

동적 GPS 간섭신호 제거에 효율적인 주파수 영역에서의 K -median 필터를 이용한 문턱치 설정 기법

The Spectral Domain K -median Threshold Filtering Method for the Dynamic GPS Interference Excision

김 준 오¹ · 이 상 정^{2*}

¹국방과학연구소 항법부

²충남대학교 전자공학과

Jun O Kim¹ · Sang Jeong Lee^{2*}

¹Agency for Defence Development, Navigation Division, Daejeon, 34186, Korea

^{2*}Department of Electronics Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

[요 약]

GPS 신호체계는 대역확산 방식을 사용하며, 신호의 크기는 시스템 잡음수준 이하이므로 외부 전파 간섭신호에 매우 취약하며, 이는 GPS를 이용하는 선박 또는 항공기에 대한 안전 운항을 제한 할 수 있다. 본 논문은 이러한 GPS 간섭 신호 제거를 위한 K -median 방식의 문턱치 설정 방식을 적용한 주파수 영역의 신호 처리 기법을 제안하며, 이는 기존에 보편적으로 사용되는 시간 영역에서의 간섭신호 제거 방식보다, 시간에 따른 신호 변화가 큰 간섭신호를 인가한 조건에 대해서 상대적으로 우수한 성능을 가짐을 확인하였다.

[Abstract]

GPS(Global Positioning System) signal structure uses spread spectrum and the received power is relatively lower than the receiver noise figure. Therefore, it is vulnerable to the RF interferences and it could restrict on the safety navigation. The objective of this paper is to research on the spectral domain GPS interference rejection algorithm using proposed K -median filtering threshold setting method. In the performance test, the proposed algorithm has a relatively higher ISR(interference to signal ratio) compared with the conventional temporal domain technique in case of time variant interference signals.

Key word : GPS , Spectral domain, Interference suppression, K -median, Excision.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.3.243>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 22 March 2017; Revised 30 March 2017

Accepted (Publication) 5 June 2017 (30 June 2017)

*Corresponding Author ; Sang Jeong Lee

Tel: +82-42-821-6582

E-mail: eesjl@cnu.ac.kr

I. 서론

GPS를 이용하는 위성항법시스템은 외부의 인위적인 또는 자연적인 전파간섭 신호에 매우 취약한 것으로 알려져 있다 [1]. 이러한 전파간섭 신호원은 항법위성을 통해서 수신 한 GPS 신호가 원천적으로 매우 낮은 상태로 이용되는 이유로 쉽게 교란을 당할 수 밖에 없는 상황이다. 이는 비단 미국의 GPS 위성 뿐 만 아니라 러시아의 글로나스(GLONASS) 유럽의 갈릴레오 (GALILEO) 및 중국의 베이더우(BEIDOU) 위성항법 신호를 이용하는 경우도 여전히 같은 문제점을 안고 있다. 이는 위성항법 신호를 민간용 항공기 및 선박운항 등과 같은 중요한 운송수단 등에 이용 시 위성항법신호 사용에 제한요소로 작용 할 수 있으며, 안전을 위해 할 수 있는 중요한 문제이다.

현재, 이러한 문제를 극복하기 위해서 다양한 GPS 전파간섭 영향을 극복하기 위한 노력이 시도되고 있으며, 대표적인 기술로는 GPS 간섭신호에 대한 직접적인 제거 능력을 갖는 디지털 간섭신호 제거 필터 및 다수 개의 안테나를 이용한 간섭신호 회피 기술 등이 대표적이다[2]. 이 중 다수 개의 GPS 안테나를 이용한 간섭신호 회피 기술은 군사적 목적의 효율적인 기술로 알려져 있으나, 크기, 무게, 장착의 제약성 및 비용 등의 문제로 운용으로 일부 사용 될 뿐 민수용 기술로 이용하는데 제약이 이다. 현재까지 수신기 장애의 원인이라고 확인된 GPS 간섭신호는 CW(continuous wave), AM(amplitude modulation)을 포함한 FM(frequency modulation) 등과 같은 생활 주변에서 발생 가능한 협대역(narrowband) 또는 부분대역 (partial-band) 특성을 갖는 RF 신호이다. 따라서, 이러한 간섭신호를 제거하여, 민항기 또는 선박 등에 적용된 적용 하여 운용 할 수 있는 효율적인 방식의 GPS 간섭신호 제거 기술이 필요한 시점이다[3].

이에 적용 가능한 대표적인 GPS 간섭신호 제거방식으로는 입력되는 디지털 샘플신호에 대한 특성을 이용하여 해당 간섭신호를 노치(notch) 또는 널(null)을 시킬 수 있는 시간영역에서의 적응신호처리 방식인 ATF (adaptive temporal filter) 기술이 보편적으로 알려져 있으며, 현재는 시간영역에서의 신호처리 방식보다는 신호에 대한 식별 및 제거를 효율적으로 수행 할 수 있는 주파수영역에서 수행하는 기술에 대한 관심이 증대되고 있다[3]. 본 연구에서는 주파수 분해 해상도 변경 및 이산신호에 대한 시간영역으로의 변환이 용이한 FFT 기반의 GPS 간섭신호 처리 구조 및 간섭신호 제거를 위한 효율적인 문턱치 설정 알고리즘 및 성능시험 결과를 제시한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어서, 2장에서는 주파수 영역에서의 GPS 간섭신호 처리기술을 요약하며, 3장에서는 제안하는 방식의 간섭신호 문턱치 검출 기법이 적용된 신호처리 기법을 설명하며, 4장에서는 제안 알고리즘에 대해서 GPS 간섭신호 모의 장비를 이용한 성능시험 결과를 제시하고 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

II. GPS 간섭신호 제거 알고리즘 비교

본 장에서는 대표적인 두 가지 GPS 간섭신호 제거 기술인 OFFT(Overlapped fast fourier transform)와 ATF(Adaptive transversal filter) 기법에 대해서 간략히 설명한다. GPS 간섭신호는 잡음수준을 초과하는 입력이 존재하는 경우에 간섭신호 제거 필터를 이용하여 제거 가능하다. 이러한 방식 중 보편적인 기법으로는 시간영역에서의 ATF 방식이 있으며, 이는 그림 1에서 z^{-1} 으로 표시된 시간지연 탭(tap)을 $2M+1$ 개를 적용한 구조로서 중간 탭 1개를 포함한 양측 M 개 탭을 갖는 대칭형 구조로 표현이 가능하다. 여기서, n 번째 입력 샘플은

$x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-2M}$ 로 표시 할 수 있으며, 이때 적응필터의 최종 출력 r_n 은 식 (1)과 같이 입력 샘플 x_n 과 가중치 계수 w_n 의 곱의 연속 합으로 표시 할 수 있다.

$$r_n = x_n w_0 - x_{n-1} w_1 - \dots - x_{n-(M-1)} w_{M-1} - x_{n-(M+1)} w_M - \dots - x_{n-2M} w_{2M-1} \quad (1)$$

식 (1)을 벡터 표시법으로 재정리하면 식(2)와 같으며, W 는 길이 $2M$ 의 가중치 벡터, X_n 은 n 번째 시간 존재하는 $2M$ 개의 벡터로 표현 한다.

$$r_n = x_n - W^T X_n \quad (2)$$

이때 GPS 간섭신호 제거 필터에 입력되는 간섭신호를 제거하기 위해서는, 필터의 출력신호 r_n 을 최소화 하는 방향으로 적응적인 구조의 최적의(optimum) 켈레가중치(conjugate)를 식(3)과 같이 계산 할 수 있으며, 여기서 ρ 는 중간 탭을 기준으로 양쪽에서 입력되는 $2M \times 1$ 상호상관(cross correlation) 벡터이며, R 은 $2M \times 2M$ 크기를 갖는 자기상관(auto correlation) 행렬을 표시한다.

$$W^* = R^{-1} \rho \quad (3)$$

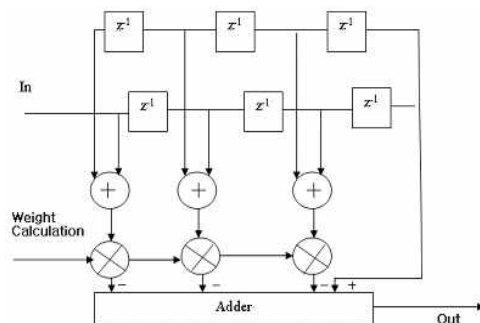


그림 1. 적응횡단형 필터
Fig. 1. Adaptive transversal filter.

주파수 영역에서의 신호처리 방식은 입력 신호의 잡음수준을 분석 후 간섭신호에 노출된 해당 주파수 빈(bin)만을 제거한 후 시간영역으로 원 신호를 복원하는 구조이다. 이러한 FFT 방식의 간섭신호 처리 알고리즘은 병렬로 동작하는 두 개 이상의 FFT 가지(branch)와 IFFT (inverse FFT) 가지를 이용하며, 각 FFT 가지는 N개 샘플을 이용한 블록처리를 수행하는데, 식 (4)와 같이 주파수 성분을 구분 할 수 있으며, 이러한 성분을 샘플 또는 빈이라고 표현한다.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)w(n)e^{-j2\pi kn/N}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (4)$$

여기서 $x(n)$ 과 $w(n)$ 은 입력신호의 샘플과 데이터 윈도우(window) 함수이다. FFT 블록 수행 후 간섭신호가 점유된 주파수 빈을 제거 후에 IFFT 블록에서는 n개의 샘플로 GPS 신호를 식 (5)에서와 같이 시간영역의 신호로 변환시킨다.

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j2\pi kn/N}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (5)$$

두 개 이상의 지연 구조의 FFT를 중첩해서 사용하는 OFFT 구조는 그림 2와 같이 독립적으로 구성된 FFT/IFFT 블록이 위쪽 가지와 아래쪽 가지로 구성된다. 그 중 아래쪽 가지는 N/2 샘플 지연된 구조로서 독립적인 연산을 수행하며, 일반적으로 50% 중첩된(overlapped) 신호처리 구조를 채택하며, 입력되는 간섭신호의 스펙트럼 누설(leakage)로 인해 제거되는 주파수 성분인 유효한 빈의 개수를 최소화하기 위해서 윈도우 블록을 추가하여 신호 대 잡음 비 손실을 보상한다[3,4].

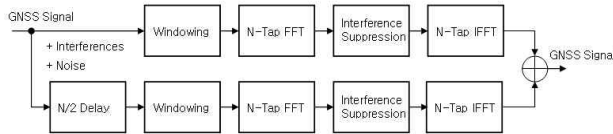


그림 2. OFFT 블럭도
Fig. 2. OFFT block-diagram.

III. 주파수 영역에서의 GPS 간섭신호 식별 및 제거기법

3-1 기존 알고리즘

현재까지 알려진 간섭신호에 오염된 특정 빈에 대한 제거를 위한 문턱치 관련 통계특성을 이용하는 N-sigma 방식이 있으며, 이는 주파수 샘플 통계 값인 평균(mean), 분산(variance), 표준편차(standard variation)을 비롯하여 해당 샘플에 대한 주

파수 영역 변환 후 데시벨(decibel)로의 단위변환을 필요로 하며 구현 시 복잡한 단점이 있다[5,6]. 이러한 연산과정을 거쳐서 현재 입력되는 스펙트럼 상에 존재하는 간섭신호 특성에 대한 통계특성을 분석 후 가중치 N 값을 설정 및 적용함으로써 간섭신호 처리에 적절한 문턱치를 설정하는 구조이다. 이는 간섭신호의 세기가 증가하여, 주파수 샘플의 표준편차 σ_{calc} 의 통계특성 값이 커지면 N 값을 감소시키며, 반대로 간섭신호의 영향이 약해지면 N 값을 증가시켜 문턱치 설정 기준 값이 GPS 수신기의 잡음수준과 간섭신호 사이에 유지하도록 조절하는 기능을 한다. 식(6)에 입력샘플의 평균과 표준편차에 대한 표시를 하였으며, μ_{calc} 및 σ_{calc} 은 각각 입력 샘플에 대한 통계처리 결과를 간섭신호 제거를 위한 문턱치 설정에 이용한다.

$$\mu_{calc} = \sum_{k=0}^{N_p-1} \frac{10\log(|X(k)|)}{N_p} \quad (6)$$

$$\sigma_{calc} = \frac{1}{N_p} \left[\sum_{k=0}^{N_p-1} (10\log(|X(k)|))^2 - \frac{1}{N_p} \left(\sum_{k=0}^{N_p-1} (10\log(|X(k)|)) \right)^2 \right]$$

이와 같은 통계치를 계산 한 이후에 식(7)를 이용하여 간섭신호 특성에 따른 문턱치 기준 값을 결정 한다. 이러한 문턱치 수준의 결정은 GPS 주파수 대역 내에 존재하는 주파수 샘플의 평균 값을 기준으로 하여, 표준편차의 N 배 만큼의 가중치를 적용하여 간섭신호의 상황에 따라 변하는 통계 치에 따라 문턱치 설정 및 간섭신호 제거 기준이 자동으로 조절된다.

$$Excision_{Threshold} = (\mu_{calc} + N \cdot \rho_{calc}) \quad (7)$$

그림 3에 N-sigma 방식의 문턱치 설정방식에 대해서 블록도로 표시하였으며, 이는 FFT 연산된 입력 샘플에 대한 진폭(magnitude) 성분에 대한 데시벨로의 스케일 변환 후 입력되는 각 주파수 샘플과 현재 설정된 문턱치 수준을 서로 비교한 후 잡음수준의 주파수 빈과 간섭신호에 의해서 오염된 빈으로 각각 분리 후 제거(excision) 블록으로 전달한다.

기존 방식인 N-sigma 문턱치 설정 기법을 적용한 경우에 대해서 그림 3에 문턱치 설정 블록을 표시 하였으며, 입력된 주파수 스펙트럼 상에서의 해당 문턱치 값을 그림 4에 표시하였다.

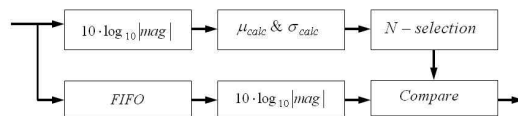


그림 3. N-sigma 방식의 문턱치 설정 블럭도
Fig. 3. N-sigma excision threshold setting.

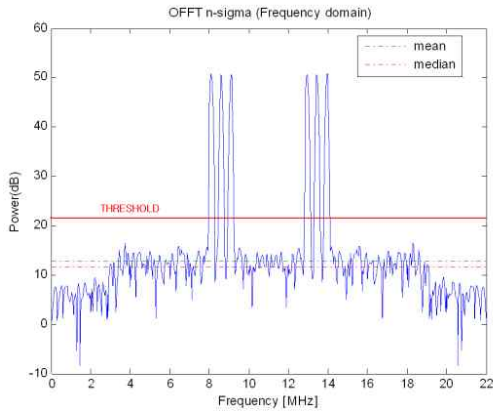


그림 4. N -sigma 방식 문턱치 설정값 (Thr.=22.8dB)
 Fig. 4. N -sigma threshold value. (Thr.=22.8dB)

스펙트럼에서는 간섭신호인 CW 3개를 동시에 인가하였으며, 현재 입력되는 간섭신호에 대한 문턱치 구성을 위해서 입력 신호의 평균과 중간 값을 가중치 적용 없이 선으로 표시하였으며, 이때 N -sigma 방식으로 계산된 문턱치 기준 값은 FFT 출력에 대한 진폭 값을 데시벨 단위로 변환한 22.80 dB로 표시된다. 해당 문턱치 설정 기준 값은 간섭신호와 수신기 잡음신호 사이에 정상적으로 위치함을 확인 할 수 있다.

3-2 제안 알고리즘

본 논문에서는 기존에 연구된 N -sigma 간섭신호 제거 방식에 비해서 연산 량 및 구현 복잡도면에서 효율적인 K -median 방식의 간섭신호 제거 기법이다. 제안하는 주파수 영역에서의 문턱치 설정 및 제거 알고리즘의 기본구조는 그림 5과 같은 신호처리 구조로 표현 할 수 있으며, 신호의 흐름은 입력 샘플에 대한 창함수 적용 후 필터에 의한 삽입손실 보상을 위해서 두 개의 FFT 병렬 처리 구조를 적용한다. 이후 문턱치 설정 블록, 간섭신호 제거블록, 시간영역으로의 변환블록 및 $N/2$ 샘플에 대한 지연 합산(delayed summation) 블록으로 구성된다. 제안한 알고리즘에 대해서 K -median 블록의 적용은 그림 6에 점선으로 표시된 구역에서 처리하게 되며, 입력샘플에 대한 올림 또는 내림차순으로의 정렬, 중간 값 설정 및 가중계수 적용 등의 처리를 담당한다.

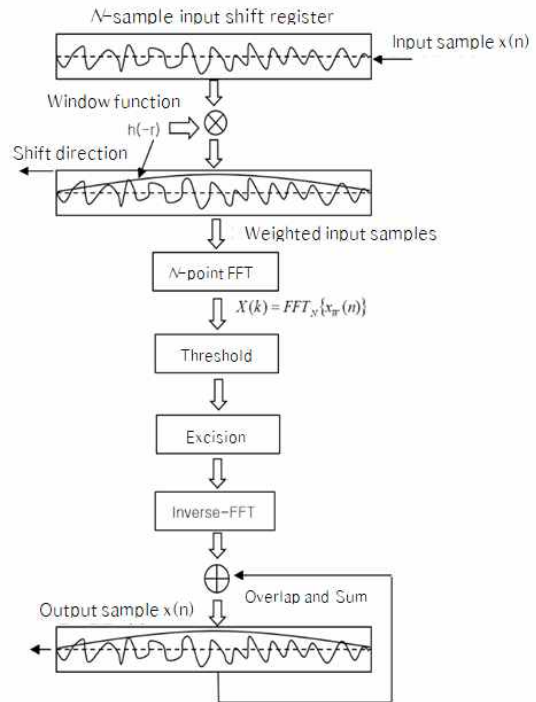


그림 5. 이중 중첩구조 주파수 영역 신호처리 흐름도
 Fig. 5. OFFT spectral domain signal processing

제안한 알고리즘에 적용된 가중 계수 값의 경우는 그림 7에 K 값에 따른 간섭신호 대응 성능 결과를 이용해서 간섭신호 전 구간에서 상대적으로 양호한 성능을 갖는 계수 3을 적용했으며, 해당 가중치 값은 간섭신호 수신 환경 등에 맞춰 적용적 또는 선택적으로 조절이 가능한 구조로 확장이 가능하다.

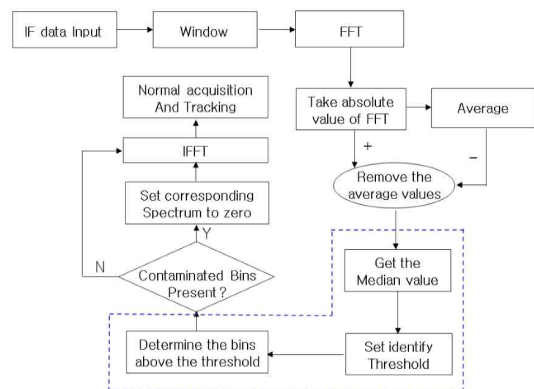


그림 6. 제안 GPS 간섭신호 제거 알고리즘 블록도
 Fig. 6. Proposed GPS Interference excision block-diagram.

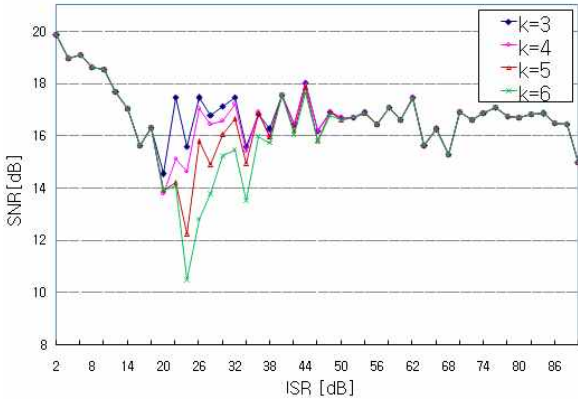


그림 7. K 값에 따른 SNR 특성 그래프
Fig. 7. SNR in different K selection.

그림 8에서는 K-median 문턱치 설정 값을 적용하여 기존의 N-sigma 방식에서 분석한 신호와 동일한 기준으로 문턱치를 표시한 것으로서, 설정된 문턱치 값은 FFT 연산의 진폭 출력 값인 54.3이며, GPS 고유 잡음스펙트럼과 3개의 CW로 구성된 입력 신호에 대해서 유효한 간격을 유지하고 있음을 확인 할 수 있다. 식(8)에서는 문턱치 결정을 위한 판단 식을 표현한다. 제안한 방식은 N-sigma 방식에서와 같이, 문턱치 설정 및 계산에 데시벨로의 스케일 변환이 없이 FFT 출력인 진폭값을 직접 이용함으로써 데시벨로의 단위 변환 없이 구현이 가능한 장점이 있다.

$$Excision_{Threshold} = K \cdot median\{|X(k)|\}, \quad (8)$$

$K = 3, 4, 5, 6$, 여기서, $X(k) = FFT_N\{x_k(n)\}$

식(9)에서는 설정된 문턱치에서 기준 값 이상과 이하의 입력 샘플에 대한 처리 방식을 표현한 것이며, 기준 값 이상의 경우 간섭신호 샘플로 인식하여 해당 빈을 제거하는 방식이다.

$$X'(k) = \begin{cases} 0 & \text{for } |X(k)| > Excision_{Threshold} \\ X(k) & \text{for } |X(k)| \leq Excision_{Threshold} \end{cases} \quad (9)$$

식(10)에서는 주파수 영역에서 제거된 간섭신호원을 처리한 이후 GPS 신호를 다시 입력 샘플을 원신호로 복원하기 위해서 시간영역으로 변환하는 과정을 나타낸 것이다.

$$x'(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X'(k) e^{2j\pi kn/N}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (10)$$

상기 두 가지 N-sigma와 K-median 방식을 적용한 문턱치 설정 알고리즘은 간섭 신호가 존재 할 시 제거되는 빈의 개수를 최소화 하면서서 유효 주파수 성분은 최대한 보존함으로써 최대의 SNR 성능이 유지 될 수 있다. 이에 대해서 제안 방식에 대한 기존 결과와의 비교는 그림 9에 동일한 간섭신호 조건에서 간

섭신호와 유효 스펙트럼 빈의 제거 개수를 표시하였다. 두 가지 방식 모두 전 구간 유사한 빈 제거 특성을 가짐을 확인 할 수 있으며, 이러한 결과는 유효주파수 유지 오염주파수 성분에 대한 동등한 수준을 유지함을 확인 할 수 있다.

이와 같이, 문턱치 값이 결정되면, GPS 간섭신호로 판단된 주파수 빈의 제거는 그림 10에 표시된 블록도와 같이 비교 블록을 통해서 판단 및 제거 처리되며, 본 연구에서는 GPS 간섭신호 조건에 적합한 고정형(fixed) K 값을 적용하였으나 효율성을 높이기 위해서 고정 값 보다 간섭신호의 세기 등의 추가 정보를 이용하여 최적의 방식으로 조절 가능한 “Adjustable K-median Excision Filtering” 방식 또한 별도 연구가 진행 중이다.

제안한 K-median 방식의 문턱치 설정 및 제거를 위한 알고리즘의 설계 규격은 표 1에 요약하였으며, 성능평가를 위한 테스트 플랫폼 구현 시 적용 한 시스템 설계 파라미터이다.

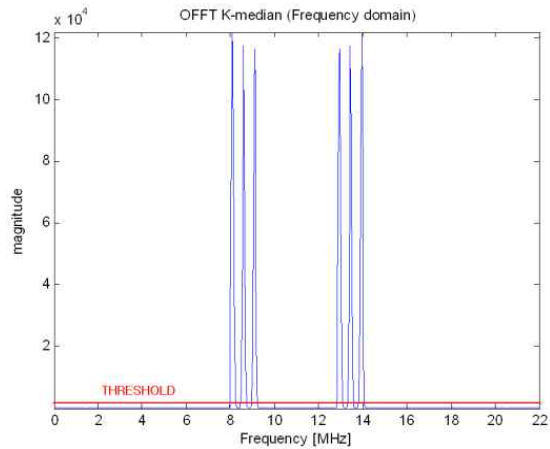


그림 8. K-median 방식의 문턱치 설정값 (Thr.=54.3)
Fig. 8. K-median excision threshold. (Thr.=54.3)

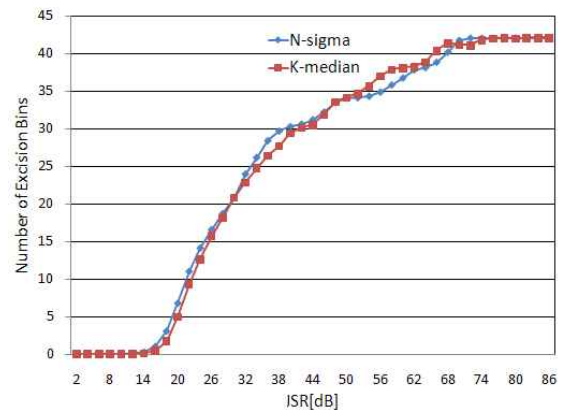


그림 9. 주파수 빈 제거 개수 (CW 3개 인가시)
Fig. 9. Number of excised frequency bins. (3×CW)

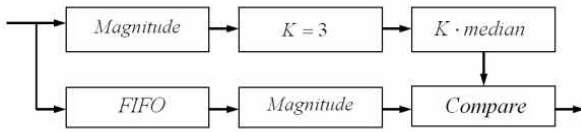


그림 10. K-median 방식 문턱치 설정 블록도

Fig. 10. K-median threshold setting.

표 1. K-median 방식 적용 간섭신호 제거기법 설계규격

Table 1. K-median excision design specification.

| | Standard | Etc |
|-----------|------------------------------|-----------|
| FFT/IFFT | 1024 point | Complex |
| Window | Blackman-harris | 1024 pt. |
| Threshold | K-median | K=3 |
| Excision | Contaminated bins to set "0" | In-band |
| Overlap | 50% | n/2 delay |

IV. 모의성능시험

4-1 성능시험 방법

GPS 수신기 탑재 항공기에 대한 간섭신호 대응성능 평가는 항공기 안전운항 관련 규제 및 전파법에 의해서 야외 시험이 제한적이므로, 본 연구에서는 그림 11의 GPS 간섭신호 모의 생성 장비를 이용하였으며, SPIRENT사에서 제작한 “GSS4765 GNSS interference simulator”로서 GPS 간섭신호에 대한 수신기 영향성 평가용으로 활용한다[5,6]. 해당 장비는 동시에 최대 4개의 간섭신호를 운용할 수 있으며, 시나리오는 정지 상태 및 비행 상태 두 가지를 적용하여 수행하였다. 그림 12에는 테스트 플랫폼에 인가된 GPS 간섭신호 상태 및 알고리즘 동작 후의 간섭신호 제거 상태를 표시하였으며, 간섭신호 모의장비 및 테스트 플랫폼에 대한 정상 동작을 확인하였다.

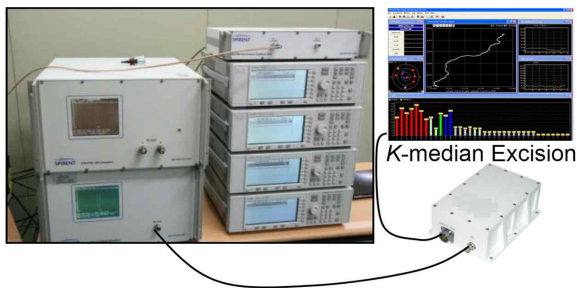


그림 11. K-median 알고리즘 시험용 테스트 플랫폼

Fig. 11. Test platform of the K-median algorithm.

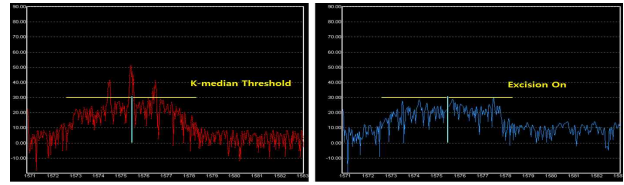


그림 12. GPS 간섭신호 인가 시 K-median 기법 동작화면

Fig. 12. Operating K-median threshold excision method.

4-2 성능시험 결과

모의비행 시험결과는 그림 13 및 그림 14에 동일하게 CW 간섭신호 4개를 공중에 2개, 지상에 2개 배치 후 이착륙을 포함한 사각 궤적을 적용하였다. 그림 13에서는 GPS 수신기 단독 운용 상태이며, 이륙 후 적색으로 표시된 No-Fix 구간 발생 후 최종적으로는 항법불능 상태로 전환됨을 확인할 수 있으며, 그림 14는 전 구간 정상 항법을 수행 하였다.

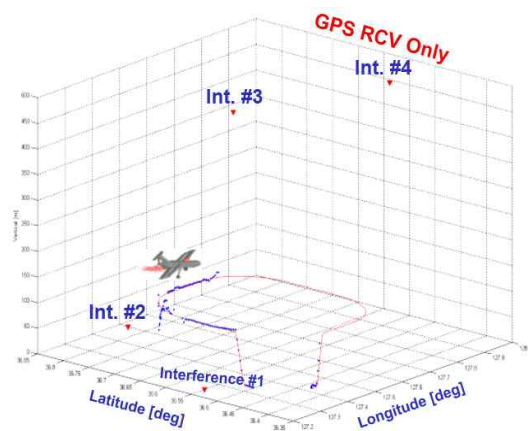


그림 13. 무인기 항법수행 결과 (GPS 수신기만 적용)

Fig. 13. UAV GPS navigation result. (GPS Only)

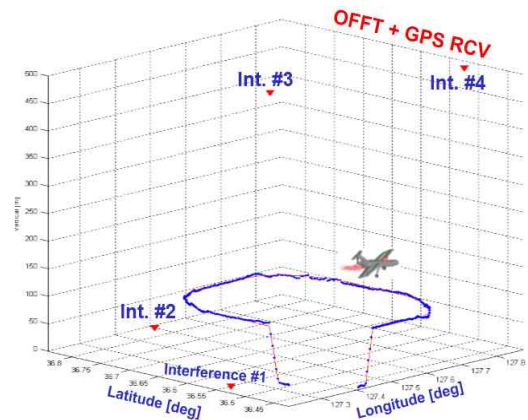


그림 14. 무인기 항법수행 결과(제안 알고리즘 적용)

Fig. 14. UAV GPS navigation result. (K-median)

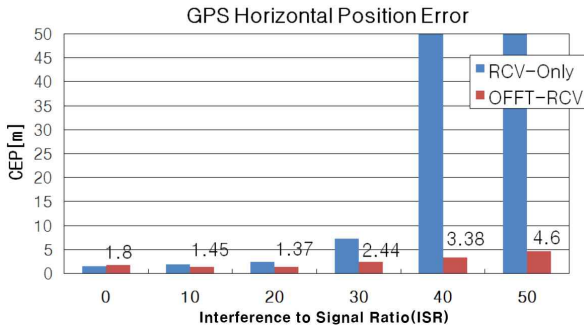


그림 15. GPS 간섭신호의 크기에 따른 수평오차 [CEP]
 Fig. 15. 2D horizontal errors according to the ISR.

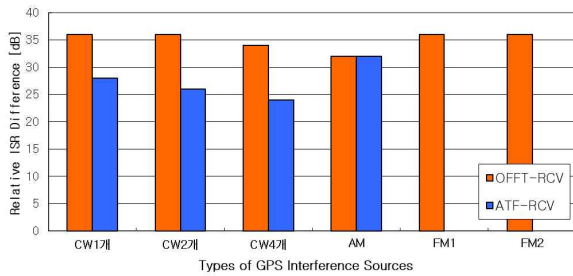


그림 16. 제안한 OFFT 방식과 ATF의 성능차이 비교 [dB]
 Fig. 16. Relative ISR difference of the OFFT from ATF.

그림 15에서는 특정 GPS 간섭신호를 인가한 시나리오를 적용한 경우에 대해서 수평면 오차 그래프를 표시하였다. GPS 수신기만을 단독으로 적용한 경우는 ISR 40dB 이상 구간에서는 오차가 발산하여 항법불능 상태가 됨을 확인하였으나 제안한 알고리즘을 적용한 경우 ISR 50dB 구간에서 CEP 4.6m 수준의 일반적인 항법오차 성능규격을 유지함을 확인 할 수 있었다.

그림 16에서는 추가적으로 다양한 GPS 간섭신호 조건에 대해서 제안한 알고리즘 및 동일 복잡도의 40탭 구조의 ATF 알고리즘과의 성능비교를 위한 결과 그래프를 표시하였다[6]. 그 그래프에서 “Relative ISR Difference [dB]” 로 표시된 구간은 제안한 OFFT 방식과 ATF와의 상대적인 성능차이를 정리한 것이다. 특히 그래프에서 시간에 따른 신호의 변화가 큰 두 가지 FM 신호에 대해서 기존의 동일한 연산 복잡도를 갖는 일반적인 구조의 ATF 방식의 알고리즘은 동일한 FM 신호에 대해서 정상적으로 대응하지 못함을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 GPS 수신기에 적용 가능한 주파수 영역에서의 효율적인 간섭신호 제거 구조 및 문턱치 설정 알고리즘으로서 K-median 필터링 방식의 문턱치 설정기법을 제안하였으며, 이는 기존의 N-sigma 방식에 비해 복잡한 통계함수 사용 없이 동등 수준의 문턱치 설정이 가능하다는 장점이 있다. 특히 모의시험장비를 이용한 성능시험 결과, 시간에 따른 변화가 큰 FM 간섭원에 대해서, 성능비교 대상인 일반적인 ATF 방식을 적용한 경우 보다 동일 복잡도 조건에서 간섭신호 제거 성능이 최대 36 dB 우수함을 확인하였으며, 모의 비행 궤적에 대해서도 전 구간 정상적인 3D 항법을 수행 함으로써, 높은 동특성을 갖는 간섭신호 대응 및 비행 동특성 환경에 적합한 기법임을 검증하였다. 향후, 협대역 간섭신호에 효율적인 본 연구결과를 광대역 간섭신호 제거 능력을 갖는 배열안테나 구조에 적용하여 공간신호처리(spatial signal processing) 기법과의 융합형 복합 GPS 간섭신호 제거기법을 연구할 계획이다.

References

- [1] E. D. Kaplan, *Understanding GPS : Principles and Applications*, 2nd ed. Norwood, MA: Artech House, 2005.
- [2] R. Rifkin and J.J. Vaccaro, “Comparison of narrowband adaptive filter technologies for GPS,” The MITRE corporation, Technical report MTR 00B0000015, pp. 3~8, March 2000.
- [3] P. T. Capozza, B. J. holland, and T. M. Hopkinson, “A single-chip narrow-band frequency domain excisor for a global positioning system receiver,” *IEEE Journal of Solid-State Circuit*, Vol. 35, No.3, pp.401~411, Mar. 2000.
- [4] J. O. Kim, “A study on effectiveness analysis of the GPS receiver by narrowband interference signals,” *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 7, No. 2, pp. 48~56, June 2004.
- [5] J. O. Kim, and J. S. Bae, “GPS receiver anti-jamming capability analysis by using the jamming simulator,” in *11th GNSS Workshop*, Jeju: Korea, pp. 86~88, Nov. 2004.
- [6] J. O. Kim, and K. W. Song, “A performance Analysis and comparison of the OFFT and ATF algorithm for GPS anti-jamming,” in *14th GNSS Workshop*, Jeju: Korea, pp. 44~46, Nov. 2007.



김 준 오 (Jun-O Kim)

2000년 2월 : 부경대학교 전자공학과 (공학사)
2002년 2월 : 부경대학교 전자공학과 통신시스템 전공(공학석사)
2002년 8월 ~ 현재 : 국방과학연구소 항법부 선임연구원
2016년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 제어 및 항법(박사과정)
※ 관심분야 : 위성항법시스템, GNSS 간섭신호처리



이 상 정 (Sang-Jeong Lee)

1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 제어 (공학석사)
1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 제어 (공학박사)
1988년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : GNSS, Robust control