

음성인식기술의 현황과 실용화 전망

구 명완

한국통신 멀티미디어연구소 음성언어연구실

The Status of Speech Recognition Technology and its Prospects on Practical Applications

Myoung-Wan Koo

Spoken Language Research Team, Multimedia Technology Research Lab., Korea Telecom

< 요약 >

본고에서는 음성인식기술의 최근동향을 알아보고 국외의 실용화 사례를 통신사업자와 비통신사업자 주축으로 이루어지고 있는 응용 사례를 소개한다. 현재의 음성인식 기술중 최근 주목을 받고 있는 발화 확인기술과 탐색기술을 소개하고 외국의 실용화 사례를 통신분야와 비통신 분야로 나누어서 기술한다. 그리고 실용화 전망에 대해 고찰한 후 결론을 맺는다.

1. 서론

음성인식기술이 국내에 소개된지 약 15년이 지났으며 최근에는 실용화 제품도 상당히 국내시장에 도입되고 있다. 최근에는 국내의 주요 일간지에 음성인식 관련 만화도 소개되고 있다. 그러나 국내의 기술진에 의해 개발된 음성인식시스템은 매우 드물다.

최근에는 사용자의 편리성과 경제적인 효과를 고려하고 우리말 정보처리 기술이라는 측면에서 정부와 학계 및 사업체에서 관심을 갖고 있다. 또한 실용화 사례도 보도되고 있다[1].

본고에서는 음성인식 기술의 최근 동향을 소개하고 실용화 사례를 소개하고자 한다. 음성인식기술의 동향은 1990년도부터 국내에서 종종 소개되어 왔기 때문에 본고에서는 소개되지 않은 내용을 중심으로 기술하겠다[2-6]. 먼저 2장에서는 최근에 실용화 인식기술을 위해 필수적인 기술인 발화확인 기술과 실시간처리에 필요한 탐색기술에 대해 알아보고 3장에서 실용화 사례에 대해 소개한다. 4장에서는 실용화 전망에 대해 고찰하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 음성인식기술의 최근동향

2.1 발화확인 기술(utterance verification)

음성인식기술이 상용화되기 위해서는 사용자들의 다양한 반응에 대해서도 잘 동작이 되어야 한다. 처음으로 음성인식시스템을 사용하는 사람은 음성인식 시스템이 요구하는 단어를 제대로 입력할 수 없다. 이때 시스템은 사용자의 입력음성으로부터 유효한 단어나 문장을 찾아 내야하고 잘못 입력된 음성은 거절 하여야 한다. 이를 위해선 필요한 단어 혹은 문장만 찾아내는 word spotting 기술이 필요하고 필요없는 단어등을 거절(rejection)시키는 기술이 필요하다.

대표적인 응용 사례로는 전기통신망을 통해 구매한 음성으로부터 필요한 핵심어를 구하는 통신망 응용서비스를 위한 것과 대화문으로부터 특정단어를 찾아내는 모니터링의 응용 사례가 있다. 전자의 응용사례에서는 잘못 입력한 것을 유효한 음성으로 고려하는 false alarm이 적게 발생하도록 설계 되어야 하며 후자의 응용사례에서는 잘못된 거절(incorrect reject)비율이 작도록 설계 되어야 한다[7].

필요없는 단어등을 거절하는 방식은 garbage모델을 사용하여 이 모델의 likelihood 값이 대상단어의 likelihood 값보다 클 경우에 잘못된 입력으로 처리 하는 방식이 사용되어 왔다[5][8].

발화확인이란 인식과정의 결과를 확인하는 과정을 추가하여 인식결과를 확인하는 과정을 말하며 처음에는 filler 모델을 이용하여 확인하는 방식이 사용되어 왔다[9-10]. 그러나 이러한 filler 모델은 단어를 기반으로 구성되었기 때문에 단어 독립 음성인식을 위한 발화확

인기능이 구현되기 위해서는 매 음소단위로 확인과정이 필요하다. 이를 위해서 반음소(anti-phone) 모델이 제안되었다[11].

한편 인식과정에서 반음소 모델을 사용하는 3차원 비터비 알고리즘이 제안[12]되었으나 훈련과정을 거치지 않을 경우 인식성능이 기존의 방식보다 못한 결과를 나타내었다. 최근에는 이를 보완하는 알고리즘이 제안되었다[13].

상기와 같이 발화확인기술은 word spotting과 거절기능이 통합된 기술이므로 실용화 시스템에 대부분 사용되고 있다.

2.2 탐색기술

음성인식대상 단어가 초대용량(1만단어 이상)으로 증가되고 소규모 용량을 같은 PC통에서 실시간으로 동작되기 위해선 탐색기술인 비터비 알고리즘을 구현하는 방식이 매우 중요하다. 인식기에 비터비 알고리즘을 구현하는 방식은 빔(beam)탐색 방식과 스택(stack)방식이 크게 사용되고 있으나 인식과정에 필요한 메모리량과 인식시간을 향상시키기 위하여 두가지 방식을 통합하여 사용하기도 한다[14].

인식시간을 향상시키기위하여 후보단어를 트리구조로 구성하여 동일한 음소에 대한 likelihood 계산을 줄이는 알고리즘이 제안되었고[15], 언어모델과 결합되어 효율성을 높이기 위하여 look ahead 알고리즘도 제안되었다[16]. 마이크로 소프트사(社)에서도 인식시간을 향상시키기 위하여 acoustic look-ahead 기법과 cross word modeling 방식을 사용하고 있다[17].

상기와 같이 단어수가 증가됨에 따라 인식속도를 향상시키기 위하여 대부분의 실용시스템은 데이터 구조를 조정하거나 알고리즘을 변경하고 있다.

3. 실용화 사례

음성인식기술은 최근 실용화 사례가 점점 많아지고 있으며 크게 통신 사업자들을 위한 실용화 사례와 비통신사업자, 예를 들면 컴퓨터회사들의 실용화사례를 소개하고자 한다.

3.1 통신사업자들을 위한 실용화 사례

통신망을 이용한 서비스연구는 주로 각 나라의 통신회사, 국영연구소들 중심으로 연구가 진행되고 있다. 미국, 유럽 주요 나라 및 일본의 연구사례를 중심으로

기술하면 다음과 같다.

가) 미국

미국의 음성인식 기술의 최근 응용사례로는 AT&T universal card service가 있다. 이 카드를 사용하고 있는 사람은 전화를 걸어 음성으로 카드번호를 말하면 계좌정보내역을 음성으로 들을 수 있다[18]. 이 서비스 시스템은 Lucent Technologies에서 개발되었으며 최근에는 16자리로 이루어진 카드번호 뿐만 아니라 상대방 전화번호도 자연스럽게 말을 하면 인식하여 전화 연결을 하는 서비스가 구현되었다.

최근 AT&T에서는 "How may I help you"라는 서비스의 실용화 연구를 수행하고 있는데 이 서비스는 고객의 전화연결에 대한 다양한 음성을 인식하여 정보를 알려주는 연구를 수행하고 있다[19]. 사용되는 단어는 약 1만단어 정도가 된다. 또한 비행기 자동예약의 상용화를 위한 연구도 수행하고 있다[20].

Bellcore에서는 CallManager라는 전자서비스의 실용화 연구를 하고 있다. 이 서비스는 전화를 수신하는 사람이 부재중이라도 자동적으로 전화를 받아주고 미리정해진 전화의 중요도에 따라 전화내용을 관리한다. 부재중인 사람은 PDA단말기를 통하여 전화내용을 검색할 수 있다[21].

나) 유럽

유럽의 음성인식기술을 사용한 실용화 연구는 MIVA(Multilingual Interactive Voice Activated telephone services)라는 프로젝트를 중심으로 진행되고 있다. 이 과제의 목표는 다국어 음성인식기술을 이용한 서비스를 개발하고 실험하는 것으로 1995년부터 진행되고 있다. 현재는 TASPM(telephone assistance service for people on the move) 라는 서비스를 6개국 언어(영어, 독일어, 이탈리아어, 프랑스어, 네덜란드어, 포르투갈어)로 서비스하여주는 것을 목표로 하고 있다.

이 서비스는 여러국가로 출장중인 사람에게 현재의 전화를 사용하는 방식 및 긴급 전화번호 등을 6개국 언어로 설명하여 주는 서비스이다. 인식대상 단어는 65단어이며 1997년부터 시험 운용을 시작하였다. 이 과제의 목표는 사용하고 있는 국가 혹은 언어가 다르더라도 동일한 과정을 거쳐 정보를 얻을 수 있도록 서비스 흐름을 표준화하고 실험하는 것과, 국가별 교환망에 따른 음성인식 성능을 측정하는 것을 목표로 한다.

영국의 대표적인 음성인식기술 응용사례 중의 하나는

CallMinder라는 서비스이다. 이 서비스는 1995년 5월부터 시작되었으며 현재 19개가 설치되어 있으며 50만명 이상의 고객을 확보하고 있다. 이 서비스는 전화 통화 중에도 다른 전화가 걸려 왔을 경우 자동적으로 전화를 받아서 메시지를 남겨 놓을 수 있을 뿐만 아니라 저장된 메시지를 들어 보기 위하여 음성명령을 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 전화를 기계가 자동적으로 받는 싯점을 음성명령으로 제어할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 영국의 통신회사인 BT(British Telecom)의 Martlesham 연구소에서는 직원 4000명의 이름을 인식하여 전화번호를 알려주는 서비스 시스템이 운용 중에 있다[22].

프랑스에서도 영국의 CallMinder와 유사한 음성 메일 서비스를 제공하여 주고 있으며 현재 7단어를 인식하는 수준에 있다. 음성인식 기술은 CNET가 개발한 PHL90이라는 거절기능(rejection)과 word spotting 기술이 구현된 화자독립 기술을 사용하고 있다. 대표적인 성공 사례로는 프랑스내 최대 자동차 보험회사인 MASIF가 운용하고있는 보험조회 및 신고 서비스이다. 이 서비스는 30단어를 인식할 수 있으며 24시간운용이 되고 있으며 차량도난신고 등 보험관련 내용을 안내해 준다. 현재 약 100 회선이 설치 운용 중에 있다.

독일에서는 1995년부터 페이지로 정보를 보낼 경우 음성인식기술을 사용하고 있다. 즉 숫자 혹은 제어 명령을 목소리로 말하면 해당 페이지로 정보를 보낸다. Calling party pays라는 이 서비스는 현재 30만 가입자를 확보하고 있다.

이탈리아에서는 RAILTEL(railway telephone information service)이라는 서비스를 시험운용하고 있다. 이 서비스는 533단어를 인식 할 수 있으며 이탈리아의 도시 사이의 열차 발착 및 도착 시간 뿐만 아니라 요금 및 서비스 내역을 알려 주는 서비스 시스템이다[23]. 또한 Dialogos라는 연속음성인식 시스템을 개발하여 동일한 서비스에 시험운용을 수행하여 고립단어와 연속음성 인식기술과의 사용자 만족도를 조사하였다.

다) 일본

일본에서는 1982년 ANSWER시스템이 도입된 이후 음성인식 응용제품이 별로 없었으나 최근 몇 년 전부터 다음과 같은 이유로 활성화 되고 있다[24].

- 고 성능, 저가격 및 작은 컴퓨터의 등장으로 음성인식기능을 쉽게 구현할 수 있다.
- HMM을이용한 기술의 발달로 전화망을 통한 음성이

라도 화자독립 기능 과 단어독립 기능을 쉽게 구현할 수 있다.

- API기술이 표준화되어 쉽게 구현 할 수 있다.

표 1은 일본에서 최근에 개발된 음성인식 제품을 소개한 것이며 표 2는 음성인식 기술을 이용하는 전화망 서비스를 나타낸 것이다[25][27]. 통신망을 이용한 음성인식 기술의 최종 목표는 현재 사용하고 있는 DTMF버튼 사용대신 음성으로 바꾸는 것이다. 특히 무선전화를 사용하는 경우에는 DTMF보다는 음성으로 명령을 입력하는 것이 매우 편리하며 차량에서 자동운항장치에 명령을 내릴 경우에도 음성이 매우 유용하게 사용되고 있다.

일본 KDD에서 현재 서비스중에 있는 장난전화 퇴치 서비스 시스템에 대해 자세히 기술하겠다. 일본 KDD는 일본사람이 외국에서 여행을 할 경우 일본에 전화를 할 때 일본 교환원이 직접 응대하여 주는 일본 직통전화 서비스(Japan Direct Service)가 있다. 이 서비스는 영어를 모르는 일본인에게 매우 유용한 서비스이나 특정 국가에서는 어린이들의 장난전화가 심하여 안내양의 업무를 방해하고 있다고 한다. 이를 방지하기 위하여 장난전화 방지시스템을 개발하였다. 고객이 전화를 걸면 개발된 시스템이 응대를 한다. 먼저 일본어로 특정 단어를 신호음 다음에 말하도록 하면 일본어를 모르는 사람은 입력을 못하므로 장난전화를 방지하자는 것이다 [25]. 시스템 개발은 장난전화 비율이 60~90%인 5개국을 대상으로 다음과같이 3단계로 진행 하였다.

- 1단계: 2개월동안 Wizard of OZ 방식으로 사용자들의 음성 DB를 수집한다. 이때 교환원은 응대하기전에 정해진 응답문을 녹음하여 이용자들에게 들려준다. 이렇게 함으로서 자동화 되었을 경우 사용자들의 반응을 조사하고자 한다. 수집된 음성은 정상적인 666통화와 장난통화 3,834호 였다. 이 음성 DB를 이용하여 시스템을 개발한다.
- 2단계: 개발된 시스템을 이용하여 사용자들의 음성을 수집하였다. 이때 개발된 시스템의 결과가 장난전화라고 판명이 된 경우에도 교환원으로 자동적으로 접속시켰다. 그 이유는 이단계의 목표는 성능평가가 아니라 음성 DB를 수집하기 위한 것이기 때문이다. 이 과정을 통하여 1,586 정상통화와 7,540 장난통화 음성 DB를 구하였다. 이 음성 DB는 핵심어 HMM 파라미터를 구하는데 이용된다.
- 3단계: 개발된 시스템의 장난전화 판별을 위한 과

라미터를 구하기 위해 시스템을 운용하였다. 이 과정 동안 안내음을 어떻게 만들 것인가에 대한 연구도 동시에 시도되었다.

1996년 3월 26일부터 개발된 시스템이 운용이 되었으며 수집한 음성을 분석한 결과 장난전화의 60%가 어린 아이가 시도하였으며 0.1%만 안내음성에 따라 음성을 흉내를 내었으나 안내음성의 의미를 파악하지는 못하였다. 정상 통화가 장난전화로 오인될 확률이 2%이내가 되도록 파라미터를 정하였다.

3.2 비통신 사업자들을 위한 실용화 사례

음성인식기술의 응용중 통신에 관련되지 않은 대표적인 컴퓨터 응용 사례이다. 최근에 음성인식기술의 컴퓨터 응용에 중점을 두고 있는 미국 마이크로 소프트사의 동향과 일본 자동통역 연구소의 연구 사례를 소개하고자 한다.

가) 마이크로 소프트사의 사례

마이크로 소프트는 음성연구원 20명이 최근 5 년동안 집중적으로 연구한 결과 휘스퍼(Whisper)라는 음성인식, 합성 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어의 특징은 음성처리를 위한 전용 하드웨어를 사용하지 않고 PC의 CPU만을 사용하여 음성인식을 실시간으로 한다는 특징을 가지고 있다. 특히 SAPI(speech application programming interface)라는 음성처리 정합을 위한 API 표준을 제안하여 마이크로 소프트에서 개발된 소프트웨어와 쉽게 정합이 되도록 하고 있다.

SAPI 3.0은 1997년 4월에 공개되어 현재 IBM, Dragon System, L&H(Lernout & Hauspic)등과 같이 음성인식 S/W회사에서 채택하여 사용하고 있다. 이 표준안의 장점은 사용자가 가격과 필요에 따라 음성인식 제품을 마음대로 선택 할 수 있다는 것이다. 최근에는 SAPI 4.0이 베타버전으로 S/W를 무료로 공개하고 있다. 이 제품은 1998년 가을에 판매될 예정이다. SAPI 4.0의 특징은 전화망 응용 음성처리기능을 추가하였으며 자바와 비주얼 베직(Java & Visual Basic)을 사용하여도 쉽게 음성처리 S/W와 쉽게 정합될 수 있는 장점이 있다.

휘슬러의 음성인식기능은 PC내의 다양한 S/W사용시 필요한 제어명령등을 음성으로 할 수 있도록 연속 음성인식 엔진을 기본으로 하고 있으며 음성인식 워드프로세서도 가능하다. 특히 사용자와의 대화방식을 쉽게 제어 할 수 있는 LEAP(Language Enable APplication)를 개발하여 음성인식 응용시스템이 쉽게 개발되도록 하고

있다.

현재는 영어에 기반을 둔 S/W를 개발하고 있으나 조만간 다국어가 가능한 음성처리 패키지를 개발할 예정이다.

4. 실용화 전망

음성인식 기술의 실용화 전망에 대한 전문가들의 의견을 묻는 설문조사가 1997년 12월 14일부터 18일까지 미국 산타바바라에서 개최된 IEEE workshop on automatic speech recognition and understanding 기간 중에 있었다. 이때 토의된 내용 중에서 음성인식의 성공적인 응용이 있기 위해서는 가장 중요한 요소로는 가치(value)가 있어야 한다는 것이다. 즉 음성인식 응용시스템의 이용에 따라서 새로운 부(富)를 창조하거나 기존방식을 사용하는 것에 비하여 경제적이어야 한다는 것이다. 또한 이 기술이 성공적으로 응용되기 위해서는 다음과 같이 세가지 요소가 결합되어야 한다고 한다.

- 우수한 성능: 인식률이 높아야 서비스가 성공할 수 있다. 인식률이 떨어지면 사용자가 짜증을 내게되고 그 결과 사용량이 감소되어 그 서비스 혹은 시스템은 실패하게 된다.
- 제공이 쉬워야 한다: 인식 시스템이 필요할 경우 빠른 시간에 경제적으로 필요한 분야의 응용 시스템이 될 수 있어야 한다.
- 문화적 조건이 맞아야 한다: 음성인식 기술이 도입됨에 따라 기존의 사람 응답 대신 기계가 응답함에 따라 사용자들의 불편이 예상되는데, 이를 최소화하기 위해서는 좀더 지능화된 맨 머신 정합 기술이 필요하다. 또한 음성인식기술 응용제품에 대한 문화적인 거부현상도 없어야 한다.

설문서중 2000년도에 미국국민의 50%이상이 자연스러운 음성인식 응용사례로 생각할 수 있는 분야가 어느 것인가 하는 질문에 대부분의 사람이 두가지를 선택하였다. 첫번째는 전화망 응용사례로 음성인식 전화정보 서비스를 들었다는 것이다. 현재 미국에서는 음성인식 기술을 이용한 이러한 서비스가 증가하고 있으며 2000년도에는 이 분야 시장이 약 10억 달러에 이른다고 한다. 두번째의 대표적인 응용 사례는 컴퓨터를 위한 음성 타이프라이터(typewriter)이다. 현재 미국에서는 IBM, MS를 중심으로 음성 타이프라이터 소프트웨어가 개발되어 판매되고 있으나 2000년도에는 매우 활성화

될 것으로 추정하고 있었다.

국내의 경우 음성인식 전화정보 서비스는 상용화되어 일반국민들이 사용하고 있지만 컴퓨터를 위한 음성 타이프라이터는 아직 본격적인 연구가 진행되고 있지 않고 있다.

실제로 영어 이외의 언어는 컴퓨터 입력이 어렵기 때문에 이 분야의 연구가 활성화된다면 사용자들의 호응이 매우 좋을 것으로 추정된다.

선문서 중 재미 있었던 것은 과연 인간과 구분될 수 없을 정도의 음성인식기술이 개발되는 시점이 언제인가라는 질문에 많은 연구원들이 불가능하다고 응답을 하였으며 음성인식기술의 연구가 언제쯤 종료될 것이라는 질문에도 유사한 결과가 나왔다. 즉 현재의 기술로는 미래를 예측하기에 한계가 있다는 것이며 새로운 파라다임이 정립되어야 할 필요성이 있다는 것이다. 마지막으로 음성인식기술의 도전적인 목표를 다음과 같이 세 가지로 분류하였다.

- Beyond error rate: 100% 인식율을 갖는 시스템은 개발되어 있지 않다. 과연 가능할 것인가?
- Beyond transcription: 단순히 음성을 문자로 변환시키는 것이 아니라 의미를 파악하여 필요한 일을 할 수 있을까?
- Beyond mimicry: 인간을 완벽히 흉내낼 수 있을까?

5. 결론

본 고에서는 음성인식의 최근 기술 동향과 실용화 사례 및 전망에 대하여 소개하였다. 특히 실용화를 위해서는 발화확인 기술 및 탐색 기술의 깊이있는 연구가 필요하다. 실용화를 위한 연구는 통신사업자들의 영역과 비통신 사업자들의 영역으로 나누어서 기술하였다. 특히 마이크로 소프트웨어에서는 음성처리 표준안을 제안하여 PC 뿐만 아니라 통신망의 응용도 쉽게 할 수 있도록 표준정합에 맞는 소프트웨어를 개발하고 있다.

최근의 발표에 따르면 국내의 우리말 처리 대표 소프트웨어인 "훈글" 워드프로세서 사업이 마이크로 소프트웨어의 투자 진척로 중단된 사례가 있듯이 우리말 처리 대표 소프트웨어인 음성인식기와 음성합성기가 제대로 개발이 되지 않는다면은 제2의 "훈글"이 될 공산이 크다.

표 1. 최근 일본의 음성인식 제품

회사	특징	단어수	가격(엔)	판매 개시일
Fujitsu	화자독립, 고립단어	100	25,000	1994.11
NEC	전화망, 화자독립, 연속단어	1,000	1,950,000	1994.7
NTT	전화망, 화자종속, 고립단어	100		1996.3
SONY	화자독립, 고립단어, 자동차 운항제어	6,000	\$54,800	1995.11

표 2. 일본의 음성인식 기술을 이용한 전화망 서비스

회사	서비스 내용	단어 수	서비스 개시일
KDD	음성 다이얼링 : 사람의 이름을 말하면 자동으로 전화 다이얼링	5,000	1995. 11
	장난전화계거 : 일본어로 특정단어를 말하도록 하여 국제전화에서 장난전화를 방지	1	1996. 3
NTT	새 이름을 말하면 새소리를 들려줌	189	1995. 8
NTT-DATA	홈 बैं킹 : 전화를 걸어서 음성으로 돈을 자동이체	600	시험운용중

참고문헌

- [1] 강병준, "음성인식시스템 개발 활기", 전자신문 1998.4.28
- [2] 구명완 "음성인식기술의 현황과 전망", 한국 정보과학회지 제11권 5호, pp. 21-34, 1993. 10
- [3] 구명완 "전화망을 이용한 음성인식 시스템 개발 현황", 한국 통신학회지 제 11권 9호, pp. 702-710
- [4] 구명완 "음성 자동통역 기술의 현황", 한국통신학회지 제 12권 9호, pp.818-826, 1995.9
- [5] 김형순 "Keyword spotting기술", 한국통신학회지 제 11권 9호, pp.57-66, 1994.9
- [6] 구명완 "음성인식기술을 이용한 새로운 서비스", 제 12회 음성통신 및 신호처리 워크샵 논문집, pp. 47-51, 1995. 6
- [7] R. Sukkar, et al. "A two pass classifier for utterance rejection in keyword spotting", Proc. of ICASSP'93, pp. 451-454

- [8] P. Jeanrenaud, et al. "Phonetic-based word spotter: various configuration and application to event spotting", Proc of EUROSPEECH'93, pp. 1057-106
- [9] M. Rahim, et al. "Robust utterance verification for connexed digits recognition", Proc.of ICASSP'95, pp.285-288
- [10] M.Weintraub "LVCSR log-likelihood ratioscore for keyword spotting", Proc of ICASSP'95, pp. 297-300
- [11] R. Sukkar,et al. "Avocabulary independent discriminatively trained method for rejection of non-keywords in subword based speech recognition", Proc. EUROSPEECH'95, pp. 1629-1632
- [12] E.Lleida, et al. "Efficient decoding and trainingprocedures for utterance verification in continuous speech recognition", Proc. ICASSP'96,
- [13] M. W. Koo, et al, "A new decoder based on a generalized confidence score", Proc. ICASSP'98, pp.213-216
- [14] Q. Zhou, et al. "Anapproach to continuous speech recognition based on layed self-adjusting decoding graph", Proc. ICASSP'97
- [15] H. Ncy, et al. "Improvements in beam search for 10000-word continuous speech recognition", Proc. ICASSP'92, pp.13-16
- [16] J. Odell,et al. "A one-pass decoder design for large vocabulary recognition", ARPA Spoken Language Technology Workshop, pp. 405-410, Mar. 1990
- [17] F. Alleva "Search Organization in the Whisper continuous speech recognition system", Proc. ASRU'97, pp. 295-302
- [18] R. Perdue, et al. "The way we were:speech technology, platforms and applications in the old AT&T", Proc. IVTTA'96, pp.7-11
- [19] A. Gorin, et al. "How may I help you", Proc. IVTTA'96, pp. 57-60
- [20] R. Sachs, et al. "A first step on the path to automated flight reservation", Proc. IVTTA'96, pp. 61-64
- [21] D. Pepper, et al. "Bellcore's callmanager system", Proc. IVTTA'96, pp.49-52
- [22] D. Johnston, et al. "An overview of speech technology for telecom services in the United Kingdom", 1996 IEEE Third Workshop Interavtive Voice Technology for Telecomm. Application, pp.12 - 15, Sep. 30 - Oct. 1, 1996
- [23] R. Billi, et al., "Field trial evaluation of two different information inquiry system", 1996 IEEE workshop IVTTA, pp.129 -134, Sep.30 -Oct. 1, 1996
- [24] M. kitai, et al., "Trends of ASR and TTS applications in Japan", 1996 IEEE workshop IVTTA, pp. 21 - 24, Sep. 30- Oct. 1, 1996
- [25] S. Kuroiwa, et al. "Prank call rejection system for home country direct service", 1996 IEEE workshop IVTTA, pp. 135-138, Sep. 30-Oct. 1 1996
- [26] S. Yamamoto, et al. "A voice-activated telephone exchange system and its field trial", Proc. of IVTTA94, pp. 21-26, 1994.
- [27] Microsoft URL: <http://research.microsoft.com/stg>