

기동헬기 음성 경고음의 인간공학적 설계에 관한 연구

Ergonomic Design of Voice Warning Sounds Used in Utility Helicopter

정중혁*, 김태곤*, 고진환**

Jonghyuk Jung*, Taekon Kim*, Jinhwan Koh**

Abstract

This paper presents an experimental study of the factors modulating the urgency perception of voice alarm generated by concatenative synthesizers. Four experiments were conducted using psycho-physical approach in which 112 participants made magnitude estimation for urgency perception of various voice alarm stimuli. Experiment 1 identified 6 acoustic and non-acoustic factors modulating the perceived urgency of synthesized voice alarm. Experiment 2, 3 and 4 quantified the relations between the objective changes in each of the quantifiable parameters and the subjective changes in urgency perception. This research has implications for the design and implementation of synthesized voice alarm systems where urgency mapping is required.

요약

본 논문은 연관된 합성기로부터 생성된 음성 경고음의 모델링에 관한 실험적 연구이다. 112명의 피실험자를 대상으로 심리적-육체적인 접근방법으로 4가지의 실험이 수행되었다. 첫 번째 실험은 합성 경고음의 위급도를 지각하는 것을 모델링하여 6개의 음성-비음성 요소들을 구분하였다. 두 번째부터 네 번째의 실험은 위급도 지각의 주관적 변화와 객관적으로 계량화 할 수 있는 파라미터를 수치화 하였다. 이 논문은 응급성의 정도를 구분하는 것이 필요한 음성 합성 경고시스템의 설계에 적용될 수 있다.

Key words : Voice warning system, synthesized voice alarm, urgency mapping, utility helicopter, Ergonomic Design

1. 서론

1.1 연구 배경

일반적으로 헬리콥터를 조종할 때, 조종사에게 일어나고 있는 위험 상황을 인지하는 일은 조종사와 승

무원의 생명에 직결되어 있는 만큼 매우 중요하다. 헬리콥터의 고도가 낮을 때, 엔진에 화재(Engine Fire)가 발생할 때, 로터 회전(LOW RPM)이 낮을 때, 혹은 한국형 기동헬기에 장착한 생존장비(MWR New Threat)에 의한 경고음 제시까지 헬리콥터를 조종할 때 조종사가 위험에 처할 수 있는 상황은 매우 다양하고, 이러한 상황을 조종사에게 인지시키기 위하여 시각적, 청각적 신호를 제시하게 된다. 하지만, 눈으로 항상 전방 시야를 주시해야 하는 조종 상황을 고려해 보면, 조종사에게 시각적 신호로 위험을 알리는 것은 알아차리기 어려운 경우도 있고, 위험을 인지하는 과정에서 조종사에게 혼란을 유발시킬 수 있다.

따라서 헬리콥터에서 조종사에게 위험을 인식시키기 위한 방법으로 청각적 신호의 역할이 매우 중요하다고 할 수 있다.

* Graduate School of Specialized Aerospace Engineering, GyeongSang National University, Korea.

** Dept. of Electronic Engineering, Engineering Research Institute, GyeongSang National University, Korea.(jikoh@gnu.ac.kr)

* Corresponding Author : Dept. of Electronics and Information Engineering, Korea University, Korea. (taekonkim@korea.ac.kr) Tel (044-860-1358)

Manuscript received May. 16, 2013; revised Jun. 23, 2013 ; accepted Jun 25. 2013

헬리콥터 내에서의 경고음이란 항공기가 조종사에게 악영향을 끼칠 수 있는 위험한 상황이 발생할 여지가 있거나 혹은 발생하였을 때 상황 해결을 위해 조종사에게 정확하게 상황을 인지시키기 위한 목적으로 항공기 내부 오디오 시스템을 통해 일정한 음높이를 반복적으로 제시되는 소리로 정의할 수 있다. 최근 한국형 기동헬기 내의 기능들이 다양해지고 디지털화됨에 따라 경고음이 필요한 상황은 더욱 증가하고 있다.

예를 들어 전투상황에서, 미사일 경고신호(RWR MISSILE Warning), 미사일 회피신호(CHAFF OUT Warning)등과 같이 기존에 없던 새로운 경고음들이 추가되고 있다. 이렇게 경고음이 요구되는 상황이 증가함에 따라 조종사에게 부담이 되고 조종사가 경고음을 인지하는데 방해 요소가 된다. 그러므로 위급상황 발생 시 경고음은 상황에 따라 조종사가 즉각적으로 인지하고 반응할 수 있도록 다양하고 적절한 경고음을 사용하는 것이 바람직 할 것이다.

1.2. 연구 목적 및 범위

전자공학, 음향공학의 발달과 인간공학적 요구의 증가에 따라 청각적 경고신호(Alarm, Warning)는 경적(Horn), 호각(Whistle), 사이렌(Siren)등의 간단한 경고음을 넘어, 좀 더 정교하고 다양한 형태로 발전되고 있다. 특히, Patterson이 제시한 청각적 경고신호 디자인에 대한 인간공학적 가이드라인 이후로, 청각적 경고신호의 디자인과 이용에 대한 다양하고 광범위한 연구들이 진행되어 오고 있다 [1]. 이들 연구들은 청각적 경고신호의 평가, 설계에 대한 인지, 심리적 접근방식을 취하고 있으며, 특히 청각적 경고신호에 대한 주관적 위급도(Urgency perception)를 주로 다루고 있다. 즉, 청각적 경고신호의 음향학적, 비음향학적 요소들과 이 경고신호를 청취하였을 때 인간이 주관적으로 인지하는 위급한 정도의 관계를 규명하고, 이를 이용하여 상황에 적합한 정도의 위급함을 전달 할 수 있는 경고신호를 설계하자는 것이다. 이렇게 위급함에 대한 정보를 암호화한 청각적 경고신호는 상황에 맞는 행동을 유도할 수 있으며, 경고에 대한 응답시간을 단축시킬 수 있다.

이러한 청각적 경고음 개선에 대한 시도 이외에, 컴퓨터를 이용한 디지털방식의 합성음성(Synthesized voice)을 경고신호로 이용하고자 하는 연구들도 진행되어 오고 있다. 음성을 경고신호에 이용할 경우, 정보전달이라는 부가적인 기능을 이용할 수 있으며, 합성음성은 그 자체로서 '경고' 기능을 가지고 있다.

따라서 합성음성 경고음은 인간에게 친숙한 형태

로 경고와 정보의 전달이 한번에 가능하며, 대부분의 경우, 사전 학습이 불필요하다. 이러한 장점 때문에 합성음성 경고는 헬리콥터조종석과 같은 높은 정신부하가 부과되는 상황에 적합하며 조종사의 작업부하를 감소시킬 수 있다는 연구 결과도 있다 [2].

하지만, 이러한 잠재적인 장점에도 불구하고, 실제 응용에 있어 기존의 청각적 경고신호에 비교하여 효용성이 있는지에 대해서는 여러 가지 상반된 연구 결과들이 발표되고 있다. 합성음성 경고 앞에 주의를 환기시킬 수 있는 경고음(Alerting tone)을 발생시키는 것 보다는 합성음성 자체를 이용하는 것이 더 효과적이며, 피 실험자의 응답시간을 단축시킨다는 연구 결과가 있는 반면, 정교한 디자인과 훈련을 이용하면 경고음의 이용이 응답시간과 수행도 측면에서 더 이득이라는 연구도 있다. 합성음성 경고와 경고음(Tone warning)의 비교연구에 있어서도, Irving은 합성음성 경고가 경고음의 경우보다 조종사들의 응답시간을 단축시키며, 정확한 응답을 이끌어 낸다고 주장한 반면 [3], Wheale은 합성음성 경고가 다른 형태의 청각적 경고신호에 비해 응답속도가 느리며, 따라서 기존의 경고음을 계속 사용하여야 하고 합성음성 경고는 실제 활용을 위한 연구가 더 필요하다고 주장하였다 [4].

합성음성경고와 주관적 위급도 사이의 관계에 대한 연구는 Park and Jang에 의해 처음 시도되었는데 [5], 간단한 규칙 기반 음성합성기(rule-based synthesizer)를 이용 하여 생성한 합성음성 경고의 음향학적 파라미터 중에서 음성경고의 빠르기, 평균 기조진동수 그리고 억양(Intonation)과 같은 음성의 자연스러운 등이 주관적 위급도에 영향을 줄 수 있음을 밝혔다. Park and Jang의 연구에 이용된 규칙기반 음성 합성은 인간의 발생구조를 모델링하고 음소나 음절의 억양과 악센트 등에 여러 가지 규칙을 적용하여 음성을 만들어 내는 방식으로, 음향학적 파라미터들을 쉽게 조정할 수 있으며, 다양한 어휘를 만들어 낼 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 최근 대부분의 TTS 시스템들은 연결형 합성(Concatenative synthesis) 방식을 이용하고 있는데, 그 이유는 미리 녹음, 데이터베이스화된 음절들을 연결하여 합성음성을 만들어냄으로써, 어휘의 수가 규칙기반 음성 합성에 비하여 제한되지만 고음질의 더 자연스러운 음성을 생성할 수 있기 때문이다.

Park and Jang의 연구에서 지적한 바와 같이, 합성음성의 자연스러운 정도는 인간의 주관적 위급도에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 사람의 음성에 훨씬 가까우며, 이해도와 명료도가 높은 연결형 합성음성에 대한 주관적 위급도 관계는 새로이 평가되어야 할 것

이다. 또한, 주관적 위급도를 합성음성 경고음에 암호화하기 위해서는 다양한 어휘와 경고메시지 형태 등, 좀 더 다양한 경고음 설계요인들에 대한 평가가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 감성적으로 향상되고 조종사에게 혼란을 유발시키지 않는 경고음 개발을 위해 4개의 실험을 통해 연결형 합성(Concatenative synthesis) 방식의 합성음을 이용하여 경고음을 제작하기 위해 고려되어야 할 여러 가지 요인들을 파악하고, 경고음을 청취한 후 청취자가 주관적으로 인지하는 위급도 사이의 관계를 규명해서, 이를 정량화하고자 한다.

또한 본 연구를 바탕으로 한국 기동헬기의 24가지 음성 경고음의 주관적 위급도를 정량화하여 최초로 다량의 기동 헬기 디지털 음성 경고음 24가지를 장착 설계 하고자 한다.

II. 기동헬기 음성경고 제시상황분류

2.1 청각 표시 장치

외부의 정보를 받아들이는데 있어 시각 다음으로 많이 사용되는 기관은 청각이다. 청각의 특성을 살리면 시각적 표시 장치와는 다른 여러 가지 독특한 정보를 제공할 수 있다. 표 2-1은 청각 및 시각 표현의 용도 비교이다.

표 2-1 디스플레이의 청각적 표현 및 시각적 표현 비교
Table 2-1 Comparison of auditory display and visual display

청각적 표현을 이용하는 경우	시각적 표현을 이용하는 경우
메시지가 단순함	메시지가 복잡함
메시지가 짧음	메시지가 길
메시지를 나중에 다시 볼 필요 없음	메시지를 여러 번 보아야 함
메시지가 그때의 사건을 다룸	메시지가 공간적 위치를 다룸
시각 장치가 지나치게 많음	청각장치가 지나치게 많음
수용 위치가 너무 밝거나 암순응이 필요함	수용 위치에 소음이 많음
계속 움직이면서 일을 함	한자리에서 일을 함

표 2-1과 관련하여 청각적 표시장치의 장점을 좀

더 살펴보면, 신호원 자체가 음일 때, 즉각적 행동이 요청되는 경고나 메시지일 때, 항공기 무선항로 또는 비행정보와 같이 계속 변하는 정보를 나타낼 때, 음성 통신 채널을 전적으로 사용할 때 그리고 말로 응답해야 할 때이다. 이러한 지침은 잘 판단하여 적용해야 하며, 복잡한 메시지는 사람들이 단기 기억장소로부터 제대로 상기하지 못하기 때문에 짧고 간단한 것으로 제한하는 것이 바람직하다.

이러한 청각 표시장치를 설계하는 데 있어 몇 가지 지침을 살펴보면 우선 일반원리로서 사용자가 알고 있거나 자연스러운 신호 차원과 코드를 사용하는 양립성, 주의를 끄는 주의 신호와, 주의 신호 후 식별된 신호에 정확한 정보를 지정하는 지정신호로 이루어진 근사성, 두 가지가 동시에 울릴 때 식별할 수 있는 분리성, 꼭 필요한 정보만을 제공하도록 하는 검약성 그리고 동일 신호는 항상 동일한 정보를 지정하도록 하는 불변성 등이 있다. 다음 표현 원리로는 극한적 청각 차원을 피하며, 주변 소음 수준에 상대적으로 세기를 설정하도록 하며, 간헐 또는 변동 신호를 사용하고, 청각 채널이 과부하 되지 않게 하여야 한다. 마지막으로 설치 원리를 살펴보면 사용할 사람들에게 미리 시험하여 제대로 검출하고 식별하는지를 확인하고, 기존 신호와 상충되지 않도록 한다. 그리고 기존 신호의 전환(시각을 청각으로 대체할 때)이 쉽도록 한다.

2.2 기동헬기 경고 시스템 인터페이스 분석

제한한 디지털 음성 경고음은 한국형 기동헬기의 오디오 통합발생장치인 디지털 방식의 인터콤(ICS)에 장착 설계 목적으로 연구하였다. 음성 경고음이 연동되는 기동헬기의 계기판은 시각적으로 기동헬기의 현재 상태의 위급함을 정확히 파악하여 조종사의 안전 비행과 주관적 인지력을 확보함과 동시에 헬기의 기능을 고도로 발휘시키기 위하여 장착되어 있다.

따라서 제한한 음성경고 시스템은 기동헬기의 시각적 경고 뿐만 아니라 전투 상황과 다목적의 위급 상황 시 시각적인 위험 인지 뿐만 아니라 조종사의 청각적인 인지 능력을 향상시키기 위해 음성 경고음을 그림, 2-1과 같이 디지털 인터콤(ICS)의 메모리에 저장하여 계기판(MWP)과 시각적 경고와 연동하여 비상 상황 시 기동헬기 메인 컴퓨터(MC)의 제어에 의하여 조종사 헤드셋을 통해 경고음을 조종사가 빠르게 인지할 수 있는 있도록 인간공학적으로 제안되어 졌다.

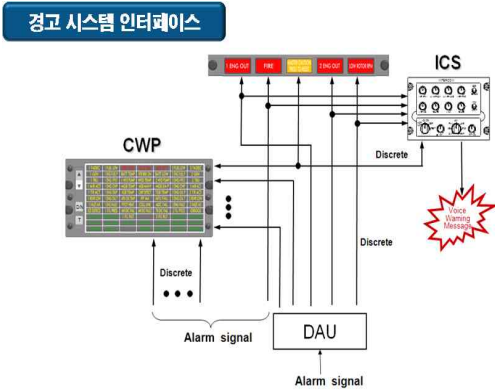


그림. 2-1. 제안한 기동헬기 음성경고 인터페이스
Fig. 2-1 Interface of proposed voice alarm

2.3 음성경고 제시상황 분류

본 연구를 위해 현재 각 나라에서 운용하고 있는 기동헬기의 경고음(Warning Sound)를 조사하였다. 미국(UH-60), 유럽(AS-532, NH-90), 이스라엘(A129) 등, 조종사에게 위급 상황에서 경고음을 제시하는 경우만을 포함 하였으며 모두 알람형식의 경고음으로 표2-2와 같다. 각 나라의 기동헬기에서 사용하고 있는 청각적 경고음의 모든 종류를 조사 하여 총 28개의 청각적 경고음을 사용하는 것을 알 수 있었다.

총 28가지의 위급 상황 중에서 조종사와 미국, 프랑스, 이스라엘 자문단(T/A)의 설문 조사결과 24가지 경고상황을 한국형 기동헬기에 반영하고자 한다.

본 연구에서의 경고음 제시상황은 총 24가지이며 표 2-3 과 같다.

표 2-2 국적별 기동헬기 경고음 종류

Table 2-2 Voice alarm types of nationality

경고음 종류	국적별 기동헬기 종류			
	미국 (UH-60)	유럽 (AS-532)	유럽 (NH-90)	이스라엘 (A129)
알람(Alarm)	알람	알람	알람	알람
음성 경고음	없음	없음	없음	없음
경고음 개수	5	6	12	6

표 2-3에서 조사된 총 24가지의 경고음 제시 상황에 대해 피 실험자들이 주관적으로 느끼는 긴급성과

표 2-3 음성 경보음 상황

Table 2-3 Voice warning sound situation

Warning type	Message (1553B)
LOW Altitude (By RALT)	Pull up
LOW Altitude (By RARO)	Altitude
1 Engine Fire	No.1 Engine Fire
2 Engine Fire	No.2 Engine Fire
APU Fire	APU Fire
MGB Fire	MGB FIRE
1 Engine out	No.1 Engine out
2 Engine out	No.2 Engine out
NR Low	LOW RPM
MWR New Threat	00 O'CLOCK MISSILE MISSILE
LWR threat By Laser Beam Rider	00 O'CLOCK Laser Laser
Laser Target designator	00 O'CLOCK Laser
RWR MISSILE	00 O'CLOCK MISSILE
RWR LOCK ON	00 O'CLOCK LOCK On
RWR NEW Threat	00 O'CLOCK NEW Threat
LWR Threat (Unknown Direction)	Laser
FLARE OUT	FLARE OUT
CHAFF OUT	CHAFF OUT
FLARE LOW	FLARE LOW
CHAFF LOW	CHAFF LOW
DISDENSE READY	DISDENSE READY
Air Speed	Air Speed
Caution (By CWP)	Caution
Mission or Present FUEL Warning	Bingo

(00 구체적인 시각)

중대성에 대한 평가를 실시하였다.

긴급성(Urgency)은 빠른 상황 파악 및 해결을 요구되는 정도, 중대성(Criticality)은 중요하거나 큰 위험을 초래하는 정도로 정의하였으며, 어휘에 대한 설명을 돕기 위해 위의 설명과 더불어 긴급성에는 'Quick', 중대성에는 'Critical'이라는 속성에 대한 설명을 추가하여 참고하도록 하였다. 평가는 그림. 2-2와 같은 설문을 통해 9점 척도로 평가하였으며, 조종사 20명(평균 연령 33±4.3세, 조종경력 8±3.2년)이 피 실험자로 참여하였다.

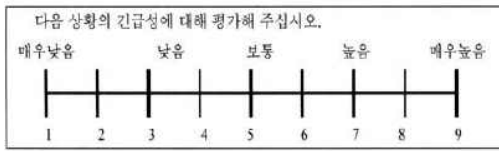


그림 2-2. 조사 규모
Fig. 2-2 Scale of survey

각 항목의 평가치 평균을 매우 낮음 1점과 매우 높음 9점을 각각 -1.0과 +1.0로 하여 -1.0~1.0사이의 값으로 변환하였으며, 이를 '긴급성 지수'와 '중대성 지수'로 정의하였다. 즉, 긴급성 지수가 0이면 보통 수준의 긴급성을 의미하며, 0보다 클수록 긴급한 상황을 의미한다. 중대성의 경우도 마찬가지로 0이 보통수준의 중대성을 의미하며, 중대성 지수가 클수록 중대한 상황을 나타낸다.

각각의 경고음 상황에 표 2-4와 같이 긴급성 지수와 중대성 지수를 기준으로 4가지 타입으로 구분하였다. A 타입은 긴급성 지수>0, 중대성 지수>0인 상황으로 중대하면서 긴급한 상황에 해당되며, B 타입은 긴급성 지수 > 0, 중대성 지수 < 0인 상황으로 긴급한 해결이 필요하지만 크고 위험한 문제는 아닌 상황, C 타입은 긴급성 지수 < 0, 중대성 지수 > 0인 상황으로 빠른 해결을 요구하지 않지만 중대한 문제가 발생한 상황, D타입은 긴급성 지수 < 0, 중대성 지수 < 0인 상황으로 크게 긴급히 해결해야 하거나 큰 위험을 일으킬 위험이 없는 상황에 해당하다.

표 2-4 음성경고 4가지 형태의 상황
Table 2-4 Four voice alarm types

타입	긴급성 지수	중대성 지수
A 타입	> 0	> 0
B 타입	> 0	< 0
C 타입	< 0	> 0
D 타입	< 0	< 0

24가지 경고음 제시 상황에 대한 평가치 평균값과 이를 기준으로 4가지 타입으로 분류한 결과는 표 2-5와 같다. 전투상황에서의 미사일, 레이더 추적신호와 로터의 회전력 문제가 발생할 때 등의 상황은 중대성 지수는 높았으나 긴급성 지수가 낮아 타입 C로 분류되었으며, 충돌의 위험이 있을 때와 엔진에 화재가 발생할 때 등의 상황은 중대성과 긴급성 모두 높아 타입 A로 분류되었다. Chaff가 방출할 때, 연료가 부족할 때, 헬리콥터 속력이 떨어질 때, 생존장비의 자동 시스템이 확보되었을 때는 긴급성 지수와 중대성

지수가 모두 낮아 타입 D로 분류되었다. 긴급성은 높지만, 중대성은 낮은 타입 B는 존재하지 않았으며, 이는 중대성이 낮은 일은 긴급하게 할 필요가 없다는 의식이 반영된 것으로 판단된다.

표 2-5 경고음 제시상황
Table 2-5 Categorizing warning sound situation

경고음 제시 상황	긴급성 지수	중대성 지수	타입
MWR New Threat	-0.18	0.23	C
Engine Fire	0.78	0.78	A
FLARE OUT	-0.05	0.05	C
DISDENSE READY	-0.10	-0.10	D
Air Speed	-0.38	-0.10	D
MGB Fire	0.68	0.78	A
Engine out	0.53	0.25	A
Mission or Present FUEL Warning	-0.23	-0.18	D
RWR MISSILE	-0.18	0.15	C

(같은 상황의 경고음은 한가지 경고음으로 표시)

경고음 제시 상황에 따른 상황 분류를 보았을 때, 긴급성과 중대성에 기인하여 상황을 분류하는 것은 인지적으로 바람직하다고 판단할 수 있다. 따라서 경고음의 기능적 측면인 위험 상황 인지를 바탕으로, 경고음의 설계 요소에 따른 긴급성과 중대성 및 혼합성에 관한 연구가 필요하며 조종사들의 평가시험을 통해 보안 하고자 한다.

2.4 음성변환

그림 3의 TTS 합성과정에서 보인 바와 같이 음성변환(TTS)은 입력 텍스트를 전자회로나 컴퓨터를 이용하여 자동으로 음성 파형으로 변환시켜 주는 기술로 다른 음성 관련 기술들보다 가장 먼저 구현된 기술이다. 음성 합성 방식에는 포먼트 주파수를 공진 회로로 모델링한 포먼트 합성방식(Formant synthesis)을 비롯하여, 조음기관을 모델링하여 합성하는 조음합성방식(Articulatory synthesis), 그리고 녹음된 음편(Speech segment)을 연결하여 합성음을 생성하는 연결 합성 방식(Concatenative synthesis) 있다.

음성 부호기 및 음성 부호기를 구동시키기 위한 파라미터 열로 이루어져 있다. 합성하고자 하는 어휘들을 미리 분석하고 파라미터로 저장했다가 이들의 조

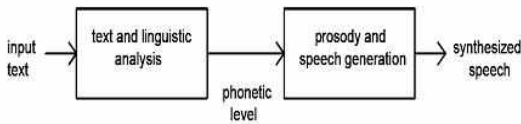


그림 2-3 TTS 합성과정

Fig. 2-3 TTS synthesis process

함으로 음성 부호기를 구동하여 음성을 합성하는 방법을 이용하였다.

III. 음성 경고음의 주관적요인 평가 및 실험1

실험1의 목적은 합성음성의 음향학적 특성과 여러 가지 요인들 중 합성음성 경고 자극이 주어졌을 때, 조종사가 주관적으로 인지하는 위급도에 영향을 주는 요인들을 찾아내는 것이다.

3.1 예비 실험

예비실험의 목적은 피실험자들의 비율판단 능력을 파악하는 것이다. 본 연구에서 수행된 모든 실험에서, 피실험자가 인지하는 위급도에 대한 주관적 평가는 Magnitude estimation 기법을 이용하여 측정하였다. Magnitude estimation 기법은 인간이 외부자극에 대한 인지강도를 비율로 판단할 수 있고, 적절한 형태, 즉 ‘선의 길이나 수치로 표현 가능하다’는 가정을 바탕으로 한다. 따라서 본 실험에 앞서 피실험자들을 대상으로 비율판단(Ration judgment)능력에 대한 검증 작업을 실시하였다. 이 기법은 심물리학(Psychophysics) 연구에서 많이 이용되는 평가 방법이다.

실험의 절차는, Lodge와 Tanenhaus and Murphy 등이 사용한 실험절차와 지시문을 상황에 맞도록 수정하여 사용하였으며, 선을 굵고, 수치로 평가함으로써 비율판단을 하도록 하였다 [6],[7]. Line production 은 주어진 숫자에 해당하는 길이의 직선을 그리는 방법이며, Numeric estimation 은 주어진 직선의 길이를 숫자로 평가하는 방법이다.

피실험자들은 직선과 숫자를 무작위 순서로 제시 받고 비율 척도로 숫자와 직선으로 자극의 정도를 평가 하는 예비 실험을 수행하였다.

피실험자에게 수치를 제시하고 이에 적합한 길이의 선을 그리도록 함으로써 비율판단을 하는 경우, 이 측정된 선의 길이와 수치자극을 Log 변환하여 선형 회귀분석을 실시하면, 회귀식의 기울기는 1에 가까운 값을 가져야 한다. 마찬가지로 선을 제시하고 피실험

자로 하여 금 수치로 선의 길이를 평가하도록 하는 경우에도 회귀식의 기울기는 1에 가까운 값을 가져야 하며, 1에 가까운 값을 가지지 않으면 피실험자가 비율판단 능력이 떨어지거나, 지시 사항을 제대로 이행하지 않는 것으로 판정할 수 있다.

Magnitude estimation을 이용해 직선의 길이를 숫자로 평가하는 경우와 그 반대의 경우에는 물리적 자극과 인지강도 사이에 지수함수(Power function)가 성립되며, 이때의 지수는 1.0인 것으로 알려져 있다 [8]. 본 연구에서는 이를 이용하여 숫자와 직선의 길이의 로그 값을 취한 후에 이들 값을 이용하여 단순 선형회귀분석을 수행하였다. 선형회귀식의 기울기의 95% 신뢰범위가 1.0을 포함하면 피실험자가 비율척도 능력을 가진 것으로 판단하였다.

본 실험에서는 회귀식의 기울기가 1인지를 유의수준 5%에서 검정하였으며, 여기에 합격된 피실험자들의 결과만을 이용하여 실험 결과 분석을 행하였다.

또한 합격된 피실험자들의 비율 판단 경향을 파악하여 본 실험에서의 평가치들을 통합, 보정 하였다. 이 두 가지 회귀식의 계수는 본 실험의 결과 분석시, 그 피실험자의 주관적 위급도 평가치들을 통합, 보정하는 데에도 이용하였다

3.2 피실험자

26명의 피실험자가 실험에 참여하였으며, 이들 중 앞에서 언급한 기준을 통과한 23명이 선정되었다. 23명의 피실험자는 22세에서 45세(평균 33.2세, 표준편차 5.13)사이의 남자 13명, 여자 10명으로 이루어졌다.

가상적인 헬리콥터 상황을 인지하기 위하여 한국항공 훈련 조종사와 삼군 훈련 비행단 조종사 8명도 참여 하였다.

3.3 실험장비

실험에 이용된 합성음성은 연결형 합성(Concatenative synthesis) 방식을 이용하는 Rhetorical rVoice TTS (Text-To-Speech) 시스템과 AT&T Natural Voices를 이용하여 생성하였으며, 16kHz sampling rate, 16bit mono WAV file Format으로 저장하였다. 저장된 합성음성은 Praat 4.2.29와 Sound Forge9을 이용하여 여러 가지 실험수준으로 변형되었으며, Pentium 4 PC에 장착된 Philips Seismic Edge PSC705 sound board와 항공기 상황에 맞게 Divid Clark(Mode H10-56) 항공기용 헤드셋을 통하여 피실험자에게 제시되었다.

3.4 실험자극

실험1에서는 6가지 요인 즉, 합성음성의 음높이를 나타내는 평균피치(Pitch), 합성음성의 빠르기(Speech rate: 발성속도), 경고메시지 형태(Message format), 메시지의 의미, 합성음성의 성별, 반복되는 경고메시지들 간의 시간 간격 등의 요인들을 평가하였다. 각 요인들의 수준은 표 3-1과 같이 각각 2개 수준이다.

합성음성은 Rhetorical rVoice TTS 시스템과 AT&T Natural Voices 시스템에서 사용되는 전형적인 남자음성과 여자음성 각 1개씩 총 4개의 화자(Speaker)를 선택하여 생성하였다. 합성음의 빠르기(Speech rate)는 초당 발음되는 음절(Syllable)을 나타내는 것으로, 메시지 음절 수를 발성 시간으로 나눈 값이다. 실험수준은 음성 합성 시스템에서 생성된 합성음성 빠르기의 85% 및 115% 수준이다.

이 두 가지 수준에 맞추기 위해 Praat 4.2.29의 PSOLA(Pitch Synchronous Overlap And Add)와 Sound Forge9 알고리즘을 이용하여 각 메시지의 발성시간을 조정하였다.

합성음성의 평균 피치는 Autorarrelation method를 이용하여 측정되었으며 [9], 피치 실험수준은 Praat 4.2.29와 Sound Forge9를 이용하여 조정하였다. 조정된 평균 피치 진동수들의 최대 차이 값은 0.2Hz이다. 80dB의 일정한 크기 순음(Pure tone)의 음높이 인지에 있어서, 변화 감지역(JND: Just Noticeable Difference) 값은 2Hz 이상이라고 알려져 있다 [10].

표 3-1 실험1의 실험요인과 수준
Table 3-1 Experimental factor and level

실험 요인	수준
합성음	남
화자(speaker)의 성별	여
평균 피치(pitch)	100Hz 180Hz
합성음의 빠르기(speech rate)	5.38 syllables/sec 4.24 syllables/sec
경고메시지 형태(message format)	Semantic context Keyword
경고메시지의 의미	Number one Engine Fire Three O'CLOCK Missile Missile
반복되는 경고메시지 사이 시간 간격	0.2sec 1.0sec
기준 경고음(reference stimuli)	

본 연구에 사용된 합성음은 순음이 아닌 복합음이기 때문에 단순비교는 어렵지만, 피치 진동 수 차이 0.2Hz는 변화 감지역 미만이라고 가정하였다.

본 실험에서 사용된 경고메시지는 표 3-2와 같이 가상적인 항공기 조종석 환경을 대상으로, Simpson and Williams의 실험 [11]에 이용되었던 합성음성 경고메시지 의미와 메시지 형태(Format)와 유사한 한국형 기동헬기 경고음의 의미와 메시지 형태 그림.3-1을 이용 하였다. 피실험자들의 실제 생활환경과는 차이가 있는 항공기 조종석 환경에서의 경고메시지를 대상으로 하므로, 실험 전 피실험자에게 경고가 울리는 위급상황에 대해 충분히 설명하였다.

합성음성 경고음의 크기(Amplitude)는 위급도 평가에 영향을 미칠 것으로 예측되지만, 본 연구에서는 제외하였다. 그 이유는 경고음의 크기는 경고음의 이해보다는 연관되기 때문에 실험상황이나 실제 응용에 있어 조정 할 수 있는 범위가 극히 제한적이기 때문이다.

이해도를 떨어뜨리는 작은 음크기도 문제이지만, 경고음이 너무 큰 경우, 작업이나 위급한 상황을 처

표 3-2 경고메시지 의미와 형태
Table 3-2 Meaning and format of alarm messages

메시지 형태		
	Semantic Context	Keyword
메시지 의미	Three O'CLOCK Missile Missile	Three O'CLOCK Missile
	Number one Engine Fire	Engine Fire one

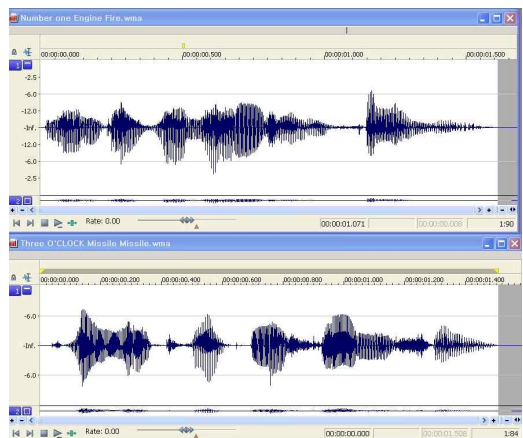


그림 3-1 메시지 의미와 형태
Fig. 3-1 Message meaning and format

리하는데 방해가 되기 때문에 항공기, 병원 등에서 작업자, 조종사, 운전자가 경고시스템을 꺼버리고 다시 켜지 않는 경향이 있음이 관찰되었다 [12]. 한국형 기동헬기의 경우 위급상황을 알리는 음성 경고음은 디지털 인터콤을 통해 조종사 헤드셋으로 조종사에게 인지되며 조종사가 경고 시스템을 꺼버리는 것을 방지하기 위하여 일정 수준 밑으로는 경고음이 꺼지지 않도록 디지털 인터콤 시스템을 장착 설계하도록 제안 하였다.

3.5 실험절차

각 피실험자에게는 실험전, 컴퓨터를 이용한 실험진행과 Magnitude estimation을 이용한 평가방법에 익숙해질 수 있도록, 충분히 설명하였으며, 여유를 가지고 미리 연습할 수 있도록 하였다. 실험 지시문은 Magnitude estimation을 이용한 일반적인 평가방법의 지시문을 본 실험에 맞도록 수정하여 사용하였다. 실험은 MS Windows XP 기반의 OS에서 MS Visual Basic 6.0으로 프로그래밍 된 소프트웨어를 이용하여 진행되었으며, 각각의 실험자극은 임의의 순서로 Pentium 4 모드에 장착된 Philips Seismic Edge PSC705 sound board와 Divid Clark(Mode H10-56) 항공기용헤드셋을 통하여 피실험자에게 제시되었다. 피실험자는 제시되는 경고음과, 미리 들려준 평가기준 경고음(Reference stimuli)을 비교하여 기준 경고음보다 어느 정도 더 위급하게 느껴지는지를 선을 굵고(Line production : LP), 수치값을 입력함(Number Estimation : NE)으로써 나타내도록 하였다.

3.6 실험분석 및 결과

각 자극에 대한 피실험자의 평가치는 선의 길이와 수치 값으로 나타나게 되는데, 이 두개 평가치의 회귀분석(Regression) Bias를 교정하기 위하여 Lodge가 제안한 다음과 같은 식을 이용하여 통합한 후, 실험의 종속변수로 사용하였다.

$$IM = \sqrt{L^{1/bL} \cdot N^{1/bN}} \tag{1}$$

IM = 통합된 측정치

L = 측정된 선의 길이

N = 수치 평가 값

bL = 각 피실험자의 선을 긋는 경향에 관한 회귀식 계수

bN = 각 피실험자의 수치 평가 경향에 관한 회귀식 계수

여기에서 bL 과 bN 은 예비 실험에서 피실험자를 선별 할 때 이용하였던 회귀식의 계수로서, bL은 각 피실험자가 자극으로 주어진 수치를 선의 길이로 평가했을 때 구해지는 회귀식의 계수이며, bN 선의 길이를 수치로 평가했을 때의 회귀 식 계수이다.

실험은 전술한 6개 독립변수들에 각각 2개의 수준으로 실시되었으며, 통합된 위급도 평가치를 종속변수로 하여 ANOVA 분석을 실시하였다. 표 3-3 에서 볼 수 있는것 처럼 6개 요인들 모두 유의한 (p<0.0001) 차이가 있는 것으로 나타났으며, 요인들 모두 주관적 위급도에 유의한 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다, 요인들 간의 2인자 이상의 상호 작용은 없는 것으로 나타났다.

표 3-3 주관적 위급도 평균 및 표준편차
Table 3-3 Mean and standard deviation of subjective urgency

실험요인	수준	평균 (표준편차)
합성음 화자의성별	남	1.44(0.83)
	여	1.07(0.57)
평균 피치	100Hz	1.16(0.65)
	180Hz	1.35(0.80)
경고 합성음의 빠르기	5.38 syllables/sec	1.58(0.69)
	4.24 syllables/sec	0.93(0.62)
경고메시지 형태	Semantic context	1.21(0.77)
	Keyword	1.30(0.69)
경고메시지 의 의미	Number one Engine Fire	1.31(0.70)
	Three O'CLOCK Missile Missile	1.20(0.76)
반복되는 경고메시지 사이 시간 간격	0.2sec	1.42(0.79)
	1.0sec	1.09(0.63)

평가 기준 경고음(Reference stimuli)

표 3-3에서 볼 수 있는 것과 같이 합성음성 경고음이 빠르게 발생될수록, 평균 피치가 높을수록(음높이가 높을수록) 위급도 평가치는 높아지는 것으로 나타났다. 이 결과는 간단한 규칙기반 음성합성기를 이용하여 생성된 경고음의 위급도 평가실험(Park and Jang) 결과와 일치한다. 또한 경고메시지가 반복될 때, 메시지 간의 시간 간격이 작은 경우, 위급도 평가치는 높은 것으로 나타났으며, 경고메시지 형태 중, 단어 수가 적은 Keyword 형태가 Semantic Context

형태보다 높은 평가치를 나타내었다. 그리고 여자음성의 경고음 보다 남자음성 경고음에 대해 높은 위급도 평가 결과가 나타났다. 일반적으로, 남자음성 보다는 여자음성이 높은 주관적 위급도 평가치를 이끌어 낼 것으로 예상하지만 본 실험에서는 이와는 반대의 실험 결과가 도출되었다.

본 실험에서는 남, 여음성의 평균 피치(음높이)를 동일하게 조정하였는데, 음성의 거칠기(Roughness), 음색(Timbre)과 같은 요인들에 의해 이러한 차이가 발생한 것으로 사료된다. 일부 피실험자들은 높은 음높이를 가지는 남자음성이 상당히 거칠고, 부자연스럽게 들린다고 보고하였다. 물론, 더 많은 음색의 합성음성들을 대상으로 평가되어야 하겠지만, 본 실험 결과는 여성음색을 가지는 합성음성이라고 해서 높은 주관적 위급도 평가 값을 보증하는 것이 아님을 보여준다.

IV. 음성 경고음의 상세분석 및 실험

실험1에서는 합성음성 경고의 정성적 요인 3개와 정량적요인 3개가 인간의 인지 심리적 반응인 주관적 위급도에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 이러한 사실은 이들 요인들을 조정하면, 실제상황의 위급한 정도를 나타낼 수 있는, 즉 인지 심리학적 적합성을 가지는 경고신호를 생성 할 수 있음을 보여준다. 물론 이를 위해서는 유효한 요인들에 대한 상세한 분석이 필요하며, 이를 위하여 실험 2, 3, 4에서는 요인들 중 세부적인 조정이 가능한 요인들에 대하여 정량적인 평가를 수행하였다.

실험2에서는 정량적 요인인 합성음성의 빠르기(Speech rate)에 대하여, 실험 3에서는 평균 음높이(Pitch)에 대하여, 그리고 실험 4에서는 반복되는 경고메시지 사이 시간간격에 대하여 각각의 독립적인 실험을 수행하였다.

이들 요인과 주관적 위급도와와 정량적 관계를 파악하기 위하여 Stevens의 멱함수(Power law)를 이용하였다. Stevens는 외부자극강도와 주관적인 지각강도 간에 지수적인 관계가 있다고 주장하고, 식2와 같이 정의하였다.

$$T = R = kS^b \tag{2}$$

T : 주관적인 지각강도
 R : 반응강도
 S : 외부자극강도
 K : 비례상수
 b : 지수

이 식에서 b는 주관적인 지각강도와 외부자극강도 간의 관계를 나타내는 지수로써, 자극의 종류에 따라 다른 값을 가진다는 것이 여러 연구를 통해 알려져 있다. 예를 들어 인간이 전기적 충격에 대해서는 지수 값이 3.5인데, 이것은 인간이 전기적 충격에 대해서는 매우 민감하다는 것을 나타내며, 소리의 크기에 대해서는 0.67로써 소리의 크기 변화에 별로 민감하지 않다는 것을 보여주고 있다. 실험 2, 3, 4의 목적은 정량적 요인들의 지수 값이 각각 어느 정도인지를 파악하는 것이며, 피실험자들의 반응강도는 Magnitude estimation기법을 사용하여 측정하였다

4.1 예비 실험 및 피실험자

실험 2, 3, 4 전에 각 실험의 예비실험이 이루어졌으며, 실험절차와 피실험자 선별조건은 실험 1의 예비실험과 동일하다. 예비실험을 통과하여 실험에 참여한 피실험자 현황은 표 4-1과 같다

표 4-1 실험 및 피실험자
 Table 4-1 Experiment and participant

실험	실험 참여(명)	예비실험 통과 (명)	남/여 (명)	연령평균 표준편차
2	28	23	16/7	33.9, 3.9
3	28	24	18/6	33.3, 4.3
4	28	22	15/7	32.9, 3.9

4.2 실험장비 및 실험 자극

사용된 실험장비는 실험1과 동일한 실험장비가 이용되었으며, 실험1에서 평가되었던 합성음성 경고메시지 중 가장 낮은 위급도 평가를 받은 ‘Three O’CLOCK Missile Missile’ 메시지와 가장 높은 위급도 평가를 받은 ‘Engine Fire one’ 메시지를 이용하였다.

이 메시지들은 가장 낮은 위급도 평가를 받은 여성 합성음성(Fe)과 가장 높은 위급도 평가를 받은 남성 합성음성(Ma)을 기준으로 각각 생성(합성)한 후에, 전문화된 정량적 요인들을 실험수준에 따라 조정하여 실험자극으로 이용하였다.

실험 2에서는 합성음성 경고음의 빠르기(Speech rate)를 세분화 하여 이에 따른 주관적 위급도 평가 변화를 정량화하기 위해, 4개의 합성음성 경고음(메시지 2개 x 음성 2개)의 빠르기(Speech rate)를 각각 6

개 수준으로 조정하였다. 음성합성기에서 생성된 합성음성의 빠르기를 100%라고 하였을때, 70~120% 범위에서 10%씩 조정하였으며, 이에 따라 총 24개의 실험자극을 생성하고, 표본화율 16kHz 16bit mono WAV 파일형식으로 저장 하여 실험에 이용 하였다.

실험 3에서는 음성합성기에서 생성된 합성음성 평균 피치의 70~120% 범위에서 10%씩 조정하여 6개 수준, 24개의 실험자극을 생성, 실험에 이용하였다

실험 4 에서는 반복되는 경고메시지 사이 시간 간격을 6개 수준으로 세분화하였는데, 0.25 sec의 7~130% 범위인 0.18 ~ 0.28 sec에서 10% 간격으로 조정하여 실험자극을 생성하였다

표 4-2 실험변수
Table 4-2 Experiment variable

Level	평균피치(Hz)	Speech Rate (words/min)	메시지 간격(sec)
1	64	120	0.18
2	89	140	0.2
3	113	160	0.22
4	138	180	0.24
5	162	200	0.26
6	186	220	0.28

4.3 실험절차

실험절차는 실험1과 동일한 절차를 이용 하였으며, 각 실험 별로 24개의 자극을 임의의 순서로 들려주고, 각각의 자극이 평가기준(Reference) 경고음과 비교하여 어느 정도 위급하게 느껴지는지를 선을 긋고, 수치 값을 입력함으로써 나타 내도록 하였다.

4.4 실험분석 및 결과

위급도에 대한 두 가지 평가치(LP, NE)는 Lodge[6]의 방정식을 이용하여 통합한 후, 기하평균(Geometric mean)을 취하였다. 기하 평균은 Magnitude estimation기법을 이용하여 측정된 자료들의 중심 경향을 나타내는 표준적인 측도이다(Lodge, 1981). 기하 평균된 지각강도(주관적 위급도)와 자극 강도 값은 각각 Log 변환하여, 선형회귀분석을 시행하였다.R2는 결정계수(Coefficient of determination)라고 불리는데, 종속변수의 분산 중 몇 %가 독립변수에 의해 설명 되는가를 나타내며 0과1사이의 값을 갖는다.

표 4-3은 실험2 결과로서, 합성음성 경고음의 빠르기를 변화시킨 자극 강도와 기하 평균된 지각강도(주관적 위급도)를 각각 Log 변환하여, 선형회귀분석을 시행한 결과이다. 지수 값(기울기) 4개에 대한 기울기 차이 검정 결과는 유의수준 5%의 모든 경우에서 기울기가 다르다고 할 수 없는 것으로 나타났으며, 이에 따라 Steven's의 멱함수 지수 값을 통합한 Speech rate는 1.21이며 회귀식의 결정계수는 Adjusted R2=0.965이다.

표 4-3 합성음성 빠르기에 대한 회귀분석
Table 4-3 Regression analysis of synthesized speech rate

메시지	Engine Fire one		Three o'clock Missile Missile	
	Fe	Ma	Fe	Ma
합성음성 Exponent	1.143	1.266	1.288	1.141
Pr > t	<.0001	0.0002	<.0001	<.0001
Adjusted R2	0.975	0.932	0.958	0.987

Fe: 여성합성음성 Ma:남성합성음성

표 4-4는 실험3의 결과로서, 평균 피치를 변화시킨 자극 강도와 기하 평균된 지각강도(주관적 위급도)를 각각 Log 변환하여, 선형회귀분석을 시행한 결과이다. 지수값(기울기) 4개에 대한 기울기 차이 검정 결과는 유의수준 5%의 모든 경우에서 기울기가 다르다고 할 수 없는 것으로 나타났으며, 이에 따라 통합된 Steven's의 멱함수 지수 값은 0.734, 회귀식의 결정계수는 Adjusted R2=0.987이다.

표 4-4 평균 피치에 대한 회귀분석
Tabel 4-4 Regression analysis of average pitch

메시지	Engine Fire one		Three O-CLOCK Missile Missile	
	Fe	Ma	Fe	Ma
합성음성 Exponent	0.777	0.784	0.683	0.692
Pr > t	0.0002	<.0001	0.0003	<.0001
Adjusted R2	0.941	0.969	0.924	0.959

표 4-5는 메시지간 시간 간격을 변화시킨 자극강도와 기하 평균된 지각강도(주관적위급도)를 각각 Log 변환하여, 선형 회귀분석을 시행한 결과이다. 회귀식 기울기의 차이 검정 결과는 유의수준 5% 모든 경우에서 기울기가 다르다고 할 수 없는 것으로 나타났다. 통합된 Steven's의 멱함수 지수값은 -0.124, Adjusted R2=0.916이다.

표 4-5 메시지 간 시간 간격에 대한 회귀분석
Table 4-5 Regression analysis for messages interval

메시지	Engine Fire one		Three O-CLOCK Missile Missile	
	Fe	Ma	Fe	Ma
Exponent	-0.131	-0.127	-0.124	-0.113
Pr > t	0.0052	<.0001	0.0008	0.0019
Adjusted R2	0.764	0.972	0.902	0.978

Fe:여성합성음성, Ma:남성 합성음성

실험 결과들을 종합하여 각 요인들과 위급도 지각강도 간의 관계를 나타내면 표 4-6과 같다. 이 결과를 Log 변환하여 주관적 위급도와 각 요인과의 관계를 나타내면 그림. 4-1와 같다

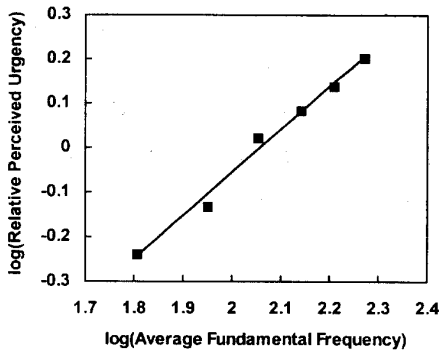


그림. 4-1 음높이와 인지된 경고
Fig. 4-1 Pitch & perceived urgency

평균 음높이(Pitch)의 경우 회귀식 기울기 0.0734로 주관적 위급도와 선형적으로 비례하는 것으로 나타났으며, 음성빠르기(Speech rate)의 경우는 1.21로 나타났다. 회귀식의 결정계수는 0.987(Pitch), 0.965(Speech rate)로서 각 요인의 주관적 위급도의 관계를 Stevens의 멱함수(Power Law)로 잘 설명해 주는 것으로 보인다.

물론 합성음성의 이해도 등을 고려하여 각 요인들

의 조정 가능한 범위에 대한 연구가 더 있어야 하겠지만, 실험된 범위 내에서는 합성음성의 빠르기에 피 실험자들의 지각강도가 가장 예민하게 변화되는 것으로 나타났다.

표 4-6에서 볼 수 있는 것처럼, 각 요인들의 통합된 측정치에 대한 회귀분석의 결정계수 Adjusted R2 값들은 모두 0.9 이상으로써, Stevens의 멱함수(Power Law)를 이용한 모델이 높은 설명력을 가지고 있음을 나타내고 있다. 이러한 관계를 이용하면, 위의 세 가지 정량적 요인들을 변화시킴으로써 합성음성 경고음이 특정수준의 위급한 정도를 나타낼 수 있도록 조정하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

Stevens의 Power Law에서 지수값 b는 주어진 자극에 대한 민감도를 나타내는데, 주관적 위급도를 반으로 또 두배, 세배로 만들어 주기 위하여 평균음높이(Pitch)와 빠르기(Speech rate)를 어느 정도나 증가 또는 감소 시켜야 할지를 실험2, 실험3, 실험4를 통해서 구해진 지수값을 이용하여 계산하면 표 4-7과 같다.

예를 들어 어떤 음성 합성 경고음의 위급도 지각강도를 25% 높이고자 한다면, 합성음성의 빠르기를 본래 빠르기의 120.3%(1.25(1/1.21))로 조정하거나 평균 피치(음높이)를 원래 피치의 135.5%(1.25(1/0.734))가 되도록 높여주면 된다

표 4-6 각 요인들과 위급도 지각강도 간의 관계
Table 4-6 Relation between each factor and perceived urgency

파라미터	지수 값	Adjusted R2	검사범위	변화범위
합성음성의빠르기	1.21	0.965	70~120%	73.2~152.8%
평균피치	0.734	0.987	70~120%	77.8~120.2%
경고메시지 사이 시간간격	-0.124	0.916	0.1~3.0sec	134.0~91.6%

표 4-7 음높이와 빠르기의 위급도 변화
Table 4-7 Urgency variation by speech pitch and rate

Parameter	Exponent (지수 값)	Increment to Increase Perceived Urgency		
		-25%	25%	50%
음성빠르기	1.21	78.8%	120.3%	139.8%
평균피치	0.734	67.6%	135.5%	173.7%

본 연구를 바탕으로 한국항공우주산업의 훈련비행사와 삼군훈련비행단조종사들의 협조를 받아 실험 결과로 생성 되어진 한국형 기동헬기 24가지 음성 경고음을 3번에 걸친 평가를 거쳐 최종 확정하였고(표 2-3 참조), 기동헬기의 인간공학적 음성 경고음 설계 보고서를 육군 평가단에 제출, 검증 받았다.

또한 본 연구와 3회 실험을 거쳐 디지털 합성음성을 이용한 새로운 인간공학적 음성 경고음 설계를 한국형 기동헬기에 효과적으로 적용하여 세계 최초로 다수(24가지)의 디지털 음성 경고음 그림 4-2을 한국형 기동헬기에 장착 설계하였다.

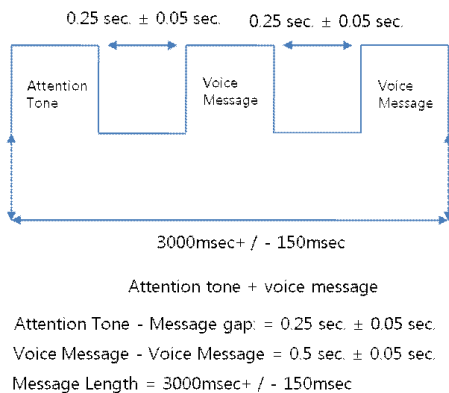


그림. 4-2 제안된 한국형 기동헬기 음성메시지 간격과길이
Fig. 4-2 Length and interval of proposed voice message

V 결론

본 연구에서 시행된 일련의 실험들은 합성음성을 이용하는 새로운 형태의 청각적 경고음을 제시하는데 있어서 상황의 위급한 정도와 같은 심리학적 적합성(Psychological appropriateness)을 부여 하는 것이 가능함을 확인시켜 주었다. 연결 합성 방식의 합성음성을 경고음으로 이용하는 경우, 합성음성의 평균 피치, 경고 메시지 형태와 의미, 합성음성의 성별, 음성의 빠르기(발성속도), 반복시의 메시지 사이의 시간 간격 등이 조종사의 주관적 위급도에 영향을 미칠 수 있으며, 이를 이용하면 상황의 위급한 정도를 경고음에 암호화(Coding) 하는 것이 가능하다. 특히, 평균 음성높이(Pitch), 합성음성의 빠르기 그리고 메시지 사이의 시간 간격 등의 요소들은 주관적 위급도와 정량적이며, 예측 가능한 관계가 있음이 연구 결과로 입증 되었고 암호화한 합성음성 경고음은 정보전달과 경고음 기능을 가지는 합성음성 자체의 장점을 가지게 될 것이며 인간의 음성과 구별되는 음성 경고음의

장점을 가지게 되므로 합성 경고음의 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

REFERENCES

[1] Patterson, Roy D. Guidelines for auditory warning systems on civil aircraft. Civil Aviation Authority, 1982.

[2] Simpson, C. A. and Marchionda-Frost, K., Synthesized speech rate and pitch effects on intelligibility of warning messages for pilots, *Human Factors*, 26, 509-517, 1984.

[3] Irving, A., "An experimental comparison of operator responses to voice and tone system warnings", *Report No. BAE-BT-12051, British Aerospace Dynamic Group*, Bristol, England, 1981.

[4] Wheale, J. L., Evaluation of an experimental central warning system with a synthesized voice component, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 54, 517-523, 1983.

[5] Park, K. S. and Jang, P. S., Effects of Synthesized Voice Warning Parameters on Perceived Urgency, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 5(1), 73-95, 1999.

[6] Lodge, M., *Magnitude Scaling: Quantitative measurement of opinion*, Sage, Beverly Hills, CA, 1981.

[7] Tanenhaus, J. and W. Murphy., Patterns of public support for the Supreme Court: A panel study, *Journal of Politics*, 43: 324-339, 1981.

[8] Gescheider, G. A., *Psychophysics: Method, theory, and application*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, London, 1985.

[9] Boersma, Paul., "Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and the harmonics-to-noise ratio of a sampled sound", *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences of the University of Amsterdam*, 17, 97-110, Amsterdam. 1993.

[10] Roederer, Juan., *Introduction to the Physics and Psychophysics of Music*, The English Universities Press, 1973.

[11] Simpson, C. A. and Williams, D. H., Response time effects of altering tone and semantic context for synthesized voice cockpit warnings, *Human*

Factors, 22, 319-320, 1980.

[12] Kerr, J. H. and Hayes, B., An 'alarm' situation in the intensive care ward, *Intensive Care Medicine*, 9, 103-104, 1983.

BIOGRAPHY

Jonghyuk Jung (Member)

2011 : Graduate School of Specialized Aerospace Engineering, GyeongSang National University

Taekon Kim (Member)



2001 : Ph.D degree in
Pennsylvania State University
2001~2002 : Intel Corp.
2003~2004 : Digital Media R&D
center, Samsung Electronics
2005~ : Professor of Electronics
and Information Engineering,

Korea University

Jinhwan Koh (Member)



1999 : Ph.D. degrees in Syracuse
University
2000~2003 : Assistant Professor
at the Kyungpook National
University
2003~ : Professor of Electronic
Engineering, Engineering Research

Institute, GyeongSang National University