

범죄수사와 법음성학

국립과학수사연구소
홍수기

↓ 법음성학이란?

□ 법(음향)음성학

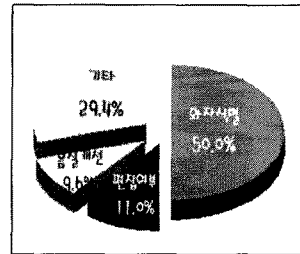
수사기관과 법원이 수사과정이나 판결에서 활용할 수 있도록 녹음된 음성, 및 소리들로부터 사건 해결을 위한 단서, 및 과학적인 증거를 제공.

□ 관련사건:

- 유괴사건
- 공공물 폭파, 및 독극물 투입 협박사건
- 전화폭력 사건
- 각종 사기사건
- 항공기 사고, 교통 사고 원인 조사

↓ 범음성학 분야

- 화자식별
- 화자에 관한 추정[성별, 연령, 지역 등]
- 녹음테이프 편집여부 확인
- 음질개선 및 대화내용 확인
- 음성이외의 소리 확인
[전화기 버튼음, 배경음 등]



각정 유형별 통계 [2001~2003]

↓ 방송 녹음과 사건 현장 녹음의 차이

Characteristic	Studio	Forensic
Signal-to-noise ratio	60 dB+	Negative to 30 dB
Frequency response	20 to 20 kHz	100 Hz to 3-5 kHz
Distortion	Inaudible	1 - 10%
Wow and flutter	Inaudible	Inaudible to 1 % rms
Equipment operator	Trained technician	Investigator
Microphone	Large professional	Miniature
Tape recorder	Professional analog and digital	inexpensive to professional analog
Tape type	Best	Standard
Noise reduction	Yes or digital	Usually not used
Reverberation	Usually damped	High
Mic. to speaker distance	Close	Varies
Microphone location	Open	Hidden
Transmission system	Usually none	Tel. or low-power RF

↓ 화자식별

□ 기본 가정: 화자내 변화 < 화자간 변화

□ 음성의 개인성

➤ 음성기관의 해부학적 형상

- 성도, 성대, 비강, 치아 등의 크기와 물리적 특성
- 화자내 변화 범위 한계

➤ 언어 습득 과정

- 사회언어적 환경: 발음, 어휘, 억양 등
- 언어적 기능을 실현하기 위한 개인의 발성 방법

□ 화자식별 방법

➤ 청각적인 방법:

- 음성학자: 언어 음성학적 분석
- 훈련 받지 않은 일반인들: 일상 생활, 범죄 현장

➤ 시각적인 방법: 음향 분석

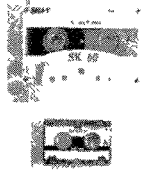
- Spectrogram [광대역, 및 협대역]
- Spectrum [FFT, LPC 등]
- Amplitude Display, Time Waveform 등

➤ 기계적인 방법: 자동화자식별

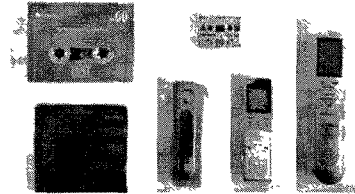
□ 실제 사건에서의 음성자료

- 녹음방법 및 기기의 비표준화.
- 대체적으로 음성길이가 짧다.
- 비협조적인 화자: 위장음성, 낭독체 음성
- 녹음상태 불량: 배경 잡음, 음성의 왜곡,
제한된 주파수 범위[>2.5kHz].
- 비교 음성간의 시간 차이.

Analog Recording



Digital Recordings

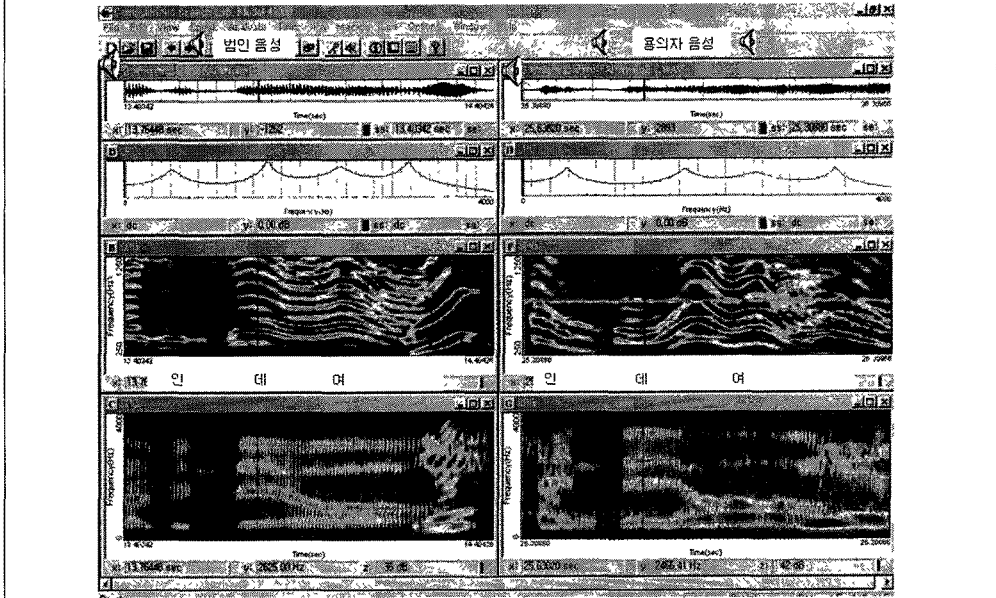


□ 청취시험 및 음향분석

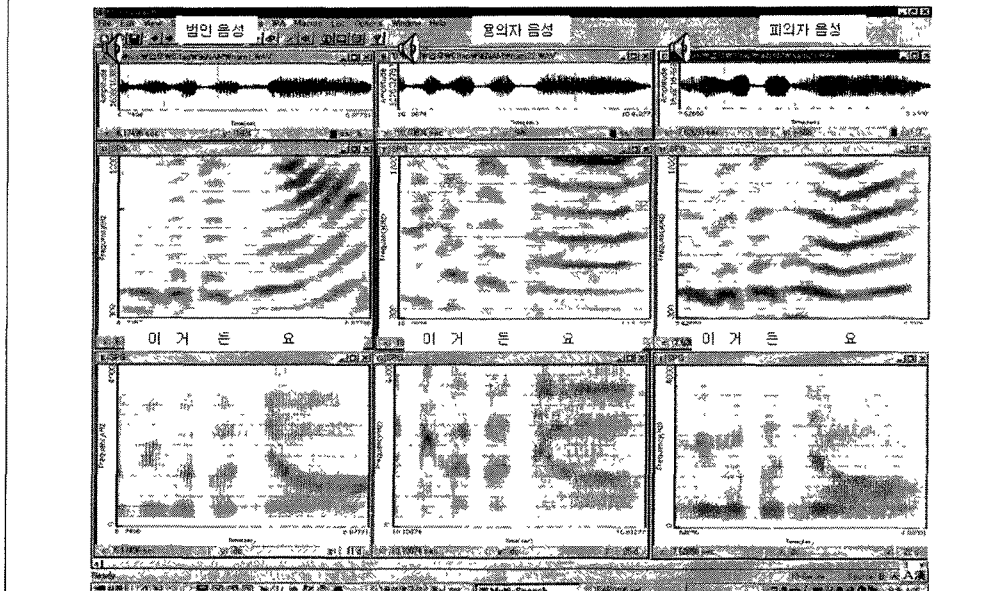
- 공통점
 - 화자내 변화와 불변 요소 확인
 - 음질개선 전후의 음성 비교
- 비교 특징들

청취 시험	음향 분석
① 발음 (Pronunciation),	① 공명주파수, 및 이동형태 (Formant shaping and positioning),
② 음성 높이 (Pitch),	② 기본주파수, 및 변화 형태 (Pitch contour, type of vertical striation),
③ 강세구 (Stress/Emphasis),	③ 주파수별 에너지 분포 (Energy distribution),
④ 위장음성 여부 (Disguise),	④ 발음지속시간 (Duration), 세기형태 (Amplitude display), 자음 특성 등
⑤ 분위기 (Mode),	
⑥ 신체 상태 (Physiological state),	
⑦ 음성적 결함 (Speech defects)	
⑧ 음색 (Vocal quality)	

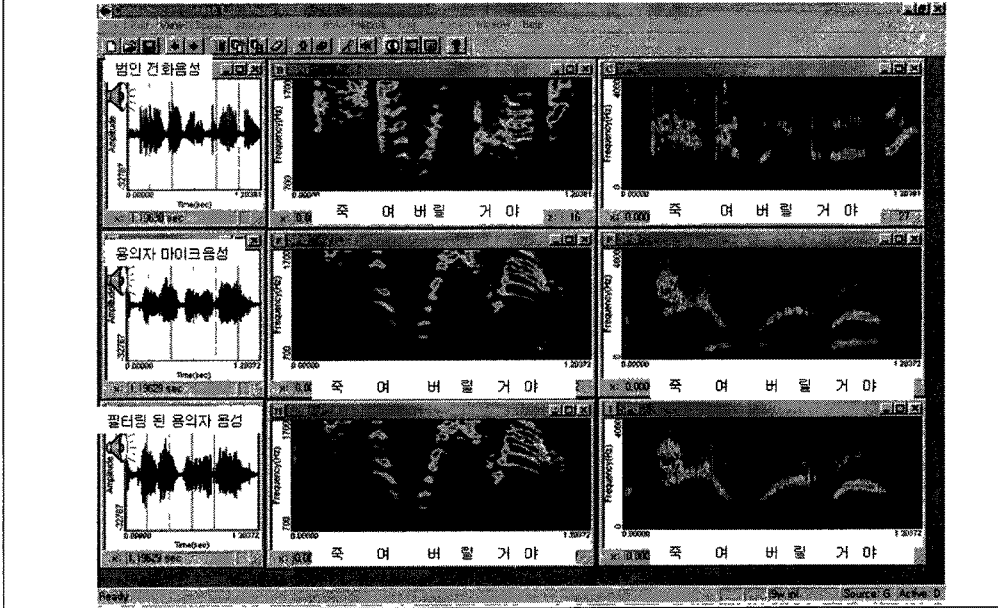
□ 화자식별 예1 : 경인전철 폭파 협박 ('96)



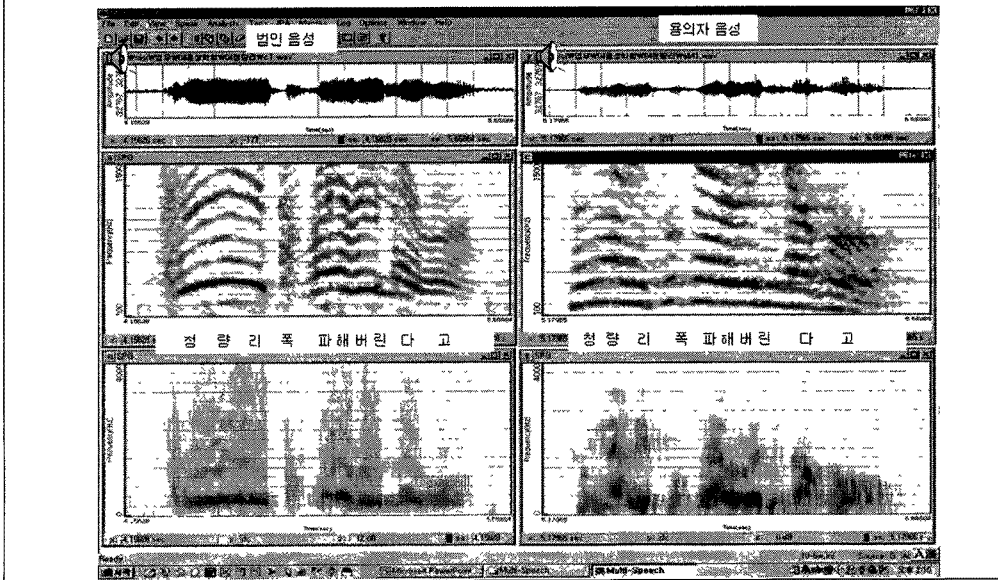
□ 화자식별 예1: 경인전철 폭파 협박 ('96)



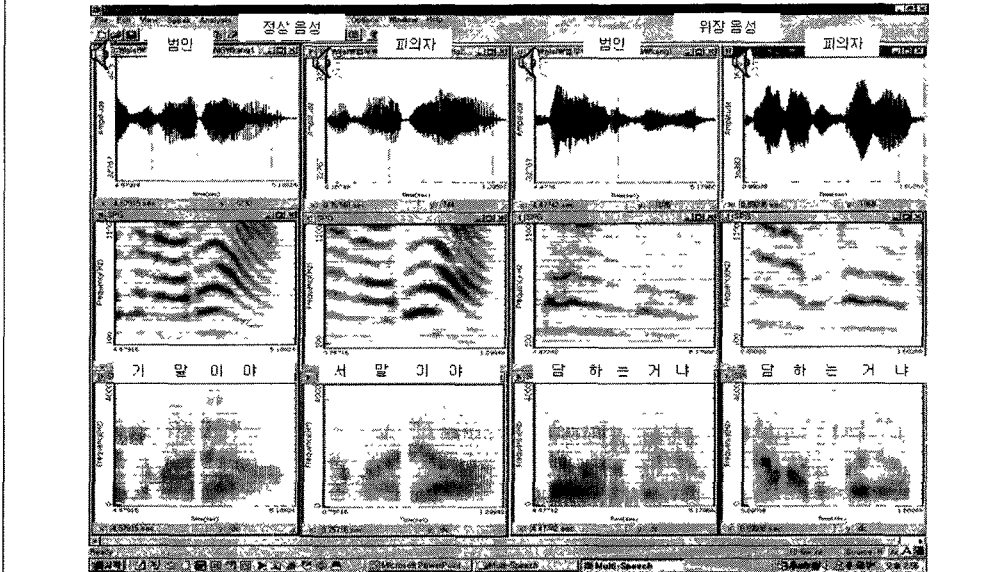
□ 화자식별 예2 : 협박('01)



□ 화자식별 예3: 청량리역 폭파 협박('04)



□ 화자식별 예4: 협박 ('89, 위장음성)



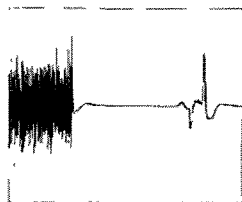
□ 화자식별 문제점 및 과제

- 음성신호에 의해 어떻게 개인 특성이 기호화되고, 다른 사람과 얼마나 잘 구별되는가가 명확하지 않음.
- 환경에 영향을 받지 않고 화자들 분리에 적절한 분석 가능한 음향 특징은?
- 음향 특징 값에 대한 화자의 영역과 각 화자의 영역이 다른 화자들에 의한 영역과 어느 정도 겹쳐지는가에 대한 정보.
- 화자를 분리하는 음향 특징들에 대한 전체적인 집단에서의 값들 분포에 대한 통계자료 [예로, 한국 남성 평균 기본주파수 분포도].

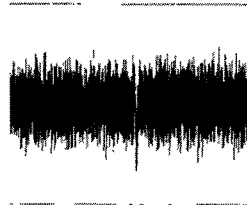
↓ 녹음테이프의 편집여부 확인

- 물리적 외관검사
- 청취 시험
- 자기현상실험
- 시간파형 분석
- 협대역 spectrum 분석
- Spectrographic 분석

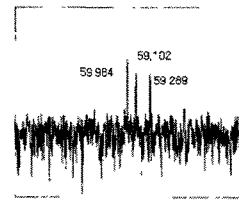
□ 각종 녹음기 신호들



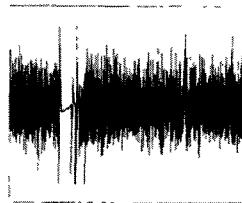
Record stop



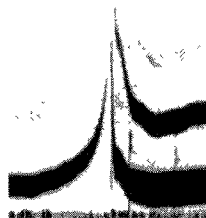
Pause stop/start



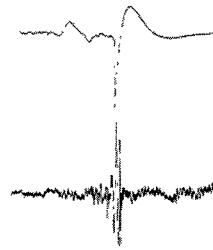
Power line freq around 60Hz
of mut:generation copy



Record stop/start

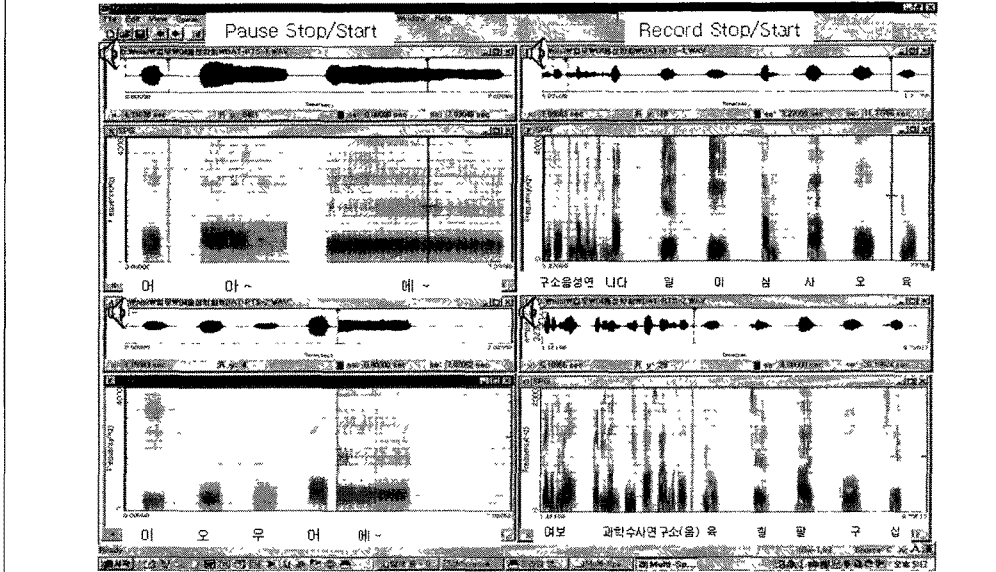


Voice -activated stop/start

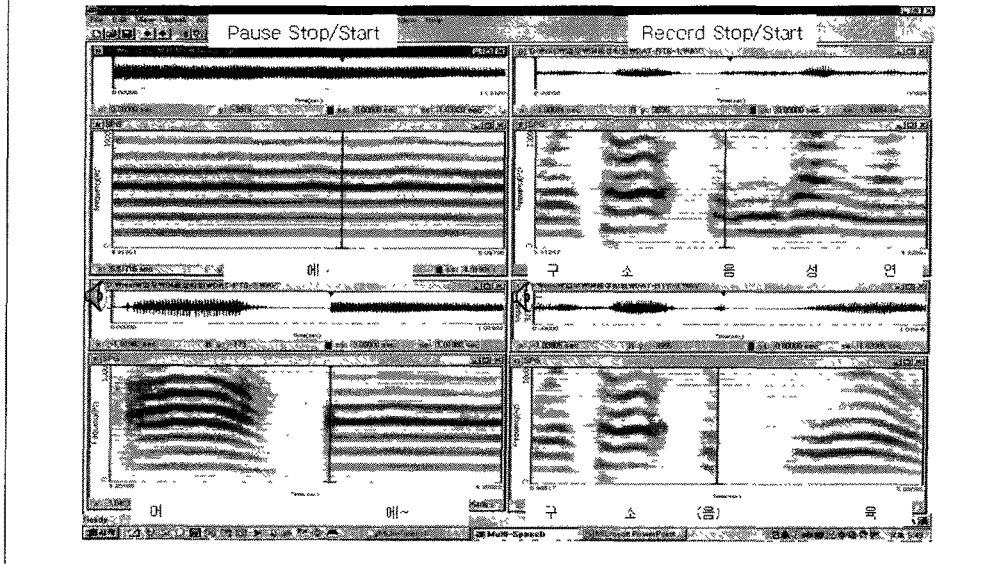


Original & copy record stop

□ DAT 녹음기에 의한 녹음 편집 예1



□ DAT 녹음기에 의한 녹음 편집 예1

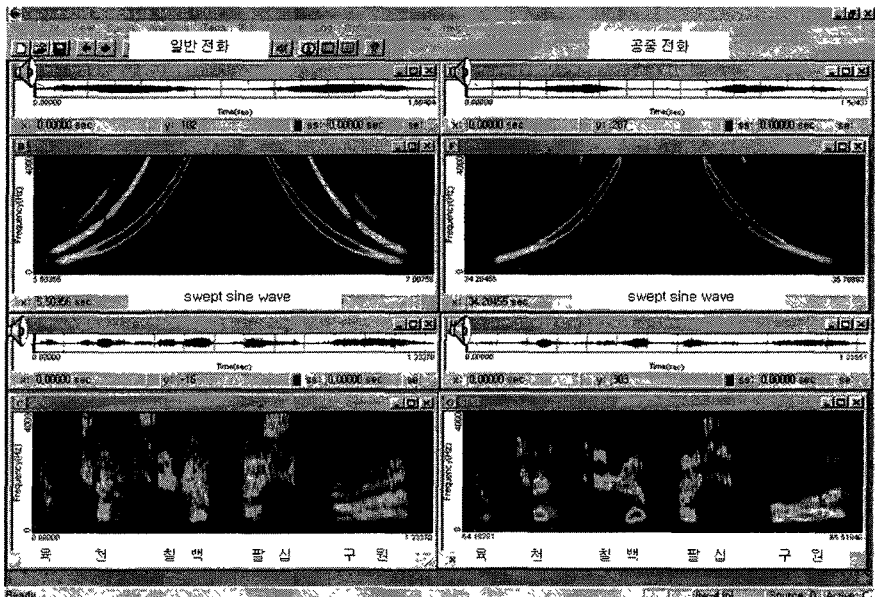


음질개선

음성의 명료도를 제한하는 요인들

- ▶ 비선형 왜곡
- ▶ 컨벌루션 잡음
- ▶ 시스템 잡음
- ▶ 환경 잡음
- ▶ 화자들의 음성 세기의 차이
- ▶ 제한된 주파수 대역에 의한 신호 손실

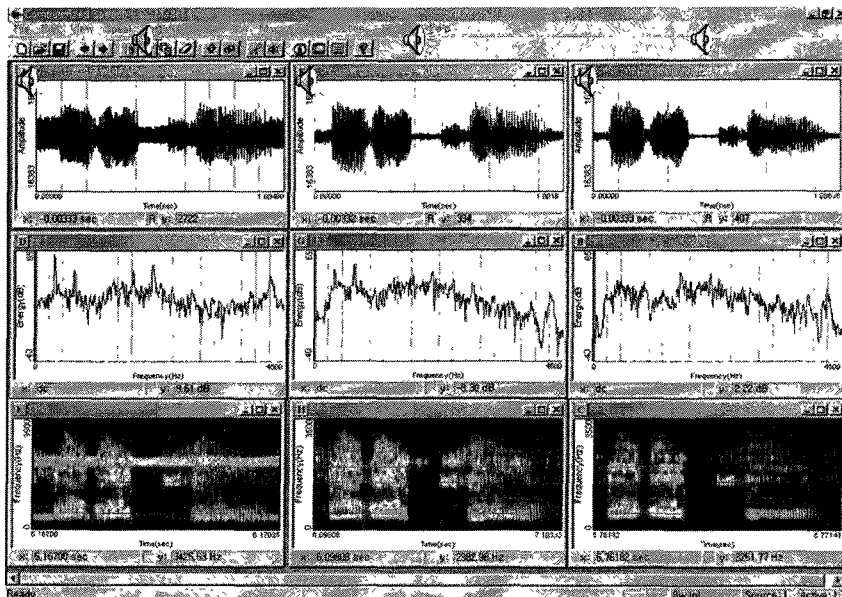
일반 전화 음성과 공중 전화 음성 예



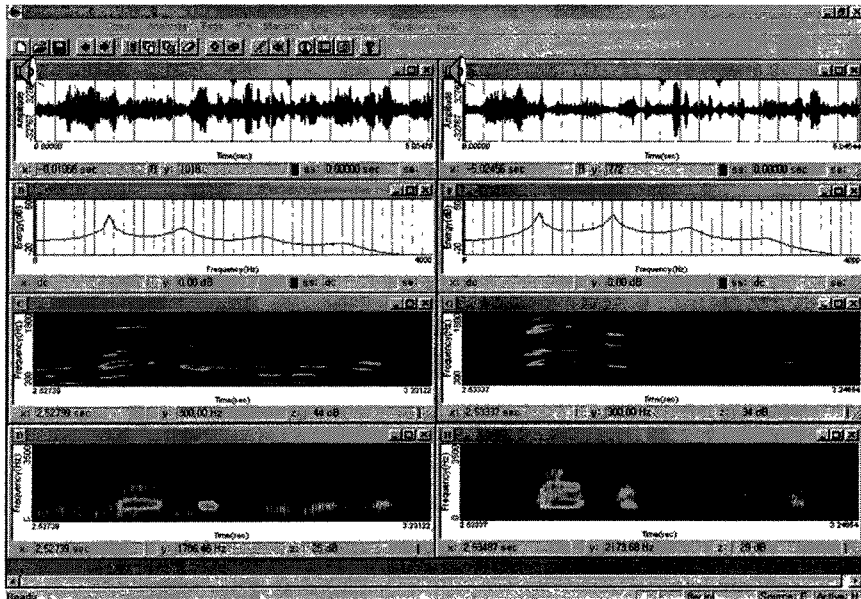
□ 음질개선 방법

- 최적 조건으로 재생; 녹음 속도, 및 Azimuth 각도 조절
- 세기가 매우 큰 순간 잡음 조절; Limiter
- 주파수가 일정한 잡음 제거; Notch, Comb, Adaptive
- 주파수 대역이 한정된 잡음 제거; Band Slot, Equalizer
- 변화하는 잡음, 및 컨벌루션 잡음 제거; Adaptive, SIF
- 음성 세기의 균일화; AGC, Com./Exp.

□ 음질개선 예1: 항공기 사고 ('01)



□ 음질개선 예2: 협박('00)



↓ 참고문헌

- Tosi, O. (1979), Voice Identification. Theory and Legal Applications. University Park Press, Baltimore.
- Koenig, B.E. (1986), Spectrographic Voice Identification, Crime Laboratory Digest, 13(4), 105.
- Koenig, B.E. (1986), Spectrographic voice identification: A forensic survey, J. Acoustic. Soc. Am., 79(6), 2088.
- Koenig, B.E.(1993), Selected Topics in Forensic Voice Identification, Crime Laboratory Digest, 20(4), 79.
- Koenig, B.E.(1990), Authentication of Forensic Audio Recordings, J.Audio Eng. Soc., 38(1/2), 3.
- Koenig, B.E.(1988), Enhancement of Forensic Audio Recordings, J.Audio Eng. Soc., 36(11), 884.
- Hardcastle, W.J., and Laver, J. (1997), The Handbook of Phonetic Sciences, Blackwell Publishers, Malden, chap.25.
- Künzel, H.J. (2001), Beware of the 'telephone effect': the influence of telephone transmission on the measurement of formant frequencies, Forensic Linguistics, 8(1), 1350.