

김 상 국
경희대학교

진 용 욱
경희대학교

Determination of Threshold Level of signal and noise
in Non-Gaussian Distributed Noise

Jeon, Sang Guk
Kyung Hee University

Chin, Yong Ouk
Kyung Hee University

This paper is concerned with the decision criterion of threshold level for optimal signal detection in non Gaussian distributed noise. Threshold levels have been found in maximum-likelihood decision criterion and Neyman-Pearson criterion. And they were compared with, respectively.

Detection probability of 86.2% can be obtained on the condition of 20% false alarm probability in Neyman-Pearson criterion. And it is similar to 85.3% obtained from maximum-likelihood decision criterion method.

1 序 論

디지털 통신 시스템에서 정보신호는 전송선과 수신선 및 전송선에서 잡음이 혼합하여 원래의 정보 신호를 구별하기 힘들게 된다.¹⁾ 이에 따라 여러가지의 정보 신호 방법의 의해 정보의 검출에 대한 연구가 계속되고 있다. 1,2,3) 아날로그 신호인 경우 신호검출은 필터링 방법이 계속되었으나, 디지털 통신에서는 통계적 방식으로 정보를 검출한다. 특히 1973년 멜사(Melisa)와 세이지(Sage)^{1,10)} 그리고 1965년 파폴리스(Papoulis)¹²⁾ 등이 집중적으로 연구하였다.

디지털 통신에서는 전송 전압이 0 Volt 일때, 수신 전압은 잡음 뿐이므로 $V=N$ 이 되지만 V_s Volt의 전압을 수신하면 $V = V_s + N$ 이 된다. 이때 N 이 가우시안 분포를 갖는다면 밀도함수는 대칭이 되고 결정기준(decision criterion)은 $V = V_s/2$ 이 된다. 그러나 가우시안이 아닌 비대칭의 경우에는 정보와 잡음의 비에 따라 오류률(false alarm probability)과 검출률(detection probability)의 비가 대칭축이 되는 결정기준을 구해야 한다.

이것 위해서는 정보와 잡음의 특성을 알아야 하며 각각의 밀도함수를 구해야 한다. 두 밀도함수의 교차점은 최대尤度비(maximum likelihood method)^{1,2,3)}로 표현되어 결정기준을 정확하게 피나 오프가 커서 신뢰도가 떨어지므로 오류률의

변화에 따라 검출률을 포함한 수신 동작 특성 곡선(receiver operating characteristic: ROC)⁸⁾에서 결정해야 한다.

본 논문은 정보가 혼합된 정보와 잡음의 밀도함수를 만들기 위해 정보 신호를 A/D 변환하고, 표준화된 잡음 신호는 마이크로 컴퓨터로 처리하여 데이터를 얻으며, 이를 컴퓨터 처리한 밀도함수를 얻는다. 여기서 최대尤度비 A(s)를 교차점으로 사용하고 ROC를 그려 최종 결정을 한다.

이를 위한 전체적인 시스템은 다음과 같다.⁶⁾



그림 1-1 전체 시스템 구성도

Fig. 1-1 Overall System Configuration

2. 判定基準 方法

(생략)

3. 實驗

통계적 방법을 사용하여 검출 한계를 결정하는 수신기를 구성하면 인의의 신호와 잡음에 대한 확률 분포를 알아야 하고, 이의 검출 한계는 전술한 결정 이론에 따라서 변하지 않을 것이다.

이와 같은 과정을 하드웨어로 처리하기 보다는 소프트웨어로 처리하는 것이 좋다. 왜냐하면 신호의 종류가 많을 뿐 아니라 변화가 극심하기 때문이다.

소프트웨어 처리를 하려면 먼저 이날로그 디지털로 변환시켜서 컴퓨터 입력으로 처리하도록構成한다. 즉 신호의 전처리와 후처리의 2 단계로 내림에서構成하고 이에 대한 실험을 행한다. 전처리 과정에서는 이산 데이터를 얻기 위해서 마이크로 컴퓨터로 처리하여 디지털 신호를 얻는 데이터 획득(data acquisition) 방법을 구성하였으며, 확률 통계 방법은 대형 컴퓨터에 의해 처리하였다.

최적 신호를 검출하기 위한 시스템은 다음과 같다.

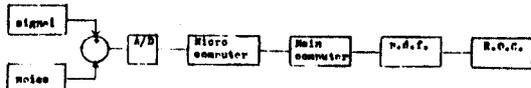


그림 3 - 1 신호 검출기

4. 실험 결과 및 고찰

153 msec 동안 標本化된 6.10×10^6 개의 샘플과 신호의 이산 데이터는 표 4-3과 같다. 이는 라디오 음의 진폭을 마이크로 컴퓨터에 기억시켜 프린터로 출력해 얻어낸 것이다. 이 데이터들이 컴퓨터 입력으로 사용될 것이며 시간 공간에서의 데이터들이다.

pdf를 얻기 위한 각 변수의 진폭 값은 표 4-4와 같다. 이는 시간 공간에 있는 신호의 진폭 152의 크기를 32 레벨로 나누어 각 레벨에 해당하는 이산 데이터의 갯수를 누적한 것이다.

누적 갯수는 $\frac{1}{N}$ 의 전체 신호를 나누어 갯수를 누적한 것이다. $\frac{1}{N}$ 은 시간 구간의 기간 T 에 f_s 이의 결과

pdf 그래프는 그림 4-1과 같다. 실험 결과로 얻은 신호와 잡음의 pdf는 가우시안 분포와 유사함을 알 수 있으나 정확한 확률 분포 함수식으로 추정하기 어려우므로 분포식에 의한 최적한계 결정이 불가능하다. 검출 확률의 변화에 의한 ROC 곡선으로 표현시켜 ROC 곡선에서 적당한 판정기준을 결정한다. 이를 위한 ROC 곡선은 그림 4-2와 같다. 본 실험에서 대상으로 한 ROC 곡선은 위로 볼록하며, $P(d_2/m_1) = P(d_2/m_0)$ 의 첫 부분에서 증가함

을 보이고 있다. 그러나 원점 부근에서 아래로 볼록한 것은 내상이 많이 되었기 때문이고 또 이는 한 점으로 간주되어야 한다 (그림 4-2에서 C로 표현된 구간). ROC 곡선의 기울기가 높수록 P(FA)의 증가에 비해 P(D)의 증가가 커진다. 따라서 최적한계를 결정할 때 ROC 곡선의 기울기가 최대인 점을 결정하면 최적한계점을 선택할 수 있다. 그러나 본 실험에서는 원점에 가까운 부분에서 최적 조건을 선택하면 P(D)의 값이 상대적으로 너무 작기 때문에 이 값을 정할 수 없다. 따라서 나란-피어슨 판정 기준으로 20%의 P(FA)를 고정시키고 최대의 검출 확률을 얻는다.

다음은 ROC 곡선의 기울기 변화에 따른 오차확률과 검출확률의 변화를 나타낸 것이다.

표 4-1 ROC 곡선의 기울기에 대한 확률변화

Table 4-1 Variance of Probability for ROC Curve

SLOPE	P(FA)	P(D)
36.6	1.0	13.3
22.4	1.1	16.7
15.6	1.3	20.5
15.6	1.6	25.6
14.2	2.0	31.7
9.2	2.5	38.5
6.5	3.3	46.1
4.6	4.5	53.9
3.3	6.1	61.0
2.4	8.1	67.8
1.7	10.8	74.1
1.2	14.0	79.5
0.9	18.0	84.4
0.6	22.8	88.6
0.4	27.9	91.9
0.3	33.3	93.9
0.2	34.2	95.8
0.12	44.9	96.7
0.12	51.5	97.5
0.09	58.6	98.1

그림 4-1에서의 교차점의 위치 및 오차확률과 검출확률의 상대비 값은 표 4-2와 같은 결과를 얻었다.

표 4-2 pdf의 교점

Table 4-2 Intersection point of pdf

 INTSEC. POINT 0.64440E+04
 P(D2/Z1) = 0.144429E+04
 P(D2/Z2) = 0.64928E+04

표 4-3 이산데이터

Table 4-3 discrete data

```
INPUT DATA
*****
070906131922272313236323130302520171010101016172127803963093596160975950442332
30262223232727202017182331395044943474497809356306444434322820101010117014
202228313173436303630363036303630363036303630363036303630363036303630363036
262020.025273134364036740474464636303641436263634347424039333025217020172A028
8030130357304746464646464646464646464646464646464646464646464646464646464646
66464646464646464646464646464646464646464646464646464646464646464646464646
131722731739403938362725235736740382C16110307103794630E13901824131722773036
373773747473020201116172335874536504512070908126862120959376366403111A
011818354756231307918828181310001C0131535751076440266310E971711E1254046164
10131613.0192026357605550432027282835369181858441A03233323024272733475658
261740261712202747380554636262035403273117203537191C1C1225-000202027405697
3643252911774720747242335737366840314382708233593844890523357036458162011
272173535467482101261222727262356532723275036302036122780313847674743034
20202426363363648946326329292926313C47967429302A2722A2630394146938322C2A
2252312528394595363020281818237483648660362C27802823E17464844814636232C24
28282027434644035302A2727272724313848504C4713A2C2826272927374744474239512B27272
23637474747474747474747474747474747474747474747474747474747474747474747474
7747474747474747474747474747474747474747474747474747474747474747474747474
30474463632782623252A313646474354322E2028302031374367434037312C2A2A2E2E35945
48644393201E18181C1D1E275267731171913161D2B1D1E726252E235C28892A282C2D2F
282833228351348181823303036C022727300710730036112A2710230811353637C1D32A39
35343F403632381933343A10C1C23B35C21818302E3A303C32333433323334353637383940
41403734201732E42329701492020126362A5P2E049P285A1A1E18292381E275A3A413E3F3A
1713C394737363534333231302928272625242322212019181716151413121110987654321
3F7483646323A30181C3B3C3D4646454182018363C2D3036C4D3124181C252641273C3C3C404E4B
20202020212E2F2F3531333933F484C4058402E324024C11932640274053384E3030363F4C4D
4F401469364036201E181818181818181818181818181818181818181818181818181818181
30304F2E3F4C3C303F3B353C212F281B232233C3E503A3D3A3F2E51E523432434435363534
363F464E34363535353535353535353535353535353535353535353535353535353535353
332535495234532523213131C181A1820281C282929292929292929292929292929292929
0A1A1351364C374254254254254254254254254254254254254254254254254254254254254
7247302E36353335344E30312838393E3F3C222523221222040022E3E4132C3E3F3A383B3C
263C363A39384637218391007181818181818181818181818181818181818181818181818
35343A374C3427916C2B2A1C01E1D3A3A4302726253F273A363C3030344D3A383C3030403F4F
202134538394642E2E513241403F38081E1D1C1B20364026393536262D2E2F273031323334403D
3A3B363735303C322F311837333C3A433A33314E4132181818181818181818181818181818
194141022223C28302D3E3E303D1E16243F3027381A3D33332213031323334353637
1A3E343532313029282F2E1F3A28192C1C1CAFF
```

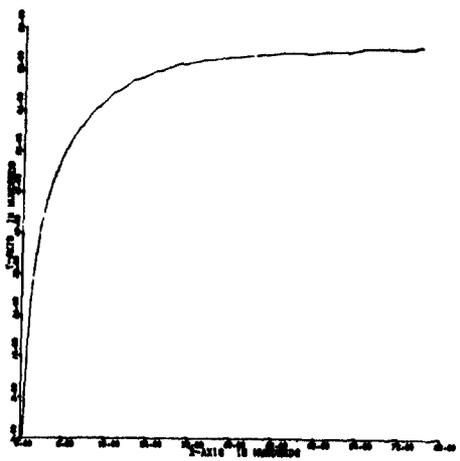


그림 4-2 ROC 곡선 출력 Fig. 4-2 ROC Curve output

표 4-4 Pdf 전폭값 Table 4-4 amplitude of pdf

Table with columns for various parameters and values.

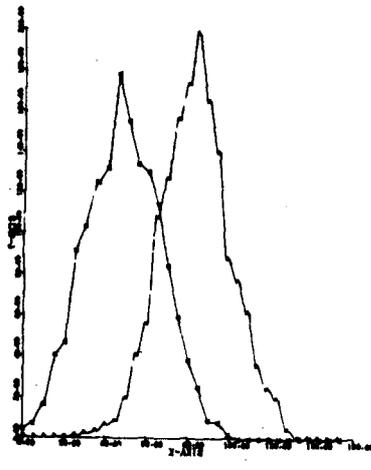


그림 4-1 Pdf 출력 Fig. 4-1 Pdf output

5 결론

本論文은 任意의 雜音分布를 갖는 雜音 중에서 最適의 信號를 檢出하기 위한 閾限點 決定에 關한 研究한 것이다.

시스템에서 실제 존재하는 雜音은 복제 가우시안 분포가 되기 어려우며, 가우시안 분포를 하지 않는 경우는 雜音과 信號의 pdf를 구하여 統計의 解析 方法에 의해 閾限點을 구해야 한다.

특수한 조건을 제시하면 3장에서 설명한 확률론을 判정기준과 베이 리스크 判정기준으로도 구할 수 있다.