

## 음주와 비음주 상태의 포어먼트 변화에 관한 연구

이시우<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 정보통신공학과

### A Study on Formant Variation with Drinking and Nondrinking Condition

See-Woo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept of Information & Telecommunication Engineering, Sangmyung University

**요 약** 본 논문은 음주와 비음주 상태를 판별하기 위한 포어먼트 변화의 특징에 관한 연구이다. 단음절의 실험을 통하여 음주 음성신호에 비하여 비음주 음성신호의 F1, F2, F3의 포어먼트가 높게 나타나는 것을 확인하였으며, 또한 포어먼트는 음주와 비음주 상태를 구별하는데 매우 유효하다는 것을 알 수 있었다.

**Abstract** This paper present a characteristic of formant variation in order to discriminate between drinking and nondrinking condition. By simulation experiments based on monosyllable, it is shown that the higher formant in F1, F2 and F3 in drinking speech signals compared with nondrinking speech signals. And I knew that the formant is very effective at distinction of drinking condition and nondrinking condition.

Key Words: Speech Analysis, Drinking, Formant

#### 1. 서론

인간은 사회생활을 하면서 종종 술을 마시게 되는데, 알코올 농도가 높을 술을 섭취하면 알코올 성분이 뇌의 신경계를 마비시켜 신체와 언어에 장애를 유발한다. 이러한 현상은 술의 알코올 성분이 언어나 행동을 지배하는 뇌의 영역에 많은 영향을 미치고 있음을 나타내는 것이다[1-3]. 따라서 음주운전에 의한 교통사고는 가정 파과와 사회적 불안요소로 작용하며, 음주운전 단속에 소요되는 방대한 사회적 비용과 인력낭비를 줄이기 위한 노력이 절실히 필요하다. 특히 미국에서는 대부분의 주에서 자동차에 음주운전 방지장치를 의무적으로 부착하는 법안이 입법화되는 추세에 있다.

음주운전 사고는 개인에 따라 정도의 차이는 있을 수 있으나 대부분 만취나 반취상태에서 발생하는 경우가 많다. 음주상태를 측정하는 방법으로는 알코올 센서가 장착된 호흡형 음주측정기기를 사용하여 호흡시에

내뿜는 공기에서 알코올농도를 측정하는 방법과 레이저를 이용하여 혈류량에 포함된 알코올 농도를 측정하는 방법이 있다. 일반적으로 음주단속에 사용되는 방법으로는 흔히 전자의 방법이 사용되는데, 일부 음주측정에 불복하는 운전자에 대하여 운전자의 동의를 얻어 혈액채취 등의 방법으로 혈중 알코올 농도를 추정하는 위드마크(Widmark)공식을 사용하는 경우도 있다.

음주운전을 사전에 방지하고자 운전자의 알코올 섭취여부를 판독하여 자동차의 시동장치를 제어하는 기술이 실용화되어, 일부 자동차에 장착되어 시판되고 있다. 이러한 기술은 알코올 측정센서가 장착된 검출기기를 자동차의 시동장치에 부착하여 자동차의 시동을 On/Off하는 원리로서 국내외 자동차 회사들이 활발히 연구하고 있는 분야이다[4,5]. 이러한 방법들은 알코올 센서를 사용하기 때문에 비교적 정확한 알코올농도를 측정할 수 있다. 그러나 자동차 실내 환경과 같이 먼지나 습기가 많은 환경에서는 알코올 센서의 정확도가 떨어

본 논문은 상명대학교 교내연구비지원에 의하여 수행되었음.

\*교신저자 : 이시우(swlee@smu.ac.kr)

접수일 09년 01월 09일 수정일 (1차 09년 03월 17일, 2차 09년 03월 24일, 3차 09년 04월 20일) 게재확정일 09년 04월 22일

어지고, 잦은 고장으로 인하여 반영구적이지 못하다. 또한 센서의 수명이 짧아 전자장치에 결합된 센서를 교환하기 위하여 전자장치를 수리하여야 하는 불편함이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 알코올 센서 없이 알코올농도를 측정하는 방법이 있다[6]. 이 방법은 음성 신호에서 음주와 비음주 음성의 특징 파라미터를 추출하여 알코올농도를 추정하는 방법이다. 이 방법은 자동차, 휴대폰 등의 전자장치에 적용하기 쉽고 반영구적인 장점이 있다. 음성신호를 분석하여 알코올 농도를 측정하는 연구는 새로운 학문적 연구의 가치는 물론 향후 음주운전 방지시스템으로 발전하기 위한 연구의 초기 단계이다. 이와 같이 음성신호만을 이용하여 음주/비음주 상태를 판독하고 측정하는 연구는 음주운전 사고를 미연에 방지하여 불필요한 사회비용과 사회적 불안 해소시킬 수 있는 미개척 연구분야로서의 가치가 있다고 생각된다. 이러한 취지에서 본 연구는 음주/비음주 상태를 판독하기 위한 기초연구로서 음주/비음주 음성신호의 포어먼트 변화에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 특성 파라미터

사람이 만취상태에 도달할 때 까지 섭취하는 알코올의 량(주량)은 연령, 체질, 체중, 혈중 알코올 분해능력 등에 따라서 각기 다르게 나타난다. 그러나 대부분의 사람은 만취상태에 도달하면 일반적으로 같은 행동장애나 언어장애가 나타난다. 이러한 언어장애는 평상시에 발음한 음성과 달리 부자연스러운 형태로 발생하게 된다. 사람은 이러한 특징을 감지하여 발성자가 만취상태임을 인지할 수 있다. 결국, 만취상태의 음성신호는 평소에 발성한 음성신호와 많은 차이점을 보이는데, 이러한 차이점은 음성의 특성 파라미터의 변위로 나타난다. 음성신호의 특성 파라미터에는 피치주파수와 포어먼트 주파수가 있다. 피치주파수는 음정의 특성을 포함하는 파라미터로서 신체의 변화에 피치주파수가 변화하는 경우, 즉 음정이 변하는 경우는 거의 없다. 반면 포어먼트 주파수는 음색의 특성을 포함하는 파라미터로서 신체의 변화나 감정의 변화에 따라서 비교적 쉽게 변하기 때문에 음성신호에 의하여 사람의 음주/비음주 상태 여부를 판독할 수 있는 방법의 단초를 제공할 수 있을 것으로 추정된다.

### 2.2 실험 절차와 제한

본 실험은 실험에 참가할 피측정자를 선정하고, 피측정자가 섭취할 알코올음료를 선정한 후 알코올음료를 섭취하기 전후(음주/비음주 상태)의 음성신호를 녹음하는 동시에 알코올농도를 측정하는 절차가 있다.

실험에는 20대 초반의 총 16명(남자 8명, 여자 8명)이 참여하였다. 피측정자는 비교적 표준체형으로 알코올음료의 섭취에 따라서 일반적인 혈중알코올농도의 변화를 보이는 사람으로 선정하였다.

우선, 알코올음료를 섭취하기 전인 비음주 상태의 음성신호를 32bit PC를 사용하여 녹음한다. 음성신호는 표본화 10kHz, 양자화 16bit의 PCM방식을 사용하였다. 음성녹음에 사용한 단어는 표 1과 같이 단모음인 “아”, “가”, “술”과 단음절인 “취했다”이며, 비음주 상태에서 녹음한 음성신호에서 얻은 포어먼트와 음주상태에서 녹음한 음성신호에서 얻은 포어먼트와 비교분석한다.

[표 1] 실험제원

제 원	남자음성	여자음성
발성자	8	8
단문 수	4	4
표본화(kHz)	10	10
양자화(bit)	16	16

실험에 사용할 수 있는 알코올음료는 양주, 맥주, 소주 등이 있는데, 일반인들이 자주 섭취하는 소주(360ml, 0.201%)를 실험에 사용하였다. 피측정자는 비교적 조용한 공간인 실험실에서 피측정자가 경취상태(혈중알코올농도 0.16~0.25%)에 도달될 때 까지 소주를 섭취하였고, 30분 간격으로 3시간 까지 주기적으로 음주측정기를 사용하여 알코올농도를 측정하였다. 혈중알코올농도에 따른 행동과 언어에 대한 상태는 다음과 같다.

#### 1) 미취(혈중알코올농도 0.05~0.15%)

판단력이 흐려지고 행동 억제력이 둔화된다. 안면의 피부가 홍조되는 현상이 있고, 운동실조 현상이 나타난다.

#### 2) 경취(혈중알코올농도 0.16~0.25%)

술이 취했음을 인식할 수 있고, 가벼운 현기증과 운동실조 현상이 뚜렷할 정도로 비틀거린다. 또한 언어가 불명료하고 주위가 산만해지고 판단능력이 떨어진다.

**3) 심취(혈중알코올농도 0.26~0.35%)**

운동실조로 보행이 곤란하고, 반사 능력이 현저하게 떨어지며, 의식이 차차 흐려진다. 언어의 발성이 쉽지 않고 언어를 명확히 인지하지 못한다.

**4) 혼취(혈중알코올농도 0.36~0.45%)**

판단력과 의식이 상당히 떨어져 행동억제가 어렵고, 호흡이 곤란해지고 체온이 저하된다. 언어의 발성자체가 어렵고, 타인의 언어를 전혀 인지하지 못한다.



[그림 1] lion alcolmeter 400 음주측정기

알코올농도를 측정하는 기기는 알코올농도 검사에 널리 사용되고 있는 음주측정기인 호흡측정기를 사용하여 알코올 농도를 측정 기록하였다. 알코올농도를 측정하는 호흡측정기에는 일반용과 경찰용이 있는데, 본 실험에서는 알코올의 섭취량에 따른 알코올농도의 변화와 음성신호의 변화를 보다 정확히 관찰하기 위하여 경찰용으로 사용되고 있는 그림 1의 lion alcolmeter 400 모델의 음주측정기를 사용하였다. 다만, lion alcolmeter 400 모델의 경우 경찰용 음주측정기이기 때문에 주기적으로 기기의 신뢰성 검사를 받아야 사용할 수 있다.

**3. 실험**

음성신호의 심리적 3요소인 “음량”, “음정”, “음색”에 대응하는 물리적 3요소로서 “신호의 에너지”, “피치”, “포어먼트”가 있다. 일반적으로 “음량”, “신호의 에너지”는 신호의 크기이며 발성자의 발성조건, 녹음조건, 마이크와의 거리 등에 의해 일관성 있는 특징 파라미터를 추출하기 어렵다. 또한 “음정”, “피치”는 사람이 갖고 있는 기본 주파수로서, 남자와 여자, 어린이와 노인 등의 목소리를 구분할 수 있는 중요한 요소이다. 알코올농도에 의한 기본주파수와 후두변화에 관한 연구를 의학계에서 발표한 바 있다[7].

인간의 기본주파수는 성대의 기본진동에 의하여 발

생되는 것으로서 감정의 변화나 신체의 변화 등에 의하여 쉽게 변하지 않는 특성을 갖는 반면, “음색”, “포어먼트”는 감정의 변화나 신체의 변화에 쉽게 변하는 특성을 갖는다.

사람이 음주를 하면 특히 심장과 뇌에 많은 영향을 미치게 될 뿐만 아니라 발성기관 및 행동에도 영향을 주어 “포어먼트”가 변하게 된다. 기본주파수는 5kHz 주파수 대역에 1개의 정보를 갖는 반면 포어먼트는 대략 3개 이상의 포어먼트가 존재한다. 특히 F1~F3 포어먼트는 낮은 주파수대에 분포하고, F4~F5 포어먼트는 비교적 높은 주파수대에 분포한다. 음성 스펙트럼에서 모음의 정보는 낮은 주파수대에 분포하고, 자음은 비교적 높은 주파수대에 분포하는 특징을 갖는다. 특히 미취상태에서 심취상태로 갈수록 모음의 발음이 많이 흐트러지는 경우가 많은데, 이것은 낮은 주파수대에 분포하는 F1~F3에서 의미 있는 변위량을 얻을 수 있는 반면, 높은 주파수대에 분포하는 F4~F5에서는 상대적으로 변화량이 적을 수 있다는 것을 추측할 수 있다. 실제 실험에서도 음주/비음주 상태에서 F4~F5는 거의 같은 값을 나타내는 것을 알 수 있었다. 때문에 본 논문에서는 음주/비음주 상태의 판독에 유효한 F1~F3의 포어먼트를 제시하여 비교하고자 한다.

남녀 16명의 피측정자의 음주/비음주 상태의 음성신호로부터 얻은 포어먼트의 평균값을 표2~표5와 그림 1, 그림 2에 나타냈다. 이때 남녀 16명의 음주상태에서의 알코올농도는 0.102%~0.21%였다. 그림 2는 여자 8명 음주/비음주 음성샘플에서 얻은 포어먼트의 평균값을, 그림 3은 남자 8명 음주/비음주 음성샘플에서 얻은 포어먼트의 평균값을 나타냈다.

[표 2] 포어먼트의 평균값 “가”

성 별	상 태	“가”		
		F1[Hz]	F2[Hz]	F3[Hz]
여 자	비음주	195	345	643
	음주	249	443	728
남 자	비음주	111	221	489
	음주	147	246	583

[표 3] 포어먼트의 평균값 “아”

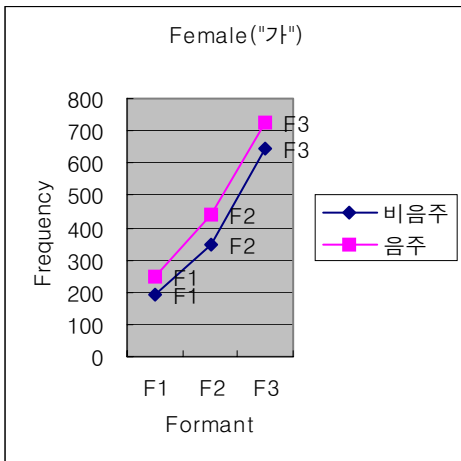
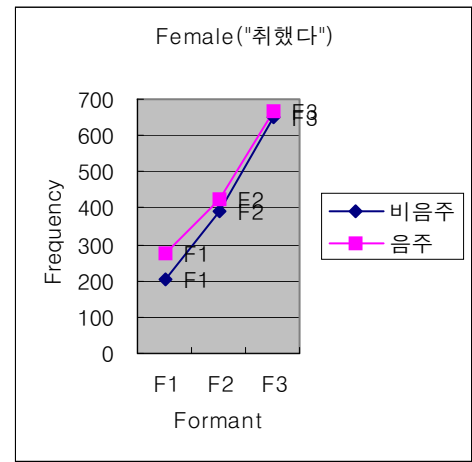
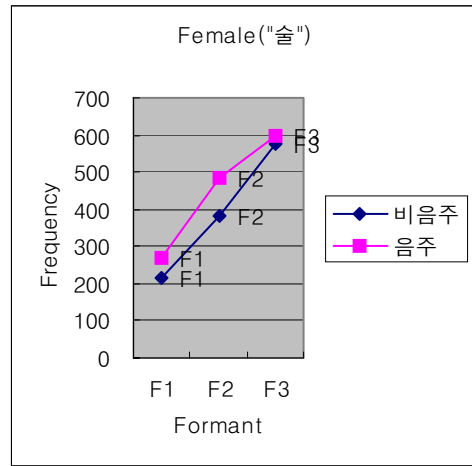
성 별	상 태	“아”		
		F1[Hz]	F2[Hz]	F3[Hz]
여 자	비음주	192	380	633
	음주	239	441	735
남 자	비음주	114	227	529
	음주	152	265	583

[표 4] 포어먼트의 평균값 “술”

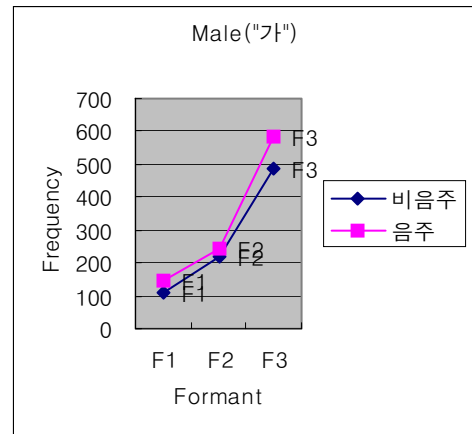
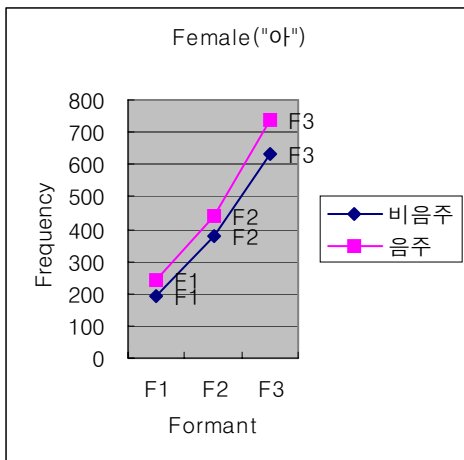
성 별	상 태	“술”		
		F1[Hz]	F2[Hz]	F3[Hz]
여 자	비음주	215	381	577
	음주	267	484	598
남 자	비음주	140	298	446
	음주	174	311	453

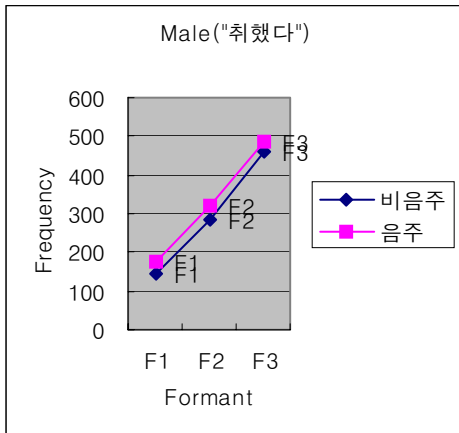
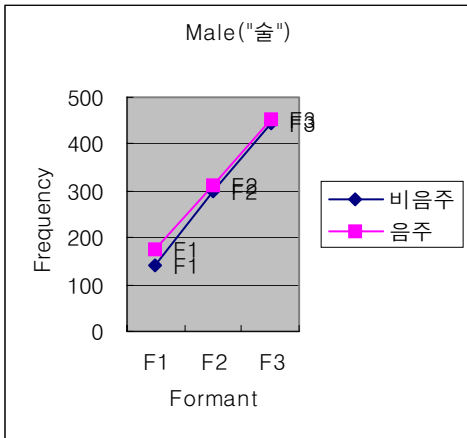
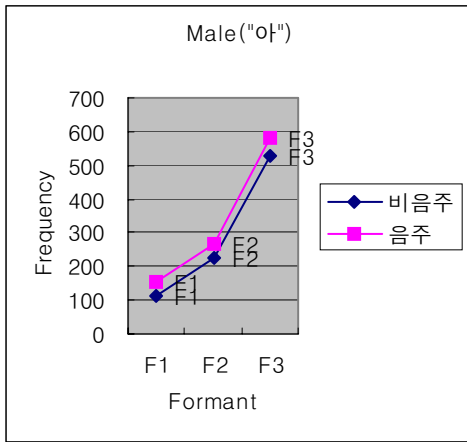
[표 5] 포어먼트의 평균값 “취했다”

성 별	상 태	“취했다”		
		F1[Hz]	F2[Hz]	F3[Hz]
여 자	비음주	204	390	649
	음주	274	423	666
남 자	비음주	143	282	461
	음주	178	322	488



[그림 2] 여자음성의 음주/비음주 상태의 포어먼트 “가” “아” “술” “취했다”





[그림 3] 남자음성의 음주/비음주 상태의 포어먼트 “가” “아” “술” “취했다”

#### 4. 결과 및 결론

남녀 16명의 음주/비음주 상태의 음성스펙트럼에서 얻은 F1, F2, F3의 변화를 관찰한 결과, 비음주 상태에 비해 음주 상태의 F1, F2, F3의 주파수가 상대적으로 높아지는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 특징은 남녀가 발생한 단음절 모두에서 공통적으로 관찰할 수 있었다. 이번 실험은 센서 측정기에 의존하지 않고 음성신호만으로 음주/비음주 판독의 가능성을 확인할 수 있었다는 데 큰 의미를 갖는다. 이번 실험에서는 실험대상의 안전을 고려하여 0.102%~0.21%의 알코올 농도에서 음성녹음을 실시하였으나, 향후 실험대상의 안전성을 확보하는 방안을 마련한 후, 알코올 농도의 수치를 높여 포어먼트의 변화에 대하여 실험을 보완할 예정이다. 이러한 실험결과는 앞으로 음주/비음주 판독시스템을 고안하기 위한 자료로 활용할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] Samantha Wells, Kathryn Graham, Mark Speechley, John J.Koval: "Do predisposing and family background characteristics modify or confound the relationship between drinking frequency and alcohol-related aggression? A study of late adolescent and young adult drinkers", Journal of Studies on Alcohol, Addictive Behaviors, 2005.
- [2] Samantha Wells, Kathryn Graham, Mark Speechley and John J. Koval: "Do predisposing and family background characteristics modify or confound the relationship between drinking frequency and alcohol-related aggression" A study of late adolescent and young adult drinkers", Addictive Behaviors, In Press, Corrected Proof, Available online 22 June 2005.
- [3] Hitoshi Ishikawa, Yu Miyatsu, Kazuo Kurihara and Kazuhito Yokoyama: "Gene-environmental interactions between alcohol-drinking behavior and ALDH2 and CYP2E1 polymorphisms and their impact on micronuclei frequency in human lymphocytes", Mutation Research/ Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, In Press, Corrected Proof, Available online 26 August 2005.
- [4] 현대자동차: “음성인식 기능을 이용한 음주운전 방지장치 및 방법”, 특허10-1995-005530, 1995.
- [5] 대우자동차: “음주측정에 의한 차량시동제어장치”,

실용신안 20-1995-0019277, 1995.

- [6] 이시우: “유무선 통신망과 음성신호를 이용한 음주 상태의 안테서비스 시스템”, 특허10-2002-0063041, 2002.
- [7] 김정현 외: “음주에 따른 음성변화에 대한 고찰”, 대한음성 언어의학회지, 제13권 제1호, 2002.

---

이 시 우(See-Woo Lee)

[정회원]



- 1990년 3월 : 日本大學(Nihon Univ) 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 3월 : 日本大學(Nihon Univ) 전자공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1998년 2월 : (주) 삼성전자 통신연구소/멀티미디어 연구소
- 1998년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

음성신호처리, 음주판독시스템, 유무선통신