

폐질환 진단을 위한 잡음환경에 강건한 폐음 패턴 분류법에 관한 연구

論 文

51D-3-6

A Study on Robust Pattern Classification of Lung Sounds for Diagnosis of Pulmonary Dysfunction in Noise Environment

呂松弼* · 全昌翼** · 俞世根** · 金德暎*** · 金成煥§

(Song-Phil Yeo · Chang-Ik Jeon · Se-Keun Yoo · Duk-Young Kim · Sung-Hwan Kim)

Abstract - In this paper, a robust pattern classification of breath sounds for the diagnosis of pulmonary dysfunction in noise environment is proposed. The feature parameter extraction method by highpass lifter algorithm and PM(projection measure) algorithm are used. 17 different groups of breath sounds are experimentally classified and investigated. The classification has been performed by 6 different types of combinations with proposed methods to evaluate the performances, such as ARC with EDM and LCC with EDM, WLCC with EDM, ARC with PM, LCC with PM, WLCC with PM. Furthermore, all feature parameters are extracted to 80th orders by 5th orders step, and all experiments are evaluated in increasing noise environments by degrees SNR 24dB to 0dB. As a results, WLCC which is derived from highpass lifter algorithm, is selected for the feature parameter extraction method. PM is more robust than EDM in noisy environments to test and compare experimental results. WLCC with PM method(WLCC/PM) has a better performance in an increasing noise environment for diagnosis of pulmonary dysfunction.

Key Words : PM, EDM, LCC, WLCC, highpass lifter

1. 서 론

폐질환의 진단을 위해서는 청진에 의한 방법, 폐기능 검사, 기관지 내시경 검사, 미세 침 흡입법, X-선 검사 등의 방법이 사용된다. 그러나 이러한 방법들은 경험이 많은 내과 의사의 청각 및 시각에 의한 의존도가 높으며, 폐기능 검사는 호흡기 질환이 있거나 중환자의 경우에는 시술에 용하기가 어려운 점이 있다. 기관지 내시경 검사나 미세 침 흡입법의 경우는 환부에 직접적인 접촉으로 출혈 및 기흉, 감염 등의 위험성을 내포하고 있는 등 단점을 가지고 있다.

청진기를 사용하는 방법은 호흡기 계통 뿐만 아니라 흉부, 복부 등의 질환과 이상을 진단하거나 확인하는데 효과가 있다. 폐 또는 호흡기 질환의 청진음은 발병부위와 질환의 종류에 따라 차이가 있으며, 특색이 있는 경우[1]가 많으므로 폐음(lung sound)은 임상에서 의사가 폐 및 기관지 질환을 진단하는데 중요한 역할을 하고 있다. 폐음을 분석하는데 있어서 인간은 표본화된 소리의 양을 정량화 할 수 없으므로 주파수 영역이나 시간 영역에서의 해석방법을 통하여 임상 및 진단에 이용하려는 시도가 이루어져 왔으며, 최근에는 폐음의 다양한 디지털 신호처리에 관심이 높아지고 있다

[2][3][4].

1960년대에 P. Forgas[5]는 폐음으로부터 호흡 시스템에 대해 해부학적으로 합리적인 근거를 제공하려는 시도를 했다. 초기에는 흉부로부터 수집된 폐음 신호를 시간영역의 해석을 통하여 진단을 시도하였고, Banazak[6], Nachman[7], Murphy[8]등은 주파수 영역의 해석을 시도하였다. 이러한 시도들은 다양한 폐음을 분류하기 위해서는 경험이 많은 내과 의사의 시각적인 판단이 요구되었으며, 정량화된 결과를 제시할 수 없는 단점을 가지고 있었다. 그리고 Murphy는 석면 침착증 환자의 폐음을 고속 푸리에 변환하여 전력스펙트럼 해석을 시도하였으나, 스펙트럼을 분류하는데 많은 계산과 시간적 판단이 필요하여 유용하지 못하다는 단점이 있다.

Cohen[9]은 폐음신호에 대해서 자기회귀 모델링을 적용하여 추출된 자기회귀 계수(auto-regressive coefficient : ARC)를 이용하여 정상적인 폐질환 진단과 상기도에서 수집되는 음성을 음향학적으로 분석하여 폐질환의 자동분류를 시도하였다. 그러나 정상적인 폐음에 대한 분류를 시도했을 뿐 병리학적으로 발진하지 못했으며, 상기도의 음성분석은 질환의 증상이 심한 환자는 제대로 발진을 못하는 경우에 근본적인 음성 데이터를 얻지 못한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 잡음에 강건한 고역 lifter 함수를 이용한 가중 선형 켈스트럼(weighted linear cepstral coefficients : WLCC)로 특징 파라미터를 추출하고, 패턴 분류 알고리즘으로 사영 측도법(projection measure : PM)을 사용하는 방식을 제안하였다. 그리고 단계적으로 잡음을 부가하는 실험을 통하여 잡음환경에서 다른 방법에 비하여 강건함을 입증하였다. 다른 방법으로는 자기회귀 계수와 선형 켈스트럼 계

* 正 會 員 : 韓 國 放 送 廣 告 公 社 廣 告 研 究 所 研 究 委 員 · 工 博

** 正 會 員 : 瑟 爾 市 立 大 學 校 電 子 電 氣 工 學 部 博 士 課 程

*** 正 會 員 : 瑟 爾 市 立 大 學 校 電 子 科 前 任 講 師 · 工 博

§ 正 會 員 : 瑟 爾 市 立 大 學 校 電 子 電 氣 工 學 部 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 2001年 11月 30日

最 終 完 了 : 2002年 1月 14日

수(linear cepstral coefficients : LCC)로 추출한 특징 파라미터와 유클리디언 거리 측도법(euclidean distance measure : EDM) 등과 비교 적용하여 성능을 비교함으로써 본 연구에서 제안된 방법이 잡음환경에서 우수한 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

2. 폐음의 특징

2.1 정상 폐음

폐음의 수집 위치에 따라 일반적으로 4가지로 분류 할 수 있다.

- ① 폐포성 폐음(vesicular breath sounds : VBS) : 거의 전폐야에서 들을 수 있는 정상적인 호흡음이다. 흡기(inspiration)시에 크게 잘 들리며 멈추지 않고 연속적으로 배기(expiration)의 초기까지 들리는데, 흡기 시간이 배기 시간보다 훨씬 길다. 부드럽고 낮은 피치(low-pitched)를 나타내며, 배기시는 흡기시보다 소리가 적으며 거의 들리지 않을 정도이다.
- ② 기관지성 폐음(bronchial breath sounds : BBS) : 소리가 아주 크며 높은 피치를 가진다. VBS에 비해서 훨씬 음조가 높고 매우 거친 소리로 흡기와 배기의 사이에 뚜렷이 중단되는 정지기가 특징적이며 배기의 끝까지 잘 들린다. 정상 폐야에서는 들리지 않고 경부기관 부위에서 직접 들을 수 있다.
- ③ 기관지 폐포성 폐음(bronchial vesicular breath sounds : BVBS) : VBS와 BBS의 중간에 해당되는 혼합된 양상을 나타낸다.
- ④ 기관성 폐음(tracheal breath sounds : TBS) : 후두부 근에서 수집되고 매우 크고 높은 피치를 가지며 거칠다. 배기 시가 흡기 시보다 약간 길다.

2.2 비정상 폐음

폐질환의 발생으로 정상인의 폐음 수집위치에서 다른 양상을 띤 신호의 특징을 보일 때 비정상성 폐음이라고 한다. 비정상성 폐음은 다양한 폐질환과 많은 연관 관계를 갖는

다. 이러한 특징을 진단에 응용할 수가 있으며, 비정상성 폐음을 수집위치와 관련된 질환과 특징은 표 1과 같다.

3. 특징파라미터 추출 및 패턴 분류

3.1 파라미터 추출

폐음 신호는 전체적으로는 비정상(nonstationary) 신호이지만, 짧은 구간에서는 통계적 특성이 일정하다고 가정한다 [10]. 폐음 신호에 대해서 AR 모델링하면 아래의 식(1)으로 표현할 수 있다.

$$s(k) = \sum_{i=1}^p a_i s(k-i) + e(k) \quad (1)$$

여기서 $s(k)$ 는 폐음, a_i 는 자기회귀 계수(AR 계수), p 는 모델 차수, $e(k)$ 는 오차 신호이다. (단, $k=1,2,\dots,M$) 자기회귀 계수 a_i 는 Levinson 알고리즘으로, 최적의 차수 p 는 Akaike의 FPE(final prediction error) 테스트를 수행하여 결정할 수 있다.

캡스트럼은 비선형 신호처리의 한 방식으로 푸리에변환과 로그변환을 이용하여 컨벌루션 형태로 표현된 신호들을 덧셈의 형태로 바꿔서 분리하는 특성이 있다[11]. 변화가 심한 폐음 신호를 캡스트럼으로 해석하게 되면 각 성분들의 분리가 가능하고 선형 결합된 형태로 나타낼 수 있다.

폐음 신호 $s(n)$ 의 캡스트럼은 식(2)와 같이 나타내어진다.

$$C_s(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log|S(\omega)|e^{j\omega n} d\omega \quad (2)$$

여기서, $S(\omega)$ 는 폐음 신호 $s(n)$ 을 푸리에 변환한 결과이다.

캡스트럼을 구하는 또 다른 방법은 자기회귀 계수 분석에 의해 파생된 스펙트럼 포락선으로부터 선형 캡스트럼 계수를 구하는 것이다. LCC는 AR 계수로부터 순환적으로 계산

표 1. 비정상 폐음의 명칭과 수집 위치 및 증상[5]

Table 1. Collection points and symptoms of abnormal lung sound

비정상적인 폐음		수집위치	증상
악설음 crackles(CS)	high pitch crackles(HCS)	흉부, 입	만성기관지염, 천식, 폐기종
	low pitch crackles(LCS)		
	early inspiratory crackles(EICS)		간질성 섬유증, 석면증, 폐렴, 폐육종
	late inspiratory crackles(LICS)		
천명음 wheezes(WS)	high pitch wheezes(HWS)	기관지의 말단부근	천식, 석면증, 간질성 섬유증,
	low pitch wheezes(LWS)		만성 폐쇄성 폐질환, 폐기종, 천식
	monophonic wheezes(MWS)		
	polyphonic wheezes(PWS)		
협착음 stridors(STS)		기관지, 후두	후두 종양, 기관지 협착증
흉막마찰음 pleural friction rubs(PERS)		흉부	흉막의 이상
기관지누출음 squawks(BLSQS)		흉부	폐섬유증
폐섬유증음 bronchial leak squeaks (SQS)		기관지 관상	무의식적인 기흉증

되어지며, 아래의 식(3), 식(4)와 같이 정리된다.

$$c_0 = -\ln \sigma^2 \quad (3)$$

$$c_i = a_i + \sum_{n=1}^{i-1} \left(\frac{n}{i}\right) c_n a_{i-n}, \quad 1 \leq i \leq p \quad (4)$$

여기서 σ^2 는 오차 신호의 전력을 c_0, c_i 는 캡스트럼 계수를 나타낸다.

캡스트럼 계수의 저차 부분은 전체적인 스펙트럼의 경사에 대한 민감도를 나타내고, 고차 부분은 잡음에 대한 민감도를 반영한다. 이러한 민감도를 감소시키기 위해서 tapered window를 사용하여 가중치를 주는 방법이 연구되었다[11]. 이러한 방법은 식(5)과 같이 로그 스펙트럼으로 나타낼 수 있다.

$$\log|S(e^{j\omega})| = \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_m e^{-j\omega m} \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial \omega} [\log|S(e^{j\omega})|] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-jm) c_m e^{-j\omega m} \quad (6)$$

식(6)에서 가중치의 WLCC \hat{c}_m 은 다음의 식(7)이 된다.

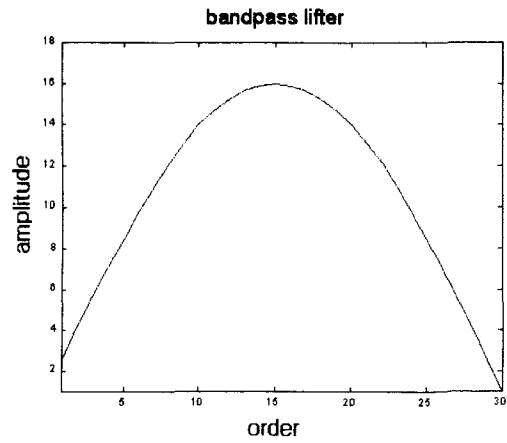
$$\hat{c}_m = c_m (-jm) \quad (7)$$

\hat{c}_m 의 m 이 무한히 큰 값으로 되는 것을 피하기 위해서 $m = Q$ 까지로 제한하면 식(8)이 된다.

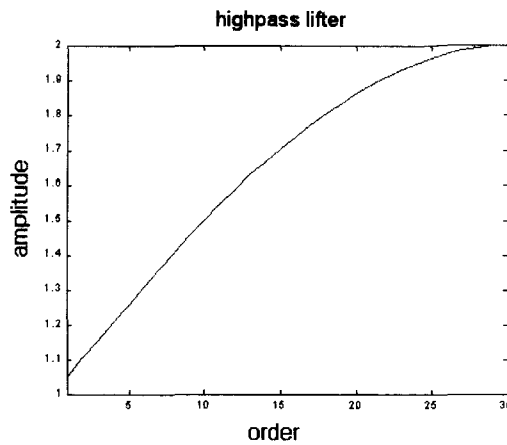
$$\hat{c}_m = \omega_m c_m, \quad 1 \leq m \leq Q \quad (8)$$

여기서 ω_m 은 가중치 함수이며, lifter로 사용하는 경우 $m=1$ 에서부터 $m=Q$ 의 사이에서 캡스트럼 계수의 강도를 조절한다. 이러한 가중치 함수를 $Q=30$ 인 경우 그래프로 나타내면 그림 1(a)와 같이 표시된다.

일반적으로 기존의 대역 lifter는 차수가 어느 정도 증가하면 가중치가 감소되도록 설계한다. 그러나 본 연구에서는 고차부분의 캡스트럼 계수가 잡음에 대한 민감도를 반영하고 있는 점을 감안하여, 고차부분을 강조할 수 있는 고역 lifter로 가중치 함수를 적용하였다. 고차 부분을 강조하기 위하여 그림 1(b)와 같이 차수에 따라 가중치도 계속 증가되도록 하였다.



(a)



(b)

그림 1. 가중치 함수 (a) 대역 lifter (b) 제한한 고역 lifter

Fig. 1. The weighted functions (a) Bandpass lifter (b) Proposed highpass lifter

그림 2, 3은 가중치 함수가 스펙트럼에 미치는 영향과 잡음 환경아래에서의 실험결과이다. 그림 2는 신호원 120Hz, 200Hz의 정현파 성분과 그림 3은 12.47 dB의 백색잡음을 부가하여 각각의 스펙트럼을 비교하였다. 그림에서 고역 lifter 방식을 적용한 고역 lifter 스펙트럼이 성분 주파수를 더욱 확실히 구분할 수 있다.

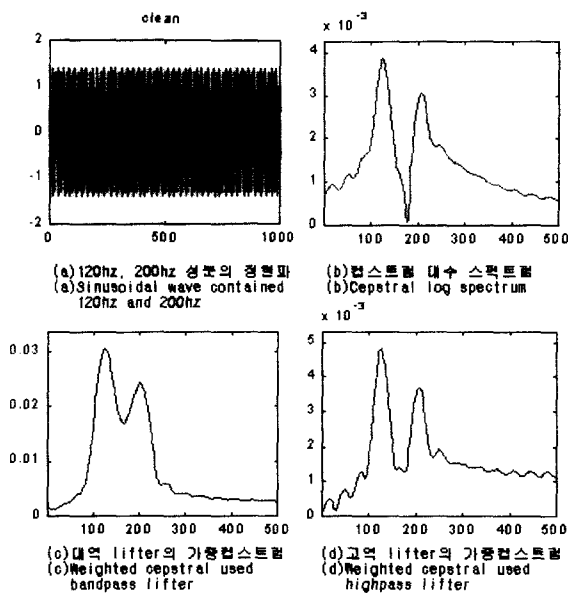


그림 2. 무잡음 정현파의 로그 스펙트럼
Fig. 2. The log spectrum of sinusoidal wave

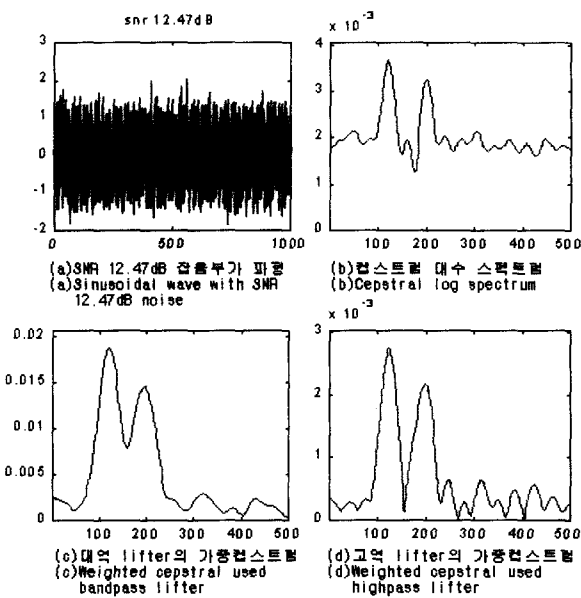


그림 3. 잡음 정현파의 로그 스펙트럼
Fig. 3. The log spectrum of sinusoidal wave with additive noise

3.2 잡음환경에서의 유사도 측정법 비교

패턴의 분류와 유사도 측정(similarity measure)에서 많이 사용되고 있는 기존의 EDM은 패턴간의 거리를 정량적으로 측정하는 방법이다. 또한 두 개의 패턴벡터 간의 사잇각과 패턴 벡터의 사영각을 이용하여 유사도를 측정하는 것이 사영 측도법(projection measure : PM)이다. PM의 기준 패턴

벡터와 임의의 시험 패턴벡터의 사잇각은 그림 4와 같이 사영에 의한 방법으로 식(9), (10)와 같이 표현할 수 있다.

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{X} \mathbf{R}_i^T}{\|\mathbf{X}\| \|\mathbf{R}_i\|} \quad (9)$$

$$d(\mathbf{X}, \mathbf{R}_i) = \|\mathbf{X}\| (1 - \cos \theta) \quad (10)$$

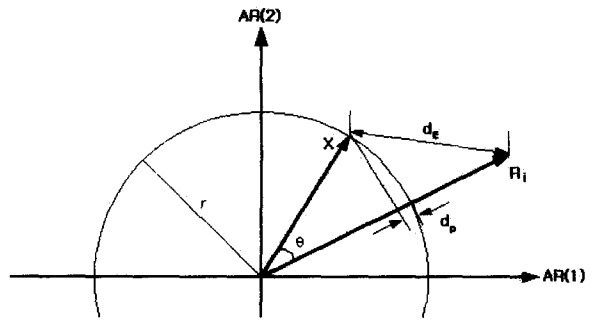


그림 4. PM(dP)과 EDM(dE)의 비교
Fig. 4. Comparison of the PM(dP) and the EDM(dE)

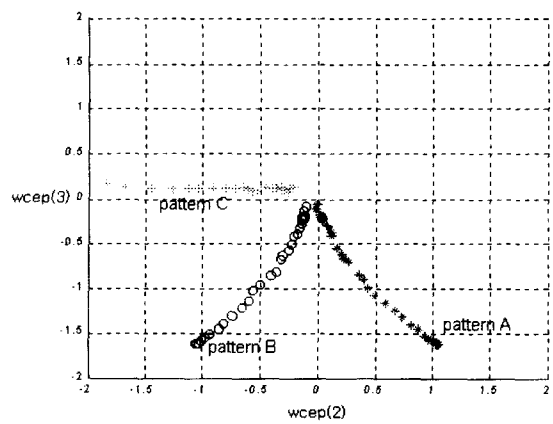


그림 5. SNR과 놈 거리와의 관계(WLCC(2), WLCC(3)는 추출된 계수값을 나타낸다.)
Fig. 5. The relation between SNR and distance of Norm(WLCC(2), WLCC(3) represent the extracted coefficients)

EDM은 기준 패턴벡터 \mathbf{r}_i 와 시험 패턴벡터 \mathbf{x} 의 거리 d_e 를 기준으로 유사도를 판별하지만, PM은 두 벡터의 사잇각과 사영에 의한 거리의 차이 d_p 를 기준으로 유사도를 판별한다. 그림 5는 잡음의 유입에 따라 특징 파라미터의 놈(norm)이 감소되는 것을 보여주는 모의 실험 결과이다. 실험은 임의의 패턴 A(*), B(o), C(+) 세 개를 선정하고, 2차 특징 파라미터를 추출하였다. 그리고 백색잡음을 부가시키면서 2차원의 벡터공간에서의 변화를 기록하였다. 최초의 잡음이 없는 패턴벡터는 원점으로부터 가장 멀리 떨어진 곳

에서 시작하여, 잡음이 증가할수록 패턴벡터간의 거리가 좁아지면서, 공통적으로 모두 원점 근처로 이동하였다. 10dB 정도의 잡음이 유입되었을 때, 특징 파라미터의 위치가 거의 영에 가까워지며 ARC, LCC, WLCC의 경우 모두 같은 형태를 나타낸다. 이것은 특징 파라미터간의 거리가 잡음에 의해 거리의 높이가 변화하고 감소됨을 나타낸다. 그러나 거리의 변화에 비교해서 각각의 패턴벡터간의 각도는 어느 정도 최초의 각도를 유지하고 있다.

이와 같이, 본 논문에서 제안한 PM은 거리와 상관이 미약한 특징 파라미터간의 사잇각과 사영에 의한 각도를 기준으로 유사도를 판별하고 있으므로 EDM보다 잡음환경에서 안정도가 높을 것으로 판단된다.

4. 실험 및 결과 고찰

폐음 분류에 이용된 폐음 신호는 내과 수련의를 위해서 각종 폐질환이 증상별로 수록되어 있는 세계적으로 공인 받은 데이터 베이스(Data base)인 녹음 테이프[12]를 사용하였다. 각 증상별로 수록된 테이프로부터 2048Hz 샘플링 주파수를 적용하여 12 bit로 A/D 변환을 했다. 그림 6은 실험 장치의 구성을 나타낸다.

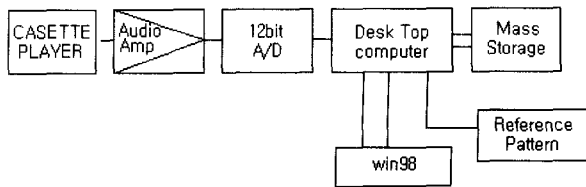


그림 6. 폐질환 패턴 분류를 위한 실험장치의 구성
Fig. 6. Experimental setup for pattern recognition of pulmonary dysfunction

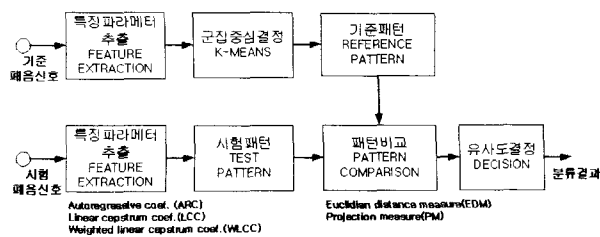


그림 7. 패턴 분류 과정
Fig. 7. Procedure of pattern classification

실험 데이터들은 정상 폐음 신호에 대해서 수집 위치별로 4가지, 비정상 폐음 신호에 대해서는 수집위치 및 증상별로 13가지로 그룹화 했다. 각 그룹마다 평균 기준패턴은 K-means 알고리즘을 적용하였다. 분류성능을 평가하기 위해 다시 임의의 호흡주기에 대해 그룹별로 10~13 프레임씩의 데이터를 수집하였다. 그림 7은 패턴분류과정을 나타낸다.

표 2는 Akaike test를 통해 적정 차수라고 판단된 30차를 적용하여, 각각의 분류알고리즘에 대한 인식률 결과이다. 결과는 LCC와 WLCC 특징 파라미터에 대한 PM 방식의 적용(LCC/PM, WLCC/PM)과 LCC 특징 파라미터에 대한 EDM 방식 적용(LCC/EDM)이 우수한 성능을 보였다. ARC 특징 파라미터와 EDM을 적용했을 경우(ARC/EDM), 후기 흡기 악설음(LICS), 흉막 마찰음(PFRS), 기관지 누출음(BLSQS)과 같은 비정상 폐음 신호에 대해 분류가 좋지 않았다. 그러나 ARC 특징 파라미터에 PM 방식의 적용(ARC/PM)은 폐음 신호의 분류가 향상되었으며, LCC 특징 파라미터에 PM방식의 적용(LCC/PM)에서도 비정상 폐음 신호가 특히 양호한 분류 결과를 나타냈다. PM 방식을 적용했을 때는 LCC 특징 파라미터의 분류(LCC PM)가 94.8%로 가장 높았으며, ARC 특징파라미터(ARC PM)가 87.4%, WLCC 특징 파라미터(WLCC/PM)도 94.2%를 나타내어 EDM을 적용한 ARC의 경우 4.7%, LCC의 경우 1.6%가 향상되어 ARC에서 뿐만 아니라 LCC에서도 우수한 성능을 보였다. 그러나 WLCC 특징 파라미터의 경우는 EDM을 적용한 결과와 같았으며, LCC 특징 파라미터의 경우보다 0.6% 낮은 결과를 얻었다. 이것은 패턴 벡터를 추출하거나 분류하는데, 잡음환경을 피할 수 없는데도 잡음환경을 고려하지 않은 결과로 판단되고, 실제 잡음을 부가시키면서 측정할 경우에는 PM을 적용하고 WLCC(WLCC/PM)를 이용한 결과가 인식률이 전반적으로 높았다.

이러한 결과를 볼 때, 본 논문에서 제안한 WLCC를 이용한 특징 파라미터의 추출이 폐음의 특징을 잘 나타내는 특징 파라미터이며, PM 방법이 잡음환경에서 패턴벡터의 유사도를 측정하는데 효율적인 방법임을 확인하였다. 또한 잡음이 특징 파라미터와 패턴 분류 방식에 미치는 영향을 종합적으로 알아보기 위해 신호대 잡음비 24 dB부터 0 dB까지의 백색잡음을 부가하고, 패턴 분류방식마다 5차~80차까지 5차 간격으로 각각의 인식률을 모의 실험하였다. 그림 8은 이러한 잡음 부가 실험의 결과이다. 잡음이 적을수록 전반적으로 높은 인식률을 얻었으며, 잡음이 심할수록 인식률은 낮아진다. 이것은 패턴 분류방식이 잡음환경에 민감하다는 것을 보여준다. 또한 차수가 높을수록 인식률도 높아졌으며, WLCC 특징 파라미터에 PM 방식을 적용했을 때, 차수별 인식률과 신호대 잡음비 인식률에서 가장 우수한 결과를 보였다.

EDM과 PM의 유사도 측정 비교는 유사도를 측정할 때, 기준패턴과 시험 패턴은 똑같은 잡음의 조건에서 추출된다고 생각할 수 없으며, 잡음은 기준 패턴과 시험 패턴과의 사잇각에도 영향을 끼치게 된다. 또한 그림 5의 실험 결과와 같이 벡터 공간에 잡음이 유입되어 패턴 벡터간 거리의 높이가 변화하여, 거리를 기준으로 판단하는 기존의 EDM에 의한 유사도 측정은 패턴 벡터간의 사잇각과 패턴 벡터의 사영에 의한 거리를 기준으로 판정하는 PM보다 잡음 환경에 강건치 못한 것으로 판단되었다.

표 2 분류 알고리즘별 인식률 비교

Table 2 The pattern recognition rate of various algorithm

분류법 증 상	ARC/EDM	ARC/PM	LCC/EDM (CDM)	LCC/PM	WLCC/EDM (WCDM)	WLCC/PM
	인식패턴수/ 시험패턴수	인식패턴수/ 시험패턴수	인식패턴수/ 시험패턴수	인식패턴수/ 시험패턴수	인식패턴수/ 시험패턴수	인식패턴수/ 시험패턴수
VBS	10/13	11/13	10/13	10/13	10/13	10/13
BBS	13/14	13/14	11/14	12/14	12/14	12/14
BVBS	12/14	12/14	14/14	14/14	14/14	14/14
TBS	13/14	13/14	14/14	14/14	14/14	14/14
HCS	11/12	11/12	12/12	12/12	12/12	12/12
LCS	6/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
EICS	5/8	7/8	7/8	8/8	8/8	8/8
LICS	6/12	7/12	11/12	11/12	11/12	11/12
WS	10/11	9/11	9/11	9/11	9/11	9/11
HWS	12/12	12/12	10/12	11/12	10/12	10/12
LWS	8/11	8/11	11/11	11/11	11/11	11/11
MWS	11/12	11/12	11/12	11/12	12/12	12/12
PWS	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
STS	9/10	9/10	10/10	10/10	10/10	10/10
PFRS	6/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
BLSQS	8/12	8/12	12/12	12/12	11/12	11/12
SQS	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
인식률	158/191 (82.7%)	167/191 (87.4%)	178/191 (93.2%)	181/191 (94.8%)	180/191 (94.2%)	180/191 (94.2%)

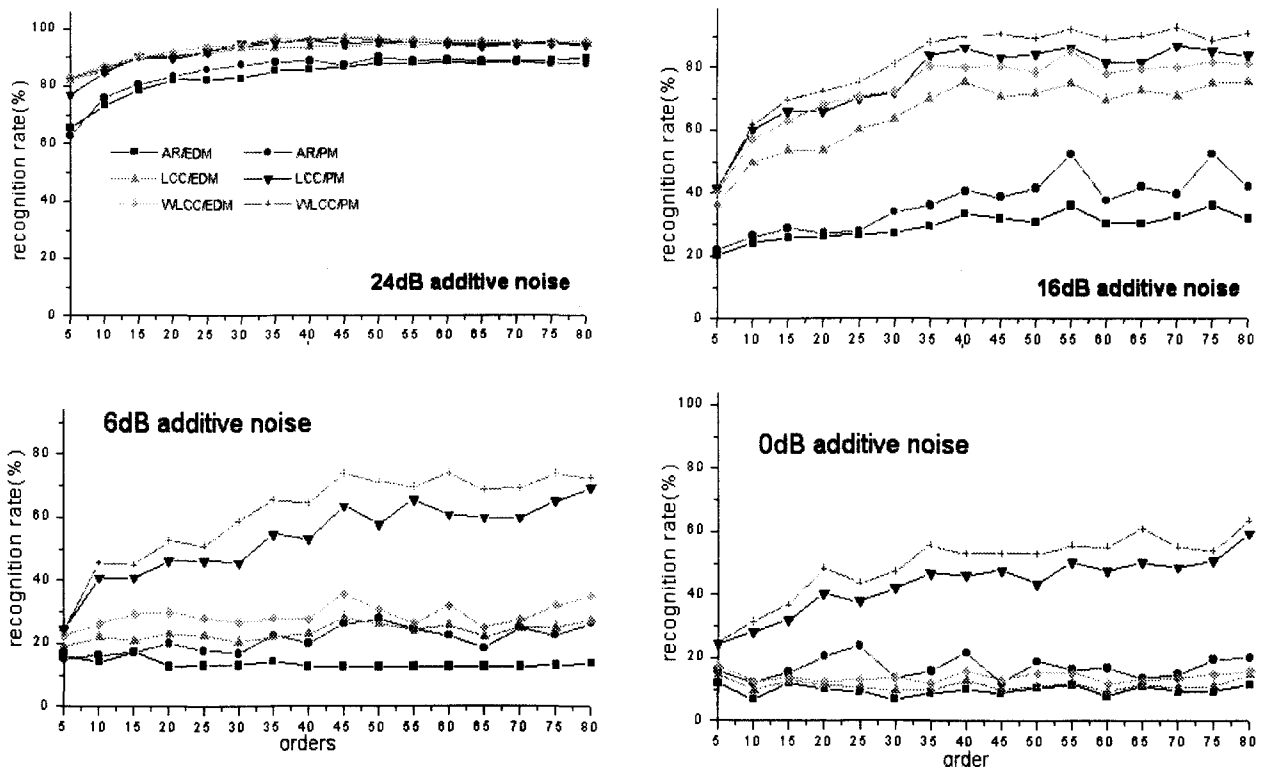


그림 8. SNR과 차수별 인식률

Fig. 8. The recognition rate with SNR and orders

4. 결 론

본 논문에서는 폐질환 진단을 위하여 폐음 데이터로부터 고역 lifter 함수를 이용한 가중 캡스트럼으로 특징 파라미터를 추출하고, 유사도를 측정하는 방법으로 PM방법을 사용함으로써 폐음을 패턴 분류하는 방법을 제안하였다. 잡음환경에서 폐음의 특징을 잘 나타내고, 우수한 특징 파라미터임을 실험을 통하여 확인하였다. 폐음의 분석은 폐음의 수집, 처리, 분류로부터 유사도의 측정까지 잡음이 없거나, 같은 잡음의 조건에서 수행된다고 생각 할 수 없다. 또한 잡음의 유입에 따라 특징 파라미터의 놈(norm)이 감소하고 거리에 영향을 주는 것을 볼 때, 본 연구에서 사용을 제안한 PM은 거리와 상관이 미약한 특징 파라미터간의 차이와 사영에 의한 각도를 기준으로 유사도를 판별하고 있으므로 EDM보다 잡음환경에서 안정도가 높을 것으로 판단된다. 폐음 신호의 경우는 증상에 따라서 호흡주기의 특정 부분에 특징을 나타내기도 하는데 호흡주기에 대한 데이터와 폐음 신호를 함께 고려한다면 더 정확한 분류에 이를 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Jingping Xu, Jingzhi Cheng, Yanjun Wu, "A Cepstral Method for Analysis of Acoustic Transmission Characteristics of Respiratory System," IEEE Trans. Biomedical Eng., Vol. 45, pp. 660-664, May, 1998.

[2] Kevin E. Forkheim, David Scuse, Hans Pasterkamp, "A Comparison of Neural Network Models for Wheeze Detection," IEEE ESCANEX '95 Proceedings, Vol. 1, pp. 214-219, vol. 1, 1995.

[3] Modegi T, Iisaku S, "Application of MIDI Technique for Medical Audio Signal Coding," IEEE 19th Annual International Conferences, Eng. Medicine and Biology Soc., Vol. 4, pp. 1417-1420, vol. 4, 1997.

[4] Schuttler F, Penzel T, von Wichert, "Digital Recording and Computer Based Analysis of Lung Sounds," IEEE 18th Annual International Conferences, Eng. Medicine and Biology Soc., Vol. 5, pp. 2301-2302, vol. 5, 1997.

[5] P. Forgas, "Lung Sounds," Brit. J. Dis. Chest, vol. 63, pp. 1-12, 1969.

[6] Banaszak E. F., R. C. Kory and G. L. Snider, Phonopneumography, Am. Rev. Resp. Dis., 107, pp. 449-455, 1973.

[7] R.M. Nachman and L. Vinaru, "Recording and Analysis of Sounds Produced by Human Lungs during Respiration," Experienta 25, pp. 1040-1041, 1969.

[8] Murphy R. L. H. and K. Sarensen, "Chest Auscultation and Diagnosis of Pulmonary Asbestosis," J. Occup. Med. 15, pp. 272-276, 1973.

[9] Arnon Cohen, Dorota Landsberg, "Analysis and

Automatic Classification of Breath Sounds," IEEE, Trans. Vol. BME-31, No. 9, pp. 585-590, september, 1984.

[10] Peyton Z. Peebles JR, Probability Random Variables and Random signal Principles, McGraw-Hill, 1993.

[11] Lawrence Rabiner, Biing-Hwang Juang, Fundamentals of Speech recognition, Prentice-Hall Inc., pp. 163-166, 1993.

[12] Steven Leherer, Understanding Lung Sounds, W. B. Sounder West Washington, 1984.

저 자 소 개



여 승 필 (呂松弼)

1953년 4월 16일생. 1975년 숭실대학교 전자공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학) 2001 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학) 현재 한국방송광고공사 연구위원

Tel : 02-731-7330

E-mail : ysp@kobaco.co.kr



전 창 익 (全昌翼)

1971년 3월 9일생. 1996년 서울시립대학교 전자공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학). 2000년~현재 서울시립대학교 전자전기공학부 박사과정



유 세 근 (兪世根)

1969년 9월 15일생. 1992년 연세대학교 의용전자공학과 졸업. 1994년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학) 1995년~현재 동 대학원 박사과정

김 덕 영 (金德暎)

현재 부천대학 전자과 전임강사



김 성 환 (金成煥)

1952년 6월 12일 생. 1975년 2월 연세대 전기공학과 졸업. 1980년 2월 동 대학원 전기공학과(공학). 1977~1982년 대전 기계장. 1982년~현재 서울시립대 전자·전기공학부 교수.

Tel : 2210-2449, Fax : 2249-6802

E-mail : shkim1@uoscc.uos.ac.kr