 수 없으나 전체적인 윤곽을 잡을 수 있다. Scale을 작게 세세하게 볼 때는 고주파 성분분석, 크게 넓게 볼 때는 넓은 범위의 저주파 성분 분석을 하는데 사용되는 점을 이용하여 DSWT를 실행하였을 때 아래와 같은 블록도

로 나타나게 된다.

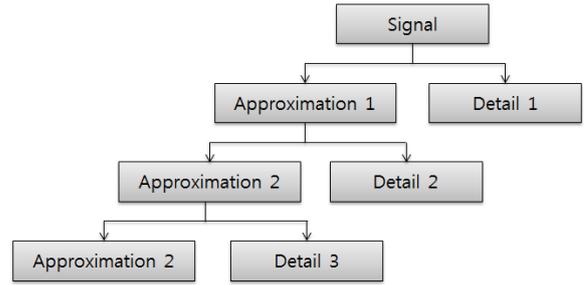


그림 7. Discrete Stationary Wavelet Transform

이러한 DSWT의 특징을 통해, DSWT 과정을 반복적으로 수행하게 되면 다해상도 분석이 가능하게 되고, 이러한 과정을 통해 wavelet denoising filter를 설계할 수 있다 [6].

3.2 Wavelet Denoising Filter 알고리즘

위의 DSWT를 통한 근사 신호와 상세 신호 분류 후, 잡음 제거의 일반적 형태는 아래 수식 (3)과 같다.

$$y_i = f_i + z_i, \quad i = 0, 1, \dots, N-1, \quad (3)$$

여기서 y_i 는 관측 값, z_i 는 잡음, f_i 는 원신호이다. 결국 잡음 제거 문제는 f_i 를 추정하는 것이다. DSWT를 이용한 잡음 제거는 잡음은 모든 Wavelet 영역 내에서 작은 계수들로 나타난다는 사실을 이용하고 있다. 이러한 사실을 이용하여 Donoho와 Johnstone가 제시한 잡음 제거 방법인 Wavelet Shrinkage(Thresholding)을 본 논문에서 적용하여 GPS 간섭완화 모델로 사용하였다. DSWT를 통한 Wavelet denoising filter algorithm은 아래와 같은 3단계로 이루어진다.

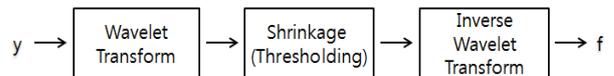


그림 8. Wavelet Denoising Filter Algorithm

먼저, Wavelet Transform으로 주어진 데이터의 wavelet coefficient를 구한다. 그 후, 적당한 임계값 λ 와 임계처리방법을 통하여 wavelet coefficient의 크기를 필터링하여 잡음에 관한 신호를 제거한다. 마지막으로 임계처리가 된 coefficient에 Inverse Wavelet Transform(IWT)을 적용하고 복원하여, 원신호의 근사신호를 구하게 된다. 여기서 중요한 것은, Thresholding에서의 임계처리 방법과 임계값 λ 를 정하는 것이다. 일반적으로, 임계처리 방법은 Donoho와 Johnstone이 제시한 Soft-thresholding 방법을 사용한다. Soft-thresholding에 대한 수식은 아래의 식 (4)와 같다.

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} w_{j,k} - \lambda & \text{if } w_{j,k} \geq \lambda \\ 0 & \text{if } |w_{j,k}| < \lambda \\ w_{j,k} + \lambda & \text{if } w_{j,k} \leq -\lambda \end{cases}, \quad (4)$$

위와 같은 임계치에서는 임계값 λ 를 효과적으로 선택하여야 하는데, 위 알고리즘을 제시한 Donoho와 Johnstone의 Soft-thresholding의 경우 고정된 임계값 $\lambda = \sigma \sqrt{2 \log n}$ 을 적용한 모델이 일반적으로 사용된다. 본 논문에서는 이러한 과정으로 수신된 GPS 데이터를 wavelet denoising filter로 간섭을 제거하고 간섭이 완화된 데이터를 통해 정밀한 위치좌표를 산출하게 된다.

IV. 성능평가 및 분석

4.1 Wavelet Denoising을 이용한 BER 성능분석

본 논문에서의 성능분석은 본 연구실에서 진행한 프로젝트인 “도심환경에서의 밀결합 측위기법”에서의 실증 테스트 결과물과의 시뮬레이션 비교를 통해 수행하였다. “도심환경에서의 밀결합 측위기법”논문은 참고문헌 [5]를 참조하면 된다. 아래 그림 9는 연구실에서 수행한 GPS/QZSS/Wi-Fi 밀결합 측위기법과 이 밀결합 측위기법에 wavelet denoising filter를 적용한 측위기법의 BER 성능 비교를 나타낸다. Matlab을 이용하여 시뮬레이션 한 결과, GPS/QZSS/Wi-Fi 밀결합 측위기법과 wavelet denoising filter를 융합한 측위기법이 더 우수한 BER 성능을 보여주고 있다. GPS 위성을 통해 수신 받은 GPS 데이터는 전리층, 대류층 오차와 같은 자연적 오차뿐만 아니라, Large/Small Scale Fading, 주변 전파 신호로 인한 간섭으로 인한 오차를 포함하고 있다. 이러한 간섭을 wavelet denoising filter를 통해 완화함으로써 향상된 BER 성능을 얻었다.

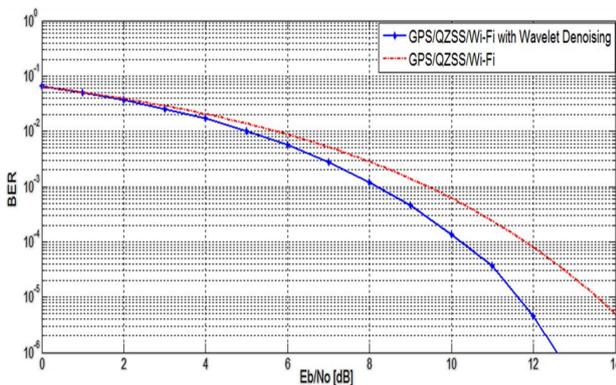


그림 9. Wavelet Denoising 적용 측위기법의 BER 성능 비교

4.2 Wavelet Denoising을 이용한 Distance Error 성능분석

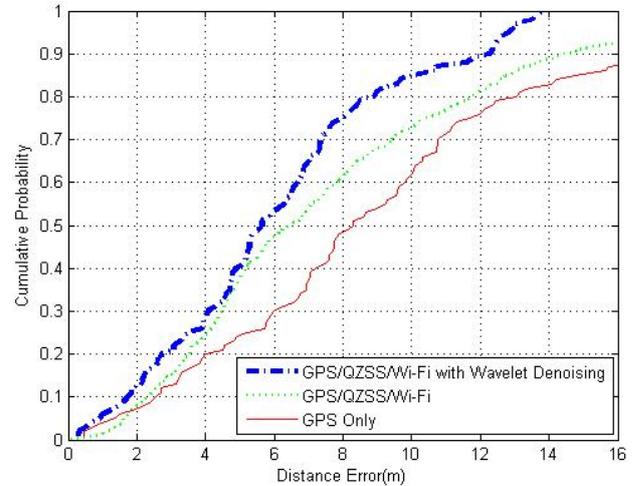


그림 10. Wavelet Denoising 적용 측위기법의 Distance Error 비교

그림 10은 밀결합 측위기법에 wavelet denoising filter를 적용한 측위기법의 Distance Error를 CDF로 나타낸 그림이다. GPS만을 활용한 위치보정 확률과 밀결합 측위의 확률은 “도심 환경에서의 밀결합 측위기법” 프로젝트의 실시간 현장 테스트로 얻은 결과이며, wavelet denoising filter 적용 측위기법의 결과는 Matlab을 이용한 시뮬레이션 결과로 나타내었다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 밀결합 측위 기법에 wavelet denoising filter를 적용한 측위기법의 경우, 10m 이내 위치보정 확률은 86%로 밀결합 측위기법의 71% 보다 약 15% 정도 향상된 성능을 보인다. 성능 향상의 주요 원인은 그림 9 결과에 나타난 BER 향상이 있다. 정밀한 위치 측위는 GPS raw data안의 보정에 필요한 bit들을 바탕으로 이루어지는데, 이러한 bit들의 error 확률이 감소 될수록 정밀한 보정이 이루어지기 때문이다. 오차범위 10m 이내 확률 뿐만 아니라, 15m이내의 경우, wavelet denoising filter를 적용한 측위기법은 100%의 확률을 보이며 이는 밀결합 측위보다 10% 향상된 성능을 보이며, GPS 만을 활용한 측위보다는 약 21% 향상된 성능을 보인다.

V. 결론

본 연구에서는 wavelet denoising filter를 이용해 간섭완화 측위 모델을 개발하고 본 연구실 밀결합 측위과제 실제 데이터와 시뮬레이션을 이용하여 측위 성능을 분석하였다. 성능은 BER과 CDF를 통한 사용자 평균 거리 오차 측정을 기준으로 분석하였다. wavelet denoising filter를 이용한 측위 정밀도 향상 기법은 GPS만을 이용한 측위보다 평균 약 21% 향상된 측위 성능을 보였으며, 밀결합 측위보다 약 11% 향상된 측위 성능을 보였다. Wavelet denoising filter를 적용

한 밀결합 측위 기법은 GPS raw data의 BER 성능을 향상 시켰고 측위 보정에 필요한 bit들의 BER 성능 향상은 거리 오차를 줄이는데 효과적으로 작용한 것을 시뮬레이션 결과를 통해 확인하였다.

향후 군 통신 분야뿐만 아니라, 민간 분야 사용자 정밀 위치측위에 따른 주변지역 정보제공, 광고 및 상거래 응용, 긴급 재난 시 정확한 위치추적, 자율주행 자동차 응용 등의 다양한 서비스를 위해서는 오차 1m 이내의 초정밀 위치측위 기술이 뒷받침 되어야한다. 이러한 초정밀 위치측위 기술을 위해 더욱 효과적인 간섭완화를 제공할 수 있는 변형 wavelet denoising filter 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] H. Qi and J. B. Moore, "Direct Kalman filtering approach for GPS/INS integration," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. 38, no. 2, pp. 687-693, Apr. 2002.
- [2] S. Savasta, L. Presti, and M. Rao, "Interference mitigation in GNSS receivers by a time-frequency approach," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. 49, no. 1, pp. 415-438, Jan. 2013.
- [3] A. Ward, A. Jones, and A. Hopper, "A new location technique for the active office," IEEE Personal Communications., vol. 4, no. 5, pp. 42-47, Oct. 1997.
- [4] Subburaj, K. Bhatara, S. Tangudu, J. Samuel, J. R. Ganesan, R. Ramasubramanian, K. "Spur Mitigation in High-Sensitivity GNSS Receivers", Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on, pp. 100-104, vol. 61, no. 2, Feb. 2014.
- [5] Y. M. Hwang, J. Y. Oh, Y. H. Kim, J. Y. Kim, H. S. Kim, and G. I. Jee, "Closely Coupled Positioning Technique in Urban Environments," The Journal of Korea Society of Communication and Space Technol., vol. 7, no. 2, pp. 42-47, Sept. 2012.
- [6] J. B. Lundberg "Alternative algorithms for the GPS static positioning solution," Appl. Math. Comput., vol. 119, no. 1, pp. 21-34, Mar. 2001.

저자

신 동 수(Dong Soo Shin)



- 2005년 2월 : 충북대학교 공학 석사
 - 2007년 : 국무총리 표창(국가안전보장 기여)
 - 2009년 : 광운대학교 방위사업학과 박사수로
 - 2006년 ~ 현재 : 방위사업청 육군 중령
- <관심분야> : 재해재난 및 군 이동통신, 디지털통신

박 지 호(Ji Ho Park)



- 2014년 2월 : 광운대학교 전자융합공학과 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전과 공학과 석사과정

<관심분야> : 위치공학, 재난 통신, 협력통신

박 영 식(Young Sik Park)

준회원



- 2013년 2월 : 광운대학교 전과공학과 졸업
- 2013년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전과 공학과 석사과정

<관심분야> : 위치공학, 가시광 통신, 협력통신

황 유 민(Yu Min Hwang)

준회원



- 2012년 2월 : 광운대학교 전과공학과 졸업
- 2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전과 공학과 석박통합과정

<관심분야> : 5G, 재난 통신, WPAN, 협력통신

김 진 영(Jin Young Kim)

종신회원



- 1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2001년 2월 : SK텔레콤 네트워크 연구소 책임연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자 융합공학과 교수

<관심분야> : 디지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지 무선통신, 4G 이동통신