

MFC 기반 음성구동 수치지도정보 검색시스템의 구현

김낙철¹ · 김태수² · 조명희³ · 정현열²

Development of a Voice-activated Map Information Retrieval System based on MFC

Nag-Cheol Kim¹ · Tae-Soo Kim² · Myung-Hee Jo³ · Hyun-Yeol Chung²

요 약

지리정보시스템(GIS)을 이용한 지도정보의 검색과 공간분석에 있어서 마우스나 키보드를 이용할 경우 수 차례의 동일한 작업을 반복하여 대상지역의 범위를 지정하고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 반복작업을 제거하여 신속한 정보검색이 가능하도록 음성인식 기능을 이용한 검색시스템을 제안하고 이를 개인용 컴퓨터상에서 구현하였다. 특히 시스템의 실용화를 위한 검색화면 제어에 있어서는 OLE(object linking embedding)기법과 MFC(Microsoft fundamental class)기법을 이용하여 시스템을 구성한 후 이를 비교하였다. 개발된 시스템의 성능평가를 위해 수치지도 자료는 1:5,000의 대구광역시 수성구의 국가 기본도를 사용하였으며 검색될 목표물을 나타내는 속성정보단어와 제어단어를 포함한 68단어를 검색의 대상으로 하였다. 남성 3인이 발성한 지도검색용 68단어를 실제 사무실 환경 하에서 마이크를 통해 on-line 실험한 결과, 평균 98.02%의 인식률을 얻었으며 검색시간은 MFC만을 이용한 경우 10.38초, OLE를 이용한 경우 5.39초가 소요되어 음성구동 수치지도 검색시스템의 실용화 가능성을 확인하였다.

주요어: 음성인터페이스, 지도검색, OLE, MFC, 음성인식

ABSTRACT

In retrieving and analyzing digital map information using mouse or key strokes, it needs several times of repeated mouse operation for designating the range of study area. In this study, we proposed a voice activated map information retrieval system for eliminating such repetitions and we realized the system on the personal computer. The system was constructed in two ways - traditional OLE(object linking embedding) method and MFC(Microsoft fundamental class) method in controlling of window display for practical use. In the system performance evaluation, the retrieval data for digital map were consisted of 68 words uttered by 3 male persons which include attribute words and control words for

2000년 5월 10일 접수 Received on May 10, 2000

1 대구기술대학 전자과 (nckim@tgpc.ac.kr) Dept. of Electronics Technology, Taegu Politechnic College

2 영남대학교 전자정보공학부 (tskim, hychung@yucc.yeungnam.ac.kr)

School of Electrical Engineering & Computer Science, Yeungnam University

3 경일대학교 측지공학과 (mhjo@bear.kyungil.ac.kr) Dept. of Geodetic Engineering, Kyungil University

Susung-gu area of Taegu city in a 1:5,000 map. As the results, we obtained the average 98.02% of recognition rate through on-line tests in the office environment and the operating speed of 5.39 seconds by OLE, 10.38 seconds by MFC. These results showed the possibility for practical use of information retrieval system using speech recognition in digital map.

KEYWORDS: Voice Interface, Map Retrieval, OLE, MFC, Speech Recognition

서 론

기존의 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)는 위치좌표체계를 이용하여 지도를 검색하고 공간 분석하는 데 있어서 키보드 또는 마우스를 이용하여 검색 조작을 수회 반복하여 수행함으로써 대상지역을 컴퓨터 화면상에 표현하는데는 많은 시간과 노력이 소요된다. 이와 같은 단순 수작업에 의한 지도정보의 검색은 음성인식 기능을 이용하면 신속하고 효율적인 처리가 가능하다. 현재 음성인식 기술은 지난 30여 년간의 기술축적에 힘입어 실용화가 가능하게 되었으며 연속음성인식에 있어서도 단어인식률 97%를 상회하고 있다.

GIS분야에서는 구미 각국의 경우 멀티미디어를 GIS에 채용하여 보다 신속한 공간정보를 각종 산업분야와 긴급 재난시에 활용하고 있으나(Cartwright와 Hunter, 1995) 국내에서는 아직 연구되어 있지 않은 실정이다.

이와 같은 점에 착안하여 본 연구에서는 지도정보의 검색에 있어 검색용 명령어를 음성인식을 이용하여 입력한 후 처리하는 음성구동 지리정보 검색시스템을 개인용 컴퓨터의 윈도우 화면상에 구현하고자 한다.

또한 본 논문에서는 검색시스템의 실용화를 위하여 GIS용 검색도구인 MapInfo를 이용한 OLE기법을 이용한 시스템 구성법과 Mapinfo가 고가인 점을 고려하여 새로이 MFC기법을 이용한 시스템 구성법을 제안하여 두 방법을 실제 사무실 환경 하에서 인식 성능실험을 실시하여 음성구동에 의한 검색시스템의 실용화 가능성을 확인하고자 한다.

검색시스템 개요 및 음성자료

1. 지도정보 검색시스템 개요

본 연구에서 제안하는 시스템은 지도정보 검색의 범위를 1개 구로 한정하고 이 구역 내의 수치 주제도면 목록으로부터 Top-down 방법으로 공공건물, 특정건물, 도로의 순으로 인식, 검색하게 하며 검색시스템은 개인용 컴퓨터의 윈도우 환경에서 음성입력으로 동작할 수 있게 한다.

그림 1은 제안하는 음성구동 지리정보 검색시스템의 구성을 나타낸 것이다. 시스템은 크게 음성 인식부와 지도 검색부로 구분할 수 있으며 시스템의 동작은 먼저 음성 인식부에서 입력된 지도검색 명령어를 인식하여 그 결과를 지도 검색부에 넘겨주면 이것을 지도좌표로 변환한 후 검색어에 해당하는 해당 지도를 모니터 화면에 나타내게 된다. 본 시스템의 개발환경은 윈도우기반의 Pentium 150MHz(Cyrix), 64MB의 메모리를 가진 개인용 컴퓨터 환경이다.

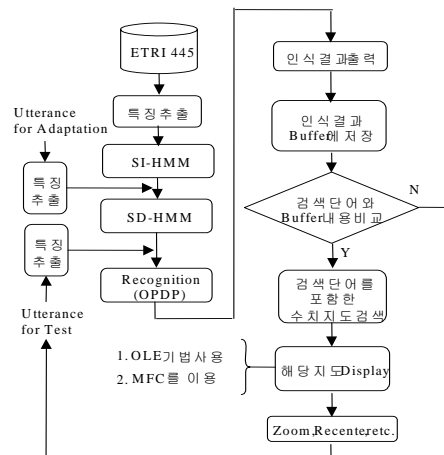


FIGURE 1. Map information retrieval system

2. 수치지도의 음성자료

본 연구에서는 대구광역시의 수성구 지역을 검색대상 지역으로 하였다. 이는 다른 구에 비해 지형지물의 구성 특성이 독특하며 다양한 속성정보가 포함되어 다른 지역의 표본이 될 수 있다고 판단되었고 또한 음성에 의한 지도검색과정에서 용도지역의 구성밀도가 조밀하게되면 검색시간이 길어지는 문제가 발생하기 때문에 용도지역의 구성패턴이 균일하지 않은 이 지역을 선정하였다.

수치지도를 구축하기 위해 수성구의 국가기본도(1:5,000)를 사용하고 특정지역명과 제어단어를 포함한 68단어를 검색단어로 하였다. 그리고 개인용 컴퓨터 및 workstation ARC/INFO software와 도시계획도를 이용하여 행정 지역별로 표기되어 있는 지적도, 토양도, 지질도 등을 수치 입력하여 데이터베이스화하였다. 선정된 68개의 검색단어는 남성 3인이 4회 발성한 것을 이용하여 음성데이터베이스를 구축하였다.

지도의 구성에 있어서는 전체를 하나의 수치지도로 만들면 모니터 화면에 나타내는 시간이 많이 소요되므로 여러 개의 지도로 분할하여 작성하였으며 필요시 다시 하나의 지도로 통합시키는 것도 가능하도록 하였다. 표 1은 작성된 수치지도 지명과 좌표 목록의 예이다.

TABLE 1. Geographical name and coordinates

번호	지형-지물명	X-좌표	Y-좌표
1	대구상공회의소	166,073.4	263,492.06
2	귀빈예식장	166,244.04	263,503.05
3	국제오피스텔	166,247.11	263,253.01
:	:	:	:
:	:	:	:
67	황금2동사무소	166,079.235	260,223.29
68	황금초교	165,470.34	260,495.88

검색단어 음성인식

1. 입출력 음성 인터페이스 구성

컴퓨터를 검색명령어 대신에 음성 입력으로 구동시키기 위해서는 음성신호와 컴퓨터간의 입출력 음성 인터페이스가 먼저 구성되어야 한다.

본 검색시스템의 경우, 그림 2와 같이 마이크를 통해 입력된 검색이용자의 음성은 A/D(Analog/Digital) 변환기(또는 사운드카드)를 거쳐 16kHz/16bit 정도의 디지털 신호로 변환되고 에너지와 영교차율의 평균과 분산을 이용하여 음성구간만 검출된다.

검출된 수치지도 정보에 관한 단어 음성구간은 음성 인식부에서 인식하여 인식결과에 해당하는 지역의 지도와 정보를 윈도우 화면에 출력하게 되는 것이다. 이때 인식오류가 발생할 경우에는 재발성, 또는 마우스, 키보드 입력으로 수정할 수 있게 한다.

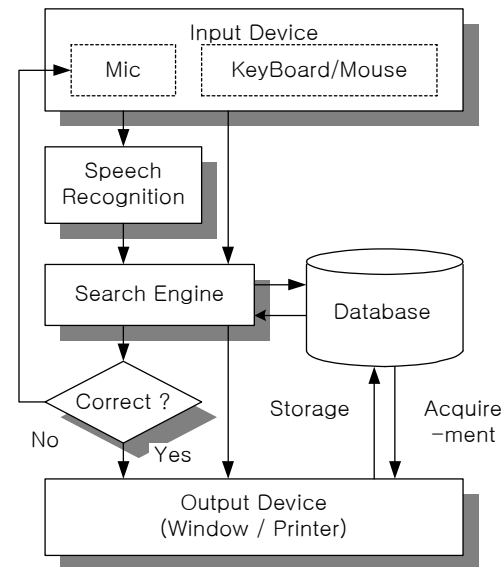


FIGURE 2. Input-output interface for voice activation

본 시스템의 인터페이스 제작시 시스템의 실행환경은 다음과 같다.

- 윈도우 기반의 32bit 어플리케이션 환경
- 윈도우 호환의 16bit 사운드카드
- 16Mbits의 RAM을 가진 Pentium PC(권장)

또한 윈도우 내의 MDK(multimedia developing kit)의 사운드 API(application programming interface)를 사용하여 높은 호환성이 되도록 하였다. 입력음성의 저장을 위한 파일형식은 실시간으로 음성구간을 추출하여 실제 음성인식이 이루어지는 내부 블록으로 넘겨주기 위해 사운드 파일(.wav) 형식으로 하였다.

2. 검색음성의 특징 추출

음성인식의 전 단계로서의 음성 분석은 음성 신호의 특징을 분석하여 추출하는 과정이다. 실제 음성인식기의 성능에 관계되는 매우 중요한 처리 과정중의 하나로서 본 시스템에서의 음성특징 추출과정은 다음과 같다.

먼저 발생된 검색 음성으로부터 음성 구간을 검출한 후 14차의 LPC(linear predictive coefficients)분석을 통해 10차의 멜캡스트럼 계수(Mel frequency Cepstral coefficient : MFCC)를 구하고 이 멜캡스트럼 계수와 음성신호의 동적 특징 파라미터인 회귀계수(regression coefficient, RGC)를 추출하여 검색단어 음성의 특징 파라미터로 사용하였다(Furui, 1986).

3. 음성인식의 고속화 기법

HMM(Hidden Markov Model)을 이용한 음성인식(Rabiner와 Juang, 1986)은 크게 학습과 인식단계로 나눌 수 있는데 학습단계에서는 지도검색용 단어인식을 위한 기본단위로서 48개의 유사음소를 이용하여 초기모델을 작성한다. 마이크의 채널왜곡, 발성환경의 변화 등의 인식률에 대한 영향을 최소화하기 위해 최대사후확률추정법(MAP, maximum a posterior) (中川과 越川, 1993)을 이용하여 화자독립 음소 모델인 SI-HMM(speaker independent HMM)을 적용화시킨다.

또한 인식단계에서는 적응화된 화자중속 모델인 SD-HMM(speaker dependent HMM)과 평가용 자료로부터 추출한 특징파라미터를 사용하여 유한상태 오토마타에 의한 구분제어를 이용한 OPDP(one pass dynamic programming)법으로 인식을 수행한다(中川, 1988).

음성인식에서 가장 간단한 방법은 예측되는 전체의 후보와 입력음성을 정합시키는 방법이다. 그러나 이 방법은 대상 어휘수가 증가하고 인식 알고리즘이 복잡해짐에 따라 대규모 탐색공간이 필요한 경우에 대해서는 많은 처리시간을 요구한다. 실시간 음성인식을 위해서는 전체의 후보와 정합을 하지 않고도 높은 인식성능을 얻을 수 있는 효율적인 탐색방법이 필요하게 된다. 따라서 본 시스템의 실용화를 고려하여 최근 많이 연구되어지고 있는 고속화 기법으로 빔 탐색법(beam search)과 목구조형 사전(tree-structured lexicon)정보를 사용하였다(Lowerre, 1976).

검색시스템의 화면제어 알고리즘

여기서는 검색지도를 윈도우 화면에 나타낼 때 GIS용 검색도구인 MapInfo를 이용한 OLE기법과 이것과 같은 기능을 하면서 실용성을 가진 새로운 기법 즉, MFC만을 이용하여 음성구동 인터페이스의 윈도우 화면을 구현하는 방법에 대해 설명한다.

1. OLE를 이용한 검색화면 제어

OLE를 이용하면 프로그램을 모듈별로 작성할 수 있다. 먼저 시스템 구현이 용이하고 데이터 상호전송이 타 방법에 비해 보다 효과적인 OLE 자동화 기법을 이용하여 시스템을 구현하였다. 이때 두 프로그램간의 통신을 위하여 MapBasic이라는 프로그래밍 언어를 이용하며 이것으로 MapInfo의 기능을 수정, 보완할 수가 있다. 여기서 원하는 지명의 좌표를 모니터 화면의 센터에 위치시키는 명령어는 다음과 같다.

Set Map Center(원하는 X좌표, 원하는 Y좌표)

보통 지도의 모든 세부적인 제어는 Set Map이라는 문법을 이용해서 이루어지며 Center도 하나의 제어구분이다. 본 연구에서는 MapBasic에서 제공하는 C++ Syntax인 "MAPBASIC.H"라는 헤더파일을 이용하여 이것을 include시켜서 시스템을 구성하였다.

OLE기법을 이용하면 특정한 지명을 화면의 중앙에 위치시키는 것이 매우 쉽고 성능도 우수하지만 MapInfo라는 특정 도구에 의존하기 때문에 고가이다. 따라서 경제적인 면을 고려하여 MapBasic의 Center기능을 C++을 이용하여 저비용으로 구성하는 방안 즉, MFC만을 이용하여 윈도우 화면에 나타내는 방법을 제안하였다.

2. MFC만을 이용한 검색화면 제어방법

여기서는 시스템의 경제성을 고려하여 Mapinfo의 기능 중 가장 기본적인 지도를 모니터에 표시하는 과정을 MFC 코드만을 이용하여 구현하였다.

1) CView 클래스에 의한 제어방법

OLE기법을 대체하기 위해 MFC만으로 구현한 초기 버전에서는 윈도우가 제공하는 기본적인 CView 클래스를 사용하여 지도를 화면에 표시하였는데 이 방법은 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

- (1) 스크롤 등의 세부적인 화면 제어 기능이 없기 때문에 지도의 특정한 곳을 화면의 중앙에 위치시키기 위해서는 윈도우 전체를 이동시켜야 한다.
- (2) 하나의 검색지명을 나타내기 위해서 화면을 조금씩 이동시켜 화면의 중앙에 위치시켰기 때문에 검색횟수가 많아질수록 매번 새로운 센터 위치를 계산해야 하며 아울러 계산량도 상당히 증가한다.

- (3) 새로운 지도 검색단어를 추가할 경우, 번거로운 수작업을 통한 센터 계산과정을 반복해야 한다. 즉, 현재 등록된 검색단어 이외의 새로운 단어를 추가할 경우에는 확장성이 없다.

2) 새로운 검색화면 제어방법

이상의 단점들을 개선하고 검색어를 더 추가할 수 있는 확장성을 가지면서 동시에 검색 속도도 개선할 수 있는 새로운 화면 제어 방법으로 CscrollView 클래스에 의한 제어방법을 도입하였다.

(1) CscrollView 클래스에 의한 제어방법

CscrollView 클래스를 이용할 경우 초기 버전의 CView 클래스에서 구현하기 어려운 미세 화면 스크롤이 가능하며 풍부한 그래픽 표현도 가능하다. 그림 3은 CscrollView 클래스를 이용한 화면센터 검색 방법에 대한 흐름도를 나타낸 것이다. 이 기능을 이용한 제어방법은 다음과 같다.

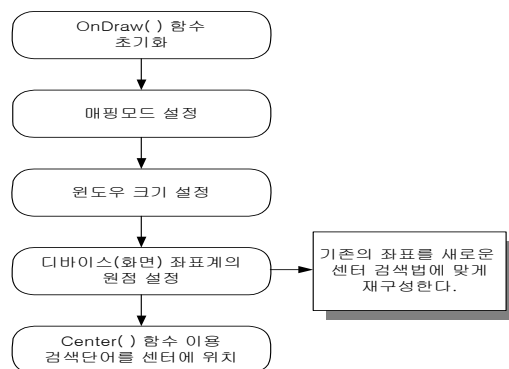


FIGURE 3. Retrieval method on window

먼저 프로그램이 처음으로 시작할 때와 그리기 함수 DrawObject()가 호출될 때마다 필요한 함수인 OnDraw()함수에서 여러 가지 사항을 초기화하도록 설정한다.

다음에 SetMapMode()함수를 이용하여 매핑모드를 MMAP_ANISOTROPIC(가변비율 매핑모드)으로 설정한다. 이 모드를 사용하는 이유

는 윈도우 상의 어떤 포인트라도 원점으로 설정할 수 있으며, 또한 줌 배율을 조정할 경우 다른 맵핑모드와 비교하여 해상도가 우수하다는 이점이 있기 때문이다.

다음으로 실제지도가 그려질 화면의 크기를 설정한 후, 마지막으로 가장 중요한 부분인 윈도우의 원점을 설정할 수 있도록 SetViewportOrg()라는 함수를 이용하여 화면 좌표계의 원점을 설정한다. 이때 화면의 센터 포인트 즉, 윈도우 크기의 X축 1/2, Y축으로 1/2되는 지점을 이 함수를 이용하여 화면 좌표계의 원점으로 설정한다. 이렇게 하면 화면의 크기에 상관없이 항상 X축 1/2, Y축으로 1/2되는 지점이 원점이 된다.

그러나 실제로 사용하고 있는 좌표계는 X=168116.71, Y=258703.84와 같은 형식으로 되어있기 때문에 화면상에 바로 나타낼 수는 없다. 따라서 이러한 좌표 값들을 화면의 센터에 나타내기 위해서는 다음의 몇 가지 과정을 거쳐서 실제 좌표를 변경시킨다.

- ① 지도파일의 전체 X, Y 크기를 구하는 과정
- ② 화면의 X, Y 크기와 지도의 X, Y 크기 사이의 비율을 구하는 과정
- ③ 검색을 원하는 지명의 좌표를 가상의 디바이스(화면) 좌표로 변환하는 과정

(2) 속도개선을 위해 화면좌표 검색과 배율 설정 방법

검색지도가 1,000개의 객체를 포함한다면, 초기 버전에서는 항상 1,000개 모두를 화면에 나타내기 때문에 많은 시간이 소요되었지만 개선된 시스템에서는 줌 배율을 조정할 수 있게 하였다.

화면이 현재 4배 확대 되어있다면 250개 미만의 객체만을 화면에 나타내었다. 즉, 검색 지명의 좌표를 화면의 센터로 설정하고 그 주위에 있는 객체들 중에서 4배로 확대해서 화면의 크기에 들어오는 객체들만 화면에 나타낸 것이다.

이와 같이 본 시스템에서는 지도를 화면에

나타낼 때 줌 배율정도를 항상 저장하고 있도록 하였기 때문에 초기 버전보다 현저하게 지도검색 내용을 화면에 나타내는 시간을 단축시킬 수가 있다.

그림 4는 이상에서 설명한 내용으로 구현된 음성구동 인터페이스의 윈도우 화면을 나타낸 것이다.

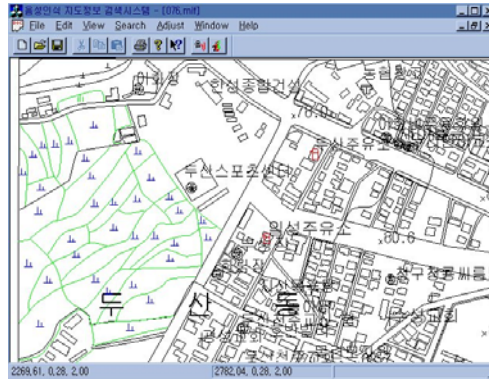


FIGURE 4. Window of retrival system using MFC method

인식실험 및 결과

1. 음성인식기의 구성

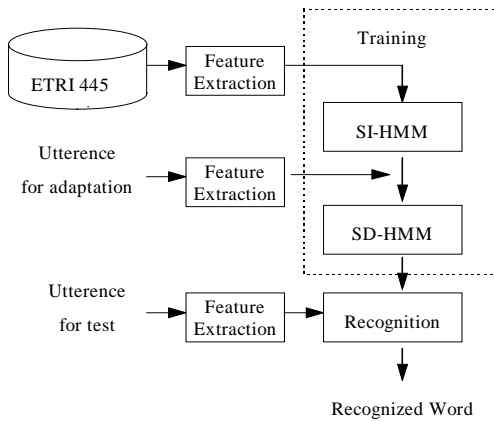


FIGURE 5. Learning and assessment of speech recognition system

본 연구에서 구성된 음성인식기는 다음과

같다. 즉, 음성구간 검출 알고리즘을 통해 입력된 지도검색 단어는 그림 5와 같은 과정을 통해 인식된다. 먼저 48 PLU(phoneme like unit)를 미리 훈련한 후 발생된 지도정보 음성을 이용하여 재학습한다. 이 학습된 PLU를 이용하여 인식할 경우는 OPDP알고리즘을 통해 인식한 후 그 결과를 출력하게 되는 것이다.

2. 음성 데이터베이스 및 분석방법

화자독립 기본모델(SI-HMM)은 한국전자통신연구소(ETRI)에서 작성한 PBW(phoneme balanced words) 445단어 음성 데이터베이스 중 14인의 발성을 이용하여 구성한다. 적응화 와 인식단계에서는 3인의 화자가 사무실 환경에서 콘덴서 데스크탑 마이크를 통해 발생한 68개의 검색대상 단어를 이용하여 음소 HMM 모델(SI-HMM)을 적응화하고, 또한 인식단계에서는 적응화된 음소모델을 이용하여 OPDP 알고리즘으로 인식한다(越川, 1993). 표 2는 음소 PLU학습용 실험에 사용될 음성 데이터베이스를, 표 3은 음성자료의 분석조건을 나타낸 것이다.

TABLE 2. Speech database

화자	단어수	발성	사용 단계	발성환경
14인	445	1회	SI-HMM 학습	방음부스
3인	68	1회	화자적응화	사무실
3인	68	3회	인식단계	사무실

TABLE 3. Analysis condition

Sampling frequency	16 kHz
Hamming window	16 msec(256 points)
Frame rate	5 msec(80 points)
Analysis	14 order LPC
feature parameter	10 order MFCC + RGC

3. 결과 및 고찰

인식성능 실험에서는 실제 여러 환경에서 높은 인식률을 얻기 위해 최대 사후확률추정법에 의한 적응화 기법을 사용하고 각 화자별 1회 발성을 사용하여 초기 화자 독립 HMM을 적응화한다. 또한, 인식은 OPDP법을 이용하여 각 화자별 off-line 실험에서는 적응화 전·후 그리고 on-line 실험에서는 적응화 후에 대한 인식실험을 수행하였다.

1) 화자종속 인식 실험(off-line)

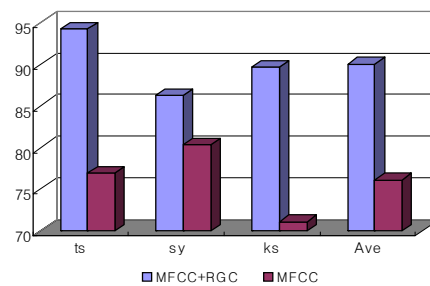


FIGURE 6. Recognition performance(before adaptation)

그림 6에서 X축은 화자들, Y축은 인식률을 나타낸다. 화자종속 off-line 인식실험 결과, 특징파라미터로서 10차의 멜캡스트럼과 10차의 회귀계수를 사용하였을 경우 적응화전 3인 화자 평균 90.08%의 인식률을 보였으며 적응화 후에는 3인 화자 평균 99.01%의 매우 높은 인식률이 나타났다(그림 7).

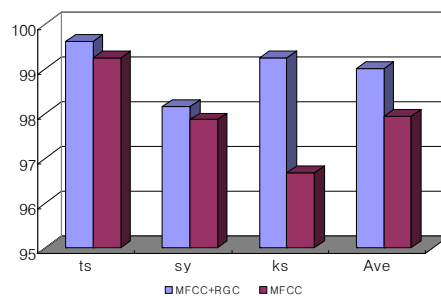


FIGURE 7. Recognition performance(after adaptation)

2) 화자종속 인식 실험(on-line)

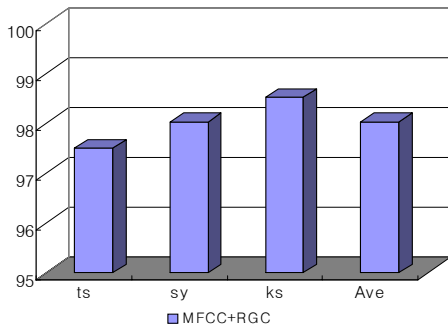


FIGURE 8. Recognition performance(after adaptation)

off-line 인식실험을 바탕으로 실제 PC에서 on-line 실험한 결과는 그림 8에 나타내었다. 3인 화자 평균 98.02%의 비교적 높은 인식률을 얻어 본 검색시스템의 실용화 가능성을 확인하였다.

3) OLE 기법을 이용한 검색화면 시간

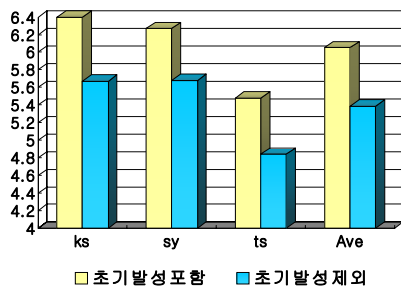


FIGURE 9. Retrieval operating time by OLE method

시스템의 실시간 동작을 확인하기 위해 OLE 기법과 MFC만을 이용한 경우에 대하여 비교 분석하였다. 그림 9에서 X축은 화자를, Y축은 화면표시 시간을 나타내며 마이크를 통해 검색 단어를 발성한 후 그 단어를 인식하고 화면에 나타내는 데까지 걸리는 시간이다. 초기발성을 포함한 경우에는 평균 6.05초, 초기발성을 제외한 경우는 5.39초의 시간이 소요되었다. 초기발성을 포함한 경우가 시간이 더 많이 소요되는

이유는 최초 메모리에 지도를 상주시키는 데 시간이 소요되기 때문으로 일단 메모리에 상주되어있는 지도를 이용할 경우는 빨라진다.

4) 새로운 검색법을 이용한 검색화면 시간

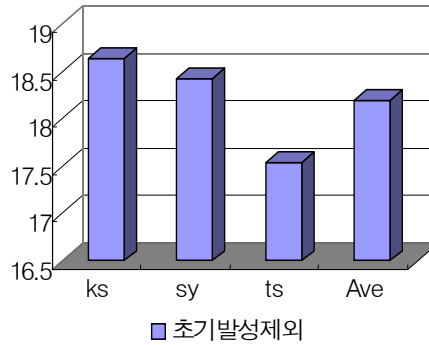


FIGURE 10. Retrieval operating time by MFC method (first version)

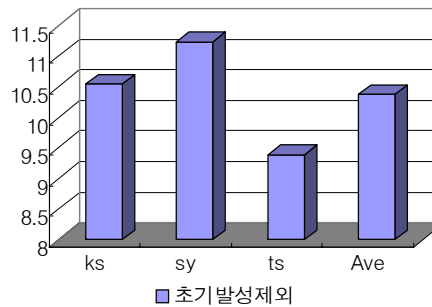


FIGURE 11. Retrieval operating time by MFC method with new methods

그림 10은 초기버전에서 검색화면 display 시간을 나타낸 것이며 이때 3인 화자 평균 18.2초가 소요되었다. 그림 11은 이 초기버전을 개선하기 위한 새로운 제어방법을 적용한 경우로서 초기발성을 제외한 경우, 3인 화자 평균 10.38초로 약 43%의 속도개선이 있었다.

결 론

본 논문에서는 지도검색 명령어를 사용하는 대신에 음성인식 기능을 이용한 지도정보

검색시스템을 구현하고 실험을 통하여 실용화 가능성을 확인하였다. 시스템구성에 있어서는 수치지도와 음성인식과의 인터페이스부분에 OLE 기법과 MFC만을 이용하는 기법을 통한 두 종류의 시스템을 구현하고 대구광역시 수성구의 속성단어와 제어단어를 포함한 68단어를 대상으로 사무실 환경 하에서 인식성능을 평가하였다.

성능평가 결과, off-line 실험에서는 3인 화자 평균 적응화 전 90.08%, 적응화 후 99.01%의 인식률을 보여 인식시스템의 유효성을 확인할 수 있었으며, 이를 토대로 한 on-line 실험에서는 3인 화자 평균 98.02%의 비교적 높은 인식률을 보였다.

실용화를 위한 동작시간의 측정 결과, 마이크를 통해 검색단어를 발성한 후 인식을 수행하여 그에 해당하는 지명을 윈도우 화면에 나타내는데 걸리는 시간은 OLE 기법을 이용한 시스템의 경우는 3인 화자 평균 5.39초의 시간이 소요되었다. MFC만을 이용한 시스템의 경우는 초기 버전에서는 평균 18.2초가 소요되었으나, 새로운 검색화면 제어방법을 사용하였을 때는 평균 10.38초로 약 43%의 속도개선을 보였다.

MFC 기법은 OLE 기법을 이용한 경우보다는 비교적 많은 시간이 소요되었지만, OLE 기법을 이용할 경우 고가인 단점을 해결할 수 있었다. 향후 검색지도 화면표시 시간을 더욱 단축시킨다면 음성에 의한 수치지도 검색시스템의 실용화 가능성이 있음을 알 수 있었다. **KAGIS**

참고문헌

- 中川聖一, 1988. 確率モデルによる音聲認識. 電子情報通信學會.
- 中川聖一, 越川忠, 1993. 最大事後確率推定法を用いた連続出力確率分布型HMMの適應化. 日本音響學會誌 49(10):721-728.
- 越川忠, 1993. 連続音聲認識システムにおけるHMMの話者適應化に関する研究. 修士學位論文.
- Cartwright, W.E. and G.J. Hunter. 1995. Beyond maps: Using multimedia to enrich the use of geographic information. 1995 Annual Conference Proceedings, URISA, Vol. II, pp.420-433
- Furui, S. 1986. Speaker-independent isolated word recognition using dynamic features of speech spectrum. IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing 34(1):52-59.
- Lowerre, B.T. 1976. HARPY speech recognition system. Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University.
- Rabiner, L.R. and B.H. Juang. 1986. An introduction to hidden Markov models. IEEE ASSP Magazine, pp.4-16. **KAGIS**