

論 文

微小信號 檢出과 推定에 관한
알고리즘

正會員 申 勝 溟* 正會員 陳 庸 玉**

The Algorithm for Weak Signal
Detection and Estimation

Seung Ho SHIN* and Yong Ohk CHIN**, *Regular Members*

요 약 본 연구는 3~7MHz 사이의 단파대역에서 200Hz 이하의 대역폭을 가지며 출현빈도가 극히 낮은 신호를 자동 식별하기 위한 기본 연구이다. 이를 위하여 1차적으로 100KHz 대역에서 0dB 정도의 OOK 신호에 대하여 그 존재유무를 판단하는 검출과 추정 방법에 대하여 기술한 것이다. 검출과 추정 과정에서 OOK 변조 신호에 잡음이 혼입되어 오염된 상태에서 LOD와 E-C는 약77%를 상관함수 패턴모형 방법은 약90%를 올바르게 판정하였다.

ABSTRACT This paper is the basic research to identify automatically signals that are less than the bandwidth of 200Hz in shortwave band between 3 to 7 MHz and rarely appear. In order to do so, first, we describe the Detection and Estimation method of testing for the presence or absence about OOK signals of 0dB degree in 100KHz bandwidth. In the course of Detection and Estimation, it has decided the presence of OOK modulation Signal in additive noise to about 77% using LOD and E-C and about 90% using pattern model method of correlation function.

1. 서 론

위성통신의 대두로 일반 상용통신 분야에서 단파 통신시대는 지나가고 말았지만 레이더(Radar)나 소오나(Sonar)와 같은 특수 목적으로는 아직도 사용하고 있다. 이 연구는 3~7MHz사이의 단

파 통신대역에서 위법으로 발사하는 200Hz 이하의 대역폭을 가진 A, 전신신호(OOK: On-Off Keying)를 자동 식별 포착할 수 있는 방법의 가능성 진단에 관한 것이다.

이와같은 신호들은 출현빈도가 적고 SNR이 낮기 때문에 신호 포착조차도 극히 어려운 일이다. 이러한 상황때문에 고도의 숙련된 인원이 고가의 장비를 가지고 수없이 반복하는 것이 고작이었으며 자동식별은 더욱 어려운 일이었다. 따라서 비용이나 효율면에서 충분한 대응 방법을 찾지 못하고 있는 상황이었다. 고전적인 검출 방법은 신

* 仁川大學 電子計算學科
Dept. of Comp. Eng. Incheon Univ.

** 慶熙大學校 電子工學科
Dept. of Elec. Eng. Kyung Hee Univ.

論文番號 : 86 - 37 (接受1986. 9. 9)

호와 잡음의 통계적 확률분포를 알고있는 상태에서 베이어 판정 기준(Beyes decision Criterion)과 니이만-피어슨(Neyman-Pearson) 판정 기준 등의 최적가설이론으로 신호의 한계를 구분하는 것이었다.³⁾ 물론 신호대 잡음비가 OdB 정도의 미소 신호인 경우에 대하여 활발히 연구되어 왔으며 그 중에서 대표적인 연구는 1961년 Capon이 제안한 LOD(Locally Optimum Detector) 방법과,⁵⁾ 1977년 Schwartz의 E-C(Estimator-Correlator)방법⁵⁾이다. 이들 연구는 가우스성 분포잡음은 물론 비가우스성(코오시, 라프라스안, 레일라이등) 분포잡음을 대상으로 하고 있지만 확률모형이 일정하다는 가정하에 이루어진 것^{6,7,8)}이며 레이다나 소우나⁹⁾와 같이 탐지용 통신계통(Searching communication System)에서 물체를 추정하거나, 인식하고자 할 목적으로 연구되어 왔다.¹⁾

따라서 본 연구에서는 상관함수를 원용하는 새로운 알고리즘을 개발하고 이에 대한 유용성을 검토하려 한다. 즉 신호의 형태만 알고 잡음의 분포를 모르는 OdB 정도의 미소 신호인 경우 자기상관함수의 패턴모형을 이용하여 신호의 특징을 파악하거나 추정하는 방법을 고찰한다. 또한 신호대 잡음비는 전압 레벨을 기준으로 하였다. 나아가서 현재까지 개발된 LOD와 E-C검출방식에 의해 얻어진 검출 결과와 비교하고자 한다.

2. 신호

(1) 신호와 잡음의 표현

신호란 원하는 파형만을 말하며 원하지 않는 파형은 모두 잡음이라할 수 있다. 본 연구에서는 OOK 신호가 주대상 신호로써 파형의 형태는 그림 1과 같고, 수식 표현은 식(1)과 같다. OOK 신호의 확률밀도함수(Probability density function : Pdf)의 분포는 그림 2와 같이 삼지창 형태의 특징적 분포를 하고 있음을 알 수 있다.

$$x(t) = \begin{cases} A \cos \omega t, & -t_0/2 \leq t \leq t_0/2 \\ 0, & \text{그외} \end{cases} \quad (1)$$

한편 백색 가우시안 잡음의 확률밀도함수의 표

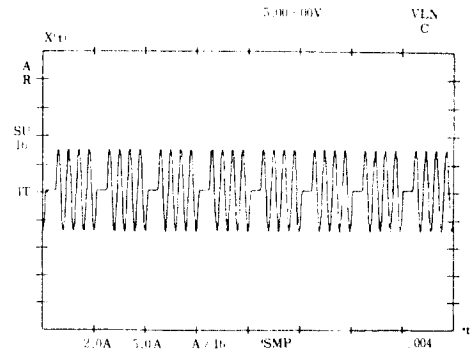


그림 1 OOK 신호(4 : 1)
OOK signal (4 : 1).

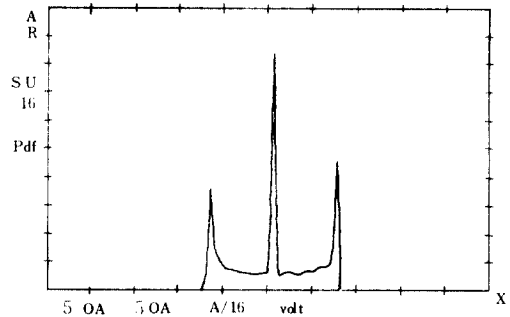


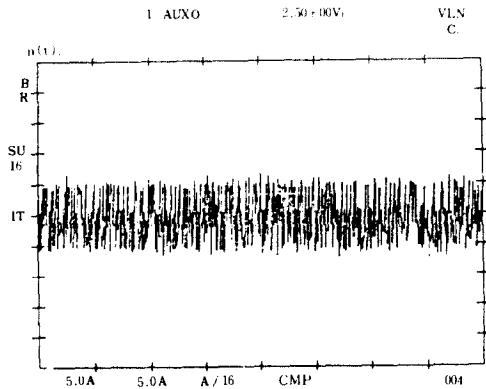
그림 2 OOK 신호의 Pdf
Pdf of OOK signal.

현은 식(2)와 같고, 파형은 그림 3과 같이 PB(Pseudo-Random binary)잡음 발생기와 시뮬레이션으로 구하여 사용하였으며 이의 확률 밀도함수는 그림 4와같이 식(2)에 근접된 형태가 됨을 알 수 있다.¹⁰⁾

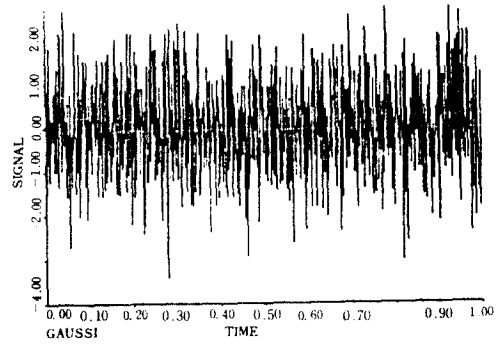
$$f_G(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

또한 비가우스성 잡음인 레일라이 잡음은 레이다나 소우나에서 발생하는 잡음의 통계적 모형으로 잘 알려져 있으며 페이딩 매질(Fading media)에서 전송되는 신호의 특성에 알맞는 모형이다. 레일라이 잡음의 확률밀도함수는

$$f_R(X) = \frac{X}{\sigma} \cdot \exp\left\{-X^2/2\sigma^2}\right\} \quad (3)$$

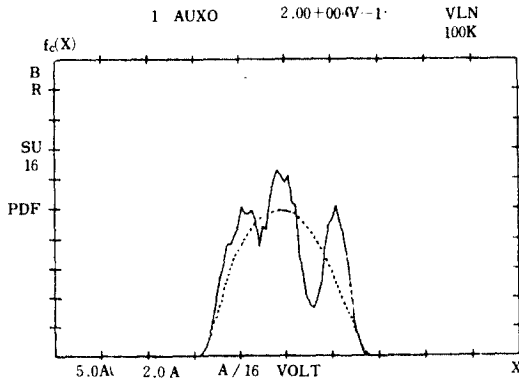


(a) 하드웨어인 경우

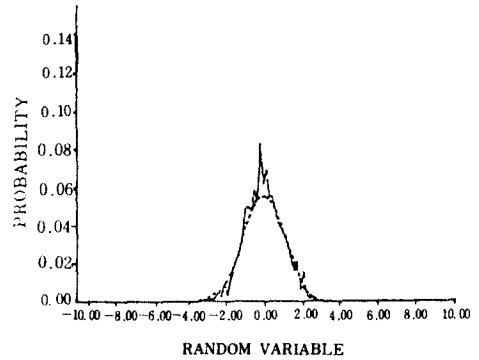


(b) 소프트웨어인 경우

그림 3 PB 가우시안 잡음 파형
PB gaussian noise waveform.

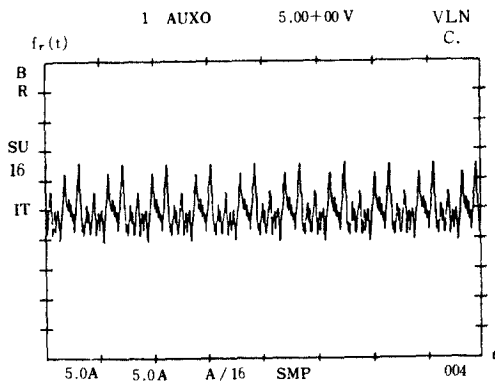


(a) 하드웨어인 경우

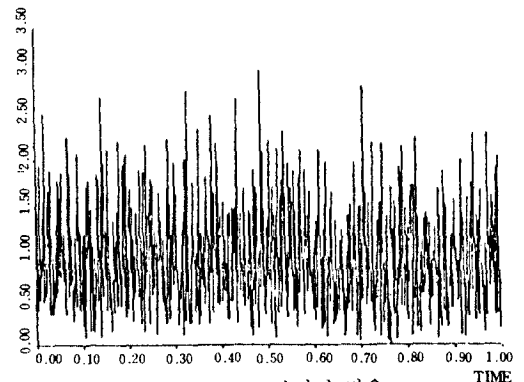


(b) 소프트웨어인 경우

그림 4 PB 가우시안 잡음의 확률밀도함수
Pdf of PB Gaussian noise.

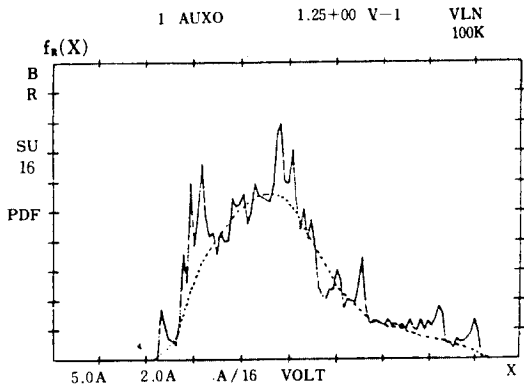


(a) 하드웨어인 경우

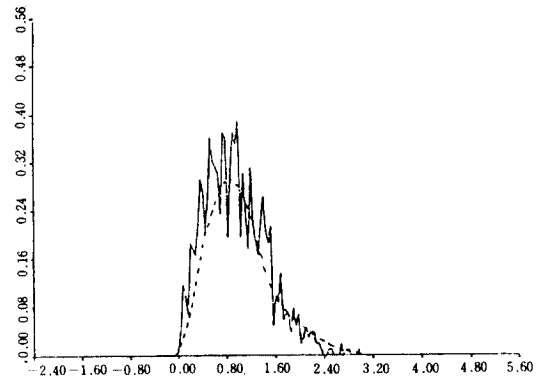


(b) 소프트웨어인 경우

그림 5 레일리성 잡음의 파형
Rayleigh noise waveform.



(a) 하드웨어인 경우



(b) 소프트웨어인 경우

그림 6 레일라이성 잡음의 확률밀도함수 Pdf of Rayleigh noise.

와 같고 레일라이 잡음의 표준 확률분포 모형에 근접한 파형을 발생시키기 위하여 파형 합성기로 발생한 파형과 시뮬레이션으로 구한 파형은 그림 5와 같고 이의 확률밀도함수는 그림 6과 같다.

확률밀도분포가 (3)식에 일치할수는 없으나 근접한 모형이 되는 것을 점선으로 표시하였다.

(2) 신호와 잡음의 신호해석적 분석.

신호해석 알고리즘은 전력 스펙트럼밀도, 상관함수, 코히어런스함수 등의 여러가지 방법이 알려져 있으며 실용되는 방법도 상당수에 이른다.^{11, 12)}

전력스펙트럼밀도 (Power Spectrum Density: PSD)는 단위 주파수가 가지는 전력양으로 정의되며, 신호의 주파수 특성을 쉽게 알 수 있다. 상관함수는 신호의 특징 추출에 사용되는 방법으로서 정의식은

$$r(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot x(t+\tau) dt \quad (4)$$

와 같다. 신호해석 방법으로 OOK 신호의 상관함수는 마름모꼴의 형태를 나타내고 있으며 이의 증명은 다음과 같다. (1)식의 OOK 신호에 대한 상관함수의 적분 구간은

$$\begin{aligned} -t_0/2 \leq t \leq t_0/2 + \tau, & \quad \tau \leq 0 \\ -t_0/2 + \tau \leq t \leq t_0/2, & \quad \tau \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

와 같으며 τ 를 +방향과 -방향으로 지연시키면

$$r_1(\tau) = \int_{t_0/2+\tau}^{t_0/2} A \cos \omega t \cdot A \cos \omega(t+\tau) dt, \quad \tau \geq 0 \quad (6 \cdot a)$$

$$r_2(\tau) = \int_{-t_0/2}^{-t_0/2+\tau} A \cos \omega t \cdot A \cos \omega(t+\tau) dt, \quad \tau \leq 0 \quad (6 \cdot b)$$

와 같고 (6·a) 식에서

$$\begin{aligned} r_1(\tau) &= \int_{-t_0/2+\tau}^{t_0/2} A \cos \omega t \cdot A \cos \omega(t+\tau) dt \\ &= A^2/2 \int_{-t_0/2+\tau}^{t_0/2} \{\cos \omega(2t+\tau) + \cos \omega \tau\} dt \\ &= A^2/2 \left[1/2 \omega \cdot \sin \omega(2t+\tau) \cdot \left|_{-t_0/2+\tau}^{t_0/2} + t \cdot \cos \omega \tau \right|_{-t_0/2+\tau}^{t_0/2} \right] \\ &= A^2/4 \omega \cdot \{\sin \omega(t_0 + \tau) - \sin \omega(-t_0 + 3\tau)\} + A^2/2 \cdot (t_0 - \tau) \cos \omega \tau \end{aligned} \quad (7)$$

와 같고, \sin 항의 차는 \cos 항 보다 훨씬 작으므로 다음과 같이 감소된다.

$$r_1(\tau) \approx A^2/2 \cdot (t_0 - \tau) \cos \omega \tau \quad (8)$$

또한 (6·b) 식도 같은 방법으로 정리하면 다음과 같다.

$$r_2(\tau) \approx A^2/2 \cdot (t_0 + \tau) \cos \omega \tau \quad (9)$$

여기서 포락선(envelope)은 다음과 같다.

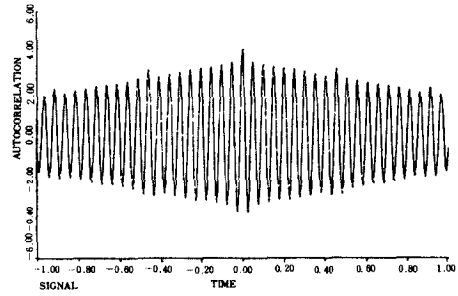
$$|A^2/2 \cdot (t_0 - \tau)| \leq \alpha_1 + \beta_1 \tau, \quad \tau \geq 0 \quad (10 \cdot a)$$

$$|A^2/2 \cdot (t_0 + \tau)| \leq \alpha_2 + \beta_2 \tau, \quad \tau \leq 0 \quad (10 \cdot b)$$

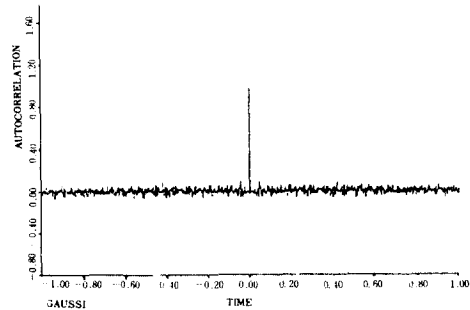
따라서 패턴 인식을 위한 방법으로 OOK 신호의 상관함수는 그림 7 과 같이 기본적으로 선형함수 각 각 변을 구성하는 마름모꼴의 아이패턴을 나타내고 있으며 PB 가우시안 잡음과 레일라이 잡음은 전형적인 임펄스 형태가 됨을 알 수 있다.

(3) 신호 검출 알고리즘

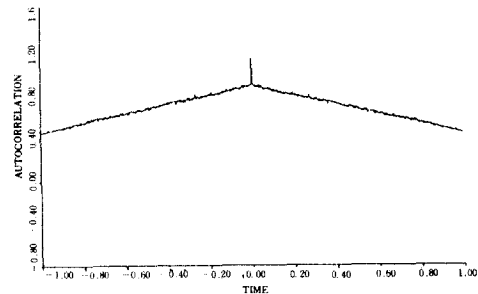
현대 통신은 도청의 확률을 낮추고 통신의 혼잡성으로 인하여 일반적으로 잡음이 많이 있는 상태에서 신호의 존재를 판별하게 된다. 따라서 실제로 부딪치는 문제는 송신측 보다 검출 과정에 특히 관심을 가지게 된다. 일반적으로 사용하는 판정기준은 베이어 판정기준과 니이만-피어슨 판정기준 등이 있으나 이들은 신호대 잡음비가 높은 경우에 유용한 것이기 때문에 0dB 정도의 미소신호를 검출하는데 있어서는 확률밀도 함수의 도함수를 최대로 하는 LOD방법⁶⁾을 사용하거나 CME(Conditional Mear Estimator)를 이용하여 우도비를 순환으로 구하는 E-C방법⁷⁾을 사용하는 것이 오판확률을 최소로 하고 검출확률을 최대로 하는 최적검출 방법이 된다. 임계치 결정 방법도 베이어 판정기준과 니이만-피어슨 판정기준에서 유도된 방법이 있으나 4종의 베이어 코스트를 설정해서 얻게되는 베이어 방법 보다도 니이만-피어슨 방법을 사용하는 것이 비교적 용이하다. 본연구에서는 오판 확률을 20%로 고정시



(a) 8 : 1 OOK 신호



(b) 가우시안잡음



(c) 레일라이잡음

그림 7 시뮬레이션 처리 결과의 모형
Model of simulation processing result.

켰을때 70%의 검출 확률을 얻은 방법을 이용하였다.²⁾

(1) LOD 알고리즘

LOD는 오판 확률을 고정시키고, 신호레벨이 영인 지점에서 전력함수의 도함수가 최대가 되는 값을 니이만-피어슨 판정기준에 적용시켜 구하는 방법이다.

또한 이 방법을 베이어 판정기준에 적용시켰을 때 LOBD(Locally Optimum Bayes Detector)라 한다.¹³⁾

본 연구에서는 임의의 잡음하에서 대역제한된 미소신호를 검출하는 문제를 고찰하려 한다. 즉 신호 $x(t)$ 와 잡음 $n(t)$ 은 알고있고, 진폭과 위상은 미지라 하였을때 협대역 잡음 모형을 순환적으로 대칭되는 확률 분포에 대해 LOD방법을 개발한 Modestino와 Ningo의 방법을 이용하였다.⁶⁾

(2) E-C알고리즘

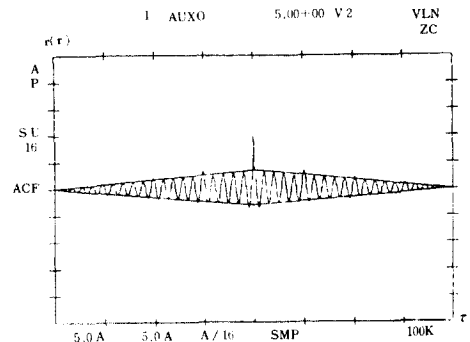
E-C구조는 연속 관찰에 대한 확률모형에서 최적검출을 위한 우도비 공식이 유도되었으며 이를 이산관찰에 대한 모형에서 유사한 특징이 개발되었다.⁸⁾ 따라서 본 연구에서는 이산관찰의 제한된 Global 최적검출에 대한 E-C구조를 LOD에 적용한 Gardner의 방법을 사용하였다.⁹⁾

LOD는 신호대 잡음비가 적은 미소신호에만 적용되는 데 반해서 E-C에 의한 LOD는 신호대 잡음비가 임의인 경우와 미소신호 뿐만 아니라 low-energy coherence 조건에도 최적검출을 할 수 있다는 장점이 있다.^{5, 6, 14)}

4. 신호 추정 알고리즘

현재 신호의 판정은 통계적인 방법으로 신호의 형태를 알고 있고 잡음의 확률분포를 가정하거나 알고 있는 경우에 신호의 존재 유무를 추정하는

방법이다. 본 연구에서는 신호의 형태를 몇개로 분류하고, 잡음의 형태가 임의로 분포하는 경우 자기 상관 함수의 패턴을 이용하여 신호를 추정한다. OOK신호의 온오프비가 4:1일 경우의 상관함수는 그림 8과 같이 피크점의 포락선 분포가 마름모꼴의 아이패턴의 형태가 됨을 알 수 있다. 그러나 잡음이 부가되면 신호의 상관함수 성분에 잡음의 상관함수 성분이 부가되므로 아이패턴이 찌그러진다. 찌그러지는 모형은 가우시안, 레일라일에 따라 달라지며 온 오프비가 4:1일 경우를 그림 9에 표시하였다. 여기서 잡음때문에 포락선의 추정이 어려움을 알 수 있다. 이를 해결하기 위하여 스무싱을 취하고 유사한 아이패턴의 형태로 바꾸어 주어야 한다. 따라서 잡음이 부가된 파형일지라도 피크점의 포락선 분포는 마름모꼴의 아이패턴으로 이루어 짐을 알 수 있다.



(a) 가우시안

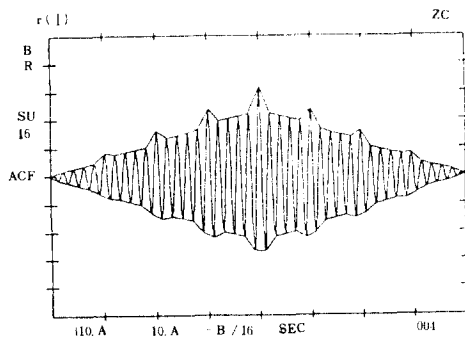
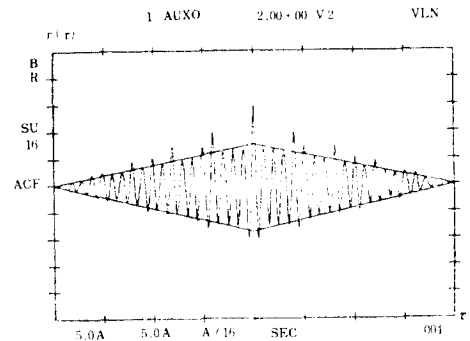


그림 8 피크점의 포락선 분포
Envelope distribution of peak point.

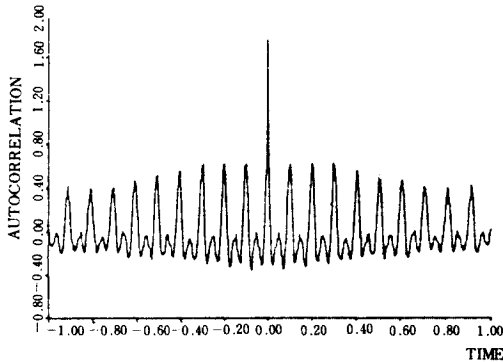


(b) 레일라이

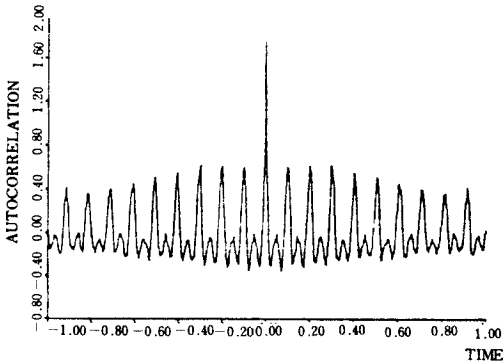
그림 9 잡음이 부가된 신호의 마름모 패턴
Diamond pattern of additive noisy signal.

(1) 스므싱 알고리즘

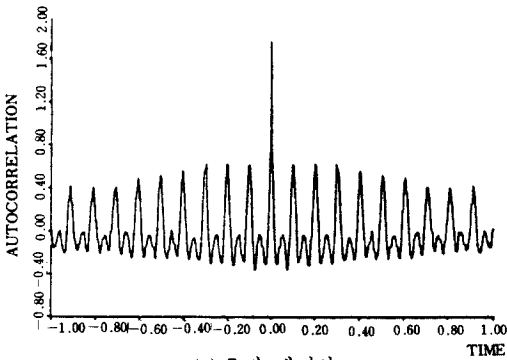
스므싱이란 잡음을 제거하여 수렴의 정도를 보다 완만하게 이루게하여, 원하는 특징을 얻고자 할 때 사용하는 방법으로서 평균자승오차를 이용하는 주기도(periodogram)방법¹⁵⁾과 LPC(Liner Prediction Code)계수방법^{16, 17)} 등이 사용된다.



(a) 3 점 메디안



(b) 5 점 메디안



(c) 7 점 메디안

그림10 메디안 알고리즘의 차수결정
Order determination of median algorithm.

SNR이 0dB 정도로 떨어질 때는 원하는 신호만을 추출하는 스므싱 처리 방법이 제대로 이루어 지지 않아 적응 잡음제거 필터(Adaptive Noise Cancelling Filter)¹⁸⁾와 같이 잡음과 신호를 상관시켜 얻어내는 방법이 많이 이용되어 왔다. 그러나 잡음이 부가된 신호를 상관함수로 구하였을 때 원하는 특징이 얻어지지 않는 경우이므로 다른 스므싱 처리 방법을 이용하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 Rabiner, Samber와 Schmidt가 제시한 비선형 스므싱 알고리즘 방법을 이용하였다.¹⁹⁾ 이때 가우시안 잡음이 섞인 신호를 3, 5, 7점 메디안 스므싱으로 처리하였을 때 최적차수는 5점임을 그림10에 표시하였다.

(2) 추정방법

잡음이 부가된 신호의 상관함수를 시뮬레이션으로 구하여 피크점을 이어가면 그림11과 같다.

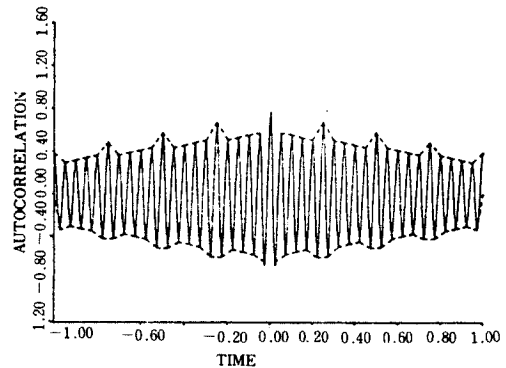


그림11 피크점의 진동 모형
Vibration model of peak point.

이를 그림 9와 비교하면 데이터 획득에서 DC 성분이 포함되어 앞부분이 위로 올라가 마름모꼴의 아이패턴(eyepattern)으로 이루어짐을 알 수 있다.

따라서 각변의 포락선을 1차식의 형태로 만드는 방법은 수치해석과 통계적 방법이 있으나, 포락선 각점의 데이터가 도표 상에서 직선 형태로 산포되므로서 다음과 같은 1차식 형태의 통계적 회귀 방법을 사용하였다.

$$P = \alpha + \beta q \tag{11}$$

마름모꼴의 아이패턴은 4 변으로 이루어지므로 각 변마다 1 차식을 구하여야하나, $q=0$ 에대칭되는 각 변은 중축과 교차되는 점의 값과 부호가 다를 뿐 기울기의 절대값은 같은 값을 갖게 되므로 4 변중 두 변의 1 차식과 두 변이 이루는 각만을 구하면 마름모꼴의 전체적인 특징을 알 수 있다.

원하는 신호의 추정방법은 $q=0$ 에서의 값을 비교하거나, 기울기를 비교하거나, 일차식의 두 변이 이루는 각을 비교하는 방법 등이 있다. $q=0$ 에서의 값을 비교하는 경우는 $q=0$ 에서 잡음 성분이 신호 성분에게 가장 많이 포함된다. 또한 두 변이 이루는 각을 비교하는 경우 FFT분석기에서 추정하는 α 의 값은 0인데 반해 시뮬레이션 처리하면 데이터 획득에서 생기는 DC성분의 영향 때문에 α 의 값이 임의의 값을 갖게 되므로 두 변이 이루는 각은 정확성이 결여된다. 따라서 신호를 추정 할 수 있는 검출지수와 임계치는 기울기가 가장 적당하다.

잡음의 기울기를 임계치로 하고 잡음이 부가된 신호의 기울기를 우도비에 대응하면 신호의 추정 방법은 다음과 같다.

$$A \frac{H_1}{H_0} \geq \lambda \quad (12)$$

여기서 λ 는 잡음이 부가된 신호나 신호만의 기울기를 표시하며, λ 는 잡음의 기울기로 한다. 임계치를 결정하는 방법도 신호의 전압은 일정인데 반하여 잡음의 전압이 커지게 되면 기울기도 상대적으로 커지게 되므로, 신호에 잡음이 부가되었을 지라도 신호가 가질 수 있는 기울기의 최대값과 0dB에서 잡음이 가질 수 있는 기울기의 최대값 사이에서 신호를 추정하는 방법으로 각 1 차식에 대해 두 개의 임계치를 설정해야 한다. 이를 그림12에 표시하였다.

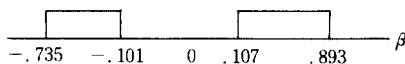


그림12 임계치 영역
Threshold region.

5. 결과 및 고찰

신호 처리를 위한 전체 시스템은 그림13과 같다. 이는 신호구성장치, 신호처리장치, 데이터 획득장치, 시뮬레이션 부분으로 대별되며 점선으로 표시한 부분은 FFT분석기를 표시한다. 신호는 OOK 신호의 온 오프비를 변화시켜 사용하였으며 잡음은 가우스성과 비가우스성으로 분리하였다. 그러나 잡음이란 가상의 파형이므로 완전한 형태의 잡음은 만들 수 없고 확률밀도함수의 모형에 유사하게 만들었다.

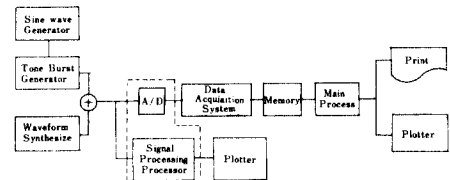


그림13 신호처리를 위한 전체시스템
Overall system for signal processing.

본 연구에서 사용한 컴퓨터는 CYBER-170을 사용하였고 시뮬레이션 결과는 CALCOMP 965 A plotter를 이용하여 구하였다. 또한 알고리즘의 처리는 FFT분석기의 고정된 화면을 데이터 획득 장치에 의하여 1024개의 샘플 데이터를 얻어서 사용하였다.

(1) 검출 결과

LOD와 순환E-C방법을 이용한 검출 결과는 SNR이 0dB정도에서 잡음과 OOK변조신호의 온 오프비를 변화시켰을때 오판확률이 25%이고, 검출확률이 70%인곳에서 기울기가 최대였으므로 이 지점을 임계치로 결정하였다. 이상의 임계치를 이용하여 신호의 존재 유무를 판정하면 그림 14와 같다.

(2) 추정 결과

SNR이 0dB에서 OOK변조신호의 온 오프비를 변화시켰을 때 잡음과 신호의 결과치는 그림15와 같다. 여기서 BETA 1은 위 방향의 기울기이고, BETA 2는 아래 방향의 기울기이다.

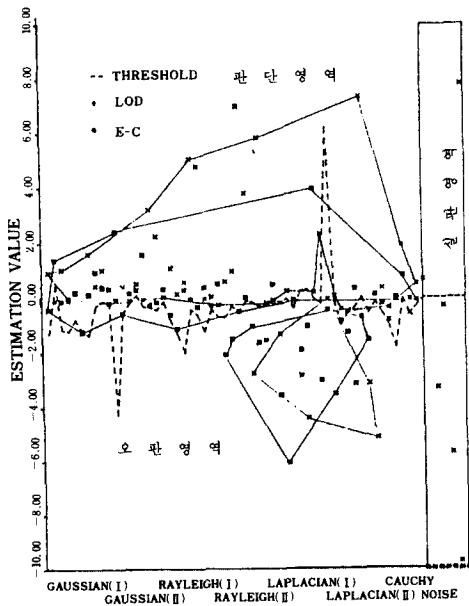


그림14 검출 결과
Detection result.

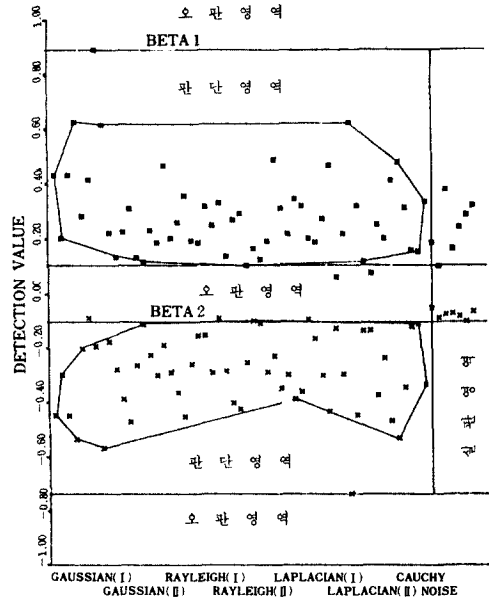


그림15 추정 결과
Estimation Result.

상관함수에 의한 추정 방법에서 임계치 설정을 검출 방법과 같이 2 개의 임계치를 설정하여야 하며 즉,

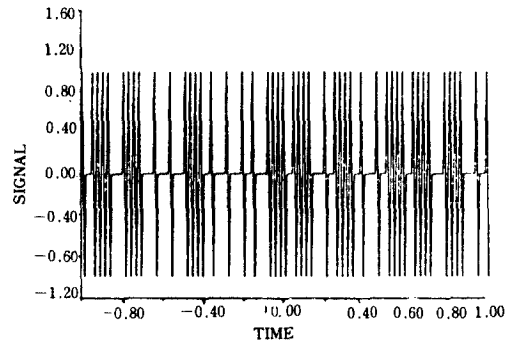
$$\begin{aligned} 0.107 < \text{BETA } 1 < 0.893 \\ -0.735 < \text{BETA } 2 < -0.101 \end{aligned} \quad (13)$$

와 같으며 기울기 값이 이 영역 안에 존재하느냐에 따라 신호의 존재 유무를 판정한다.

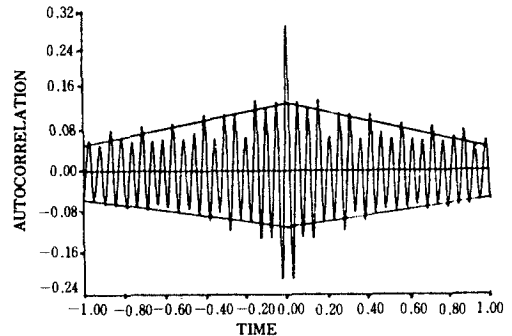
본 연구에서는 SNR이 0dB 정도인 경우를 취급하였지만 0dB 이하에서도 임계치의 적절한 선택으로 신호를 추정할 수 있다. 각 잡음이 4:1과 4:2의 OOK 신호에 혼합 되었을 때 0dB 이하에서의 결과는 표 1 과 같이 평균적으로 -6 dB까지 가능하였다.

표 1 최소 SNR 결정의 결과
Result of minimum SNR determination.

은오브비	4:1			4:2		
	dB한계	BETA 1	BETA 2	dB한계	BETA 1	BETA 2
가우시안(I)	-3	0.240	-0.267	-3	0.227	-0.394
가우시안(II)	-9	0.426	-0.674	-6	0.207	-0.369
레이라이(I)	-5	0.748	-0.596	-5	0.749	-0.576
레이라이(II)	-8	0.815	-0.619	-9	0.563	-0.501



(a) 파형



(b) 상관함수 (m=1024)

그림 16 은 오브비가 변화되었을 때의 상관함수 패턴
Correlation function when on-off ratio changes.

본 연구에서 사용한 OOK 변조 신호는 온 오프비가 일정하고 연속적으로 들어오는 경우만을 다루었으나 그림 16과 같이 온 오프비 (4:1, 4:2, 1:1, 1:2)가 랜덤하게 들어 올 경우 상관함수는 원점 이동의 성질로 아이패턴의 형태가 변함이 없음을 알 수 있다.

(3) 검출과 추정 결과의 비교

LOD와 E-C의 검출 방법과 상관함수의 추정방법을 55개의 데이터로 처리한 결과 그림 14와 같이 LOD는 44개를, E-C는 41개를 올바르게 판정하였다. 또한 상관함수의 추정 방법은 그림 15와 같이 49개로 약 90%가 올바르게 판정됨을 알았다.

6. 결 론

본 연구는 잡음이 혼입되어 있는 신호에서 원하는 신호의 존재를 파악하기 위한 알고리즘을 제안한 것이며, 이를 컴퓨터 시뮬레이션으로 처리한 결과 100KHz 대역에서 0dB 정도의 OOK 신호를 유용하게 검출할 수 있었으며 종래의 2~4 KHz 대역에서 3~9dB 정도를 검출하는 방법보다 양호한 결과였다. 또한 검출방법은 77%를 추정 방법은 90%를 올바르게 판정하므로서 LOD, E-C 방법보다 상관함수를 이용한 패턴인식 추출방법이 유용함을 알았다.

그러나 본 연구에서는 100KHz의 대역폭내에서 온 오프비의 단일 신호가 연속적으로 들어오는 OOK 변조 신호가 0dB 정도인 경우를 대상으로 하였으나, 보다 광대역(100KHz 이상)으로 확장시켰을 때의 문제점과 다른 신호가 혼입되었을 때와 같은 복합적인 경우와 임의의 주파수 대역에서 실제로 존재하는 신호를 검출 추정하기 위해서 적응 잡음 제거 필터로 전처리 시켰을 때 신호를 추출하여 처리하는 방법등에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

- (1) 진용옥, "디지털 신호 처리에 의한 불연속 구조의 검출과 추정에 관한 연구", 박사학위논문, 연세대학교 대학원, 1981. 6
- (2) 이재환, "LOD 방법을 이용한 미소신호검출의 최적 임계치 결정" 석사학위논문, 경희대학교 대학원, 1985. 2.
- (3) H. L. Van Trees, "Detection, estimation and modulation theory: part III," New York, Wiley, pp. 19-133, 1971.
- (4) J. Capon, "On the asymptotic efficiency of locally optimum detectors," IRE Trans. Inform. Theory, vol. IT-7, pp. 67-72, Apr. 1961.
- (5) S. C. Schwartz, "The estimation-correlation for discrete-time problems," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-23, no. 1, pp. 93-100, Jan. 1977.
- (6) J. W. Modestino and A. Y. Ningo, "Detection of weak signal in narrowband non-gaussian noise," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-25, no. 5, pp. 592-600, Sep. 1979.
- (7) W. A. Gardner, "Structural characterization of locally optimum detectors in terms of locally optimum estimators and correlators," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-28, no. 6, pp. 924-932, Sep. 1982.
- (8) N. H. Lu and B. A. Eisenstein, "Detection of weak signals in non-gaussian noise," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-27, no. 6, pp. 755-771, Nov. 1981.
- (9) R. J. Urick, "Principle of underwater sound," McGraw-Hill, pp. 343-366, 1975.
- (10) S. Haykin, "Communication systems," John-Wiley, pp. 3-58, 1978.
- (11) J. G. Proakis, "Digital communications," McGraw-Hill, pp. 6-54, 1983.
- (12) NSC 660B, "Dual channel FFT spectrum analyzer manual," Nicolet Scientific Corp., 1981.
- (13) D. Middleton, "Canonically optimum threshold detection," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-12, No. 2, pp. 280-243, Apr. 1966.
- (14) Y. G. Sosulin, "Estimation-correlation methods for detection of weak signals in noise and mathematical-heuristic synthesis," Eng. Cybern., vol. 9, pp. 909-918, 1971
- (15) H. Stark and F. B. Tutear, "Modern electrical communications theory and systems," Prentice-Hall, pp. 419-428, 1979.
- (16) L. R. Rabiner and R. W. Schafer, "Digital processing of speech signals," Prentice-Hall, pp. 398-404, 1978.
- (17) J. D. Markel and A. H. Gray, "Linear prediction of speech," Springer-verlag Berlin Heidelberg, pp. 18-59, New York, 1976.
- (18) M. R. Sambur, "Adaptive noise canceling for speech signals," IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-26, No. 5, pp. 419-423, Oct. 1978.
- (19) L. R. Rabiner, M. R. Sambur, C. E. Schmidt, "Applications of a nonlinear smoothing algorithm to speech processing," IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-23, no. 6, pp. 552-557, Dec. 1975.

(1) 진용옥, "디지털 신호 처리에 의한 불연속 구조의 검출과



申勝漢(Seung Ho SHIN) 正會員
1955年 7月28日生
1979年 2月：慶熙大學校工科學電子工
學科 卒業
1981年 2月：慶熙大學校大學院電子工學
科 卒業(工學碩士)
1985年 9月：慶熙大學校大學院電子工學
科 卒業(工學博士)
1986年 3月～現在：仁川大學電子計算學
科 助教授



陳庸玉(Yong Ohk CHIN) 正會員
1943年 3月21日生
1968年 2月：延世大學校工科學電氣工
學科 卒業
1975年 2月：延世大學校大學院電子工學
科 卒業(工學碩士)
1981年 8月：延世大學校大學院電子工學
科 卒業(工學博士)
1980年：通信技術士
1976年～現在：慶熙大學校工科學電子工學科 教授