

# 유사 음소 모델 스키마 지원을 위한 결정 트리

오상엽\*

가천대학교 글로벌캠퍼스 IT대학 컴퓨터미디어융합학과\*

## Decision Tree for Likely phoneme model schema support

Sang-Yeob Oh\*

Dept. of Computer Media Convergence, College of IT, Gachon University\*

**요약** 어휘 인식 시스템에서는 훈련 중에 적용되지 않는 음소에 대한 문제점으로 인해 시스템에 저장된 모델을 재생성해야 하고 그에 따른 시간과 추가 비용이 초래된다. 본 논문에서는 결정 트리 군집화 방법을 사용하여 유사 음소 모델을 관리하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 생성된 모델들로부터 결정트리 군집화 방법을 적용하여 군집화된 모델에서 음소 단위로 확률 모델을 탐색할 수 있는 시스템을 모델링하여 모델의 재생성 과정을 줄이고 강인하고 정확한 음향 모델을 제공한다. 또한, 제안된 시스템의 사용으로 시스템에서 기존에 생성되어진 음향 모델에 추가적으로 유사 음소 모델을 생성하여 제공하므로 음성 인식에 강인한 음향 모델을 구성한다. 본 연구에서 제안된 방법으로 실내 환경에 대하여 어휘 중속 인식과 어휘 독립 인식 실험을 수행한 결과 실내 환경의 어휘 중속 실험에서는 98.3%의 인식 성능을 보였고, 어휘 독립 실험에서 98.4%의 인식 성능을 보였다.

**주제어** : 어휘 인식, 결정 트리, 가변 어휘, 군집화

**Abstract** In Speech recognition system, there is a problem with phoneme in the model training and it cause a stored mode regeneration process which come into being appear time and more costs. In this paper, we propose the methode of likely phoneme model schema using decision tree clustering. Proposed system has a robust and correct sound model which system apply the decision tree clustering methode form generate model, therefore this system reduce the regeneration process and provide a retrieve the phoneme unit in probability model. Also, this proposed system provide a additional likely phoneme model and configured robust correct sound model. System performance as a result of represent vocabulary dependence recognition rate of 98.3%, vocabulary independence recognition rate of 98.4%.

**Key Words** : Vocabulary Recognition, Decision Tree, Vocabulary Independence, Clustering

### 1. 서론

컴퓨터에서 인간의 음성 인식 연구는 언어학, 음성학, 음운학 등 다양한 학문적인 배경을 기반으로 하고 있

며, 컴퓨터 하드웨어의 기술의 급속한 발전과 데이터베이스의 빅 데이터 처리 기술의 발달에 따라 우리 일상생활에서 음성 인식 시스템을 활용하는 연구가 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있다[1].

\* 이 논문은 2013년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임.(GCU-2013-R217)

Received 1 August 2013, Revised 26 August 2013

Accepted 20 October 2013

Corresponding Author: SangYeob Oh(The University of Gachon)

Email: syoh1234@gmail.com

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

어휘 인식 시스템은 인식 대상 음소가 고정적인 시스템으로써 인식 대상 음소가 정해지면 인식 음소에 대한 많은 사람의 발성을 수집하여 음성 데이터베이스를 구축하게 되고 구축된 음성 데이터베이스를 바탕으로 학습을 통하여 인식할 대상 어휘에 대한 음소와 유사 음소의 단위 모델을 생성하게 된다[2]. 어휘 인식 시스템은 단위 모델을 인식하며 이미 생성된 단위 모델에 대해서는 인식 성능이 우수하나 훈련 중에 나타나지 않는 음소에 대한 문제점으로 인해 인식 대상 음소의 추가, 수정, 삭제 작업이 발생하며, 인식 대상 음소가 변경되거나 추가되면 새로운 인식 어휘에 대해서 별도의 음성 데이터베이스의 수집과 훈련 과정을 반복적으로 수행하고 모델을 생성하여야 하므로 많은 시간과 추가 비용이 초래되는 문제점을 지니고 있다[3]. 이로 인해 데이터베이스에 저장된 모델을 재생성해야 하고 그에 따른 시간과 추가 비용이 초래된다. 이러한 인식을 저하는 어휘 인식 시스템의 성능으로 연결되어지므로 모델들로부터 새로운 모델을 생성하기 위하여 결정트리 방법을 사용하여 훈련 중에 나타나지 않는 모델들에 적용한다. 생성된 모델들로부터 결정트리 방법을 이용하여 모델의 재생성 과정을 줄이고 강인하고 정확한 음향 모델을 제공한다. 또한 제안된 시스템의 사용으로 시스템에서 기존에 생성되어진 음향 모델에 추가적으로 유사 음소 모델을 생성하여 제공하므로 음성 인식에 강인한 음향 모델을 구성하여 제공한다. 결정 트리 방법을 사용하여 음운 현상을 충분히 반영하고, 음향 모델 학습을 통하여 단위 모델로 학습하고 인식 음소가 추가 및 변경되어도 인식할 수 있는 장점을 가진다.

본 논문에서는 많은 화자로부터 음운 현상이 충분히 반영된 음성 데이터베이스를 가지고 시스템의 훈련성을 확보하기 위해 상태 수준 공유 방법인 결정 트리 방법과 유사 음소 모델을 제공하여 훈련 중에 나타나지 않는 음소에 대한 문제점을 해결하였다. 결정 트리 방법을 사용하여 음운 현상을 반영한 음향 모델을 단위 모델로 학습하고, 인식 음소의 추가 및 변경 등의 관리 작업을 용이하게 처리한다. 또한, 스키마를 사용하여 하나의 음소가 주어졌을 때 루트노드에서부터 시작하여 현재의 문맥에 관한 질문의 결과에 따라 다음 노드를 선택하는 방식의 트리 순회를 통하여 하나의 모델을 선택하게 하는 알고리즘을 제공하여 인식 성능이 저하되는 모델의 문제점 해결하고 유사 음소를 효율적으로 지원한다.

본 연구에서 제안된 방법으로 실내 환경에 대하여 어휘 중속 인식과 어휘 독립 인식 실험을 수행한 결과 실내 환경의 어휘 중속 실험에서는 98.3%의 인식 성능을 보였고, 어휘 독립 실험에서 98.4%의 인식 성능을 보였다. 제 2장에서는 어휘 인식 시스템에 대해 간략히 소개하고, 제 3장에서는 본 논문에서 제안한 프로세스 모델링에 대하여 설명한다. 제 4장에서는 제안한 시스템의 실험 결과에 대하여 설명하고 제 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 어휘 인식

어휘 인식 시스템은 음성의 통계적인 변이성을 처리하기 위해 음성이 가지는 통계적인 특성을 이용하여 관측 가능한 벡터열을 통해 추정한다[4].

어휘 탐색 지원을 위해서는 입력되는 음성 벡터의 확률값을 가장 많이 가지는 음성 열을 탐색하며, 다음과 같은 수식으로 나타낸다[5].

$$P(W|X) = \frac{P(W)P(W|X)}{P(X)} \quad (1)$$

$P(W|X)$ 는 사후 확률이고  $P(W)$ 는 단어 열의 확률이며 언어모델이다.  $P(W|X)$ 는 음향 모델 확률로서 음성 열이 주어질 때 사용되며, 관측 벡터 열  $X$ 의 확률이며,  $P(X)$ 는 인식 과정에서는 단어 열에 영향을 미치지 않으므로 인식 과정에서 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\hat{W} = P(W)P(W|X) \quad (2)$$

각각의 특성을 가진 어휘 인식 시스템에서는 고유의 어휘 모델들로 구성되고, 사용된 어휘 모델의 특성에 따라 어휘들에 대한 데이터베이스가 어휘 모델별로 하나씩 존재하게 되어 다른 환경의 어휘 모델을 적용하거나 어휘가 변경이 되면 어휘에 대한 인식률이 감소하게 된다. 그러나 어휘 모델을 이용하는 경우에는 음성 발성에서 나타나는 기초적이면서도 동일한 변화에 대해서는 인식 시스템에 적용할 수 있다. 또한, 독립적인 특성을 가진 어휘 모델들을 공유하여 이들 어휘에 대한 변형에 대해

서도 유연성 있게 접근할 수 있어 어휘에 대한 인식률을 높일 수 있다. 이러한 확률 계산 방법은 음성 상태열에서 음성 구간마다 모델이 지수 함수적으로 증가하는 특성을 가지므로 처리가 복잡하며, 방대한 음성 데이터 처리 문제가 발생할 수 있으므로 일반적으로 전향(forward)이나 후향(backward) 알고리즘을 가지고 관측열의 확률을 추정한다[6].

## 2.2 유사 음소 처리 스키마

스키마는 시스템에서 사용되는 기본적인 데이터 요소 또는 속성을 모델화한 것으로, 데이터를 데이터가 조직되는 논리적인 구조, 계획 또는 방법을 의미한다. 유사 음소 처리를 지원하기 위해서는 음소 모델이 사용되는 데이터 모델에서 데이터 모델이 무엇을 위해 사용될 것인지를 구체화하여야 하며, 조작과 사용의 요구에 대한 평가를 해야 한다. 스키마는 마는 처리 형태에 따라 독립적인 스탠드 얼론으로 사용되거나 여러 지역에서 한 시스템을 공유하여 사용할 수 있는 분산 처리 스키마를 지원 할 수 있다.

최근에는 유사 음소 처리를 위한 스키마 기술로서 스키마의 속성 타임 스템핑을 이용하는 분산 시간 간격의 유한 집합인 시간 원소와 이력 릴레이션을 제안하며, 각 속성 값은 시간 원소를 속성의 정의역에 대응시키는 함수로 표현하고 있다. [7]의 방법에서는 릴레이션 스키마의 각 속성과 릴레이션의 각 튜플에 대한 시간을 할당하는 방법을 사용하여 속성 수준에서 시간차원을 도입하였다.

스키마의 동적 변경 방법으로는 단일 스키마 변경과 스키마 버저닝(schema versioning)이 있다. [8]의 연구에서는 단일 스키마 변경 모델을 제시하였으며, 스키마 변경에 대한 유형을 정의하고 각각에 대한 의미를 지칭한다. 스키마 버저닝은 서로 다른 스키마 하에서 사용자들이 데이터베이스의 서로 다른 뷰(view)를 볼 수 있도록 하는 방법으로서 단일 논리 스키마에 버전을 제공하며, 각 스키마가 버전을 가지므로 버전에 대한 스키마 변경이 발생하여도 서로 영향을 받지 않는 방법으로 사용된다.

객체지향 데이터베이스 시스템에서는 스키마의 변경 관리 기능을 제공하고 있으며, 이러한 시스템으로는 Orion, GemStone, Gbdalf.HCMS, RUBRIC, Inscape

Odel9]등이 있다. 변경관리 시스템의 기반 모형으로는 관계형 데이터 모형, E-R모형을 포함한 의미론적 데이터 모형, 객체지향 데이터 모형, 프레임(frame) 기반 지식 표현모형 등이 있다.

## 3. 잡음 환경에 강인한 음성 검출

### 3.1 결정 트리 생성 관리

본 연구에서 제안한 시스템의 처리를 위해서는 문맥 독립 어휘 모델을 대상으로 상태 기반 공유를 수행한 다음 유사 음소 어휘 모델을 구성한다. 상태 기반 공유의 주요처리를 위해서는 어휘 모델에 대한 클러스터링 작업을 수행하고 나서 결정 트리를 생성하고 관리하며, 이를 위해 유사 음소 처리 지원을 위한 스키마 변경 관리를 수행한다. 생성된 결정 트리에서 가장 비슷한 것을 찾기 위해 Euclidean 측정법[10]과 Bhattachayya 거리 측정법[11]을 혼합한 거리 측정법을 사용하였다. Euclidean 측정법은 식(3)과 같이 사용된다.

$$dE(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (p_{ik} - q_{jk})^2} \quad (3)$$

Bhattachayya 거리 측정법은 식(4)와 같이 사용된다.

$$dB(i, j) = \sum_{k=1}^n (\sqrt{p_{ik}} - \sqrt{q_{jk}})^2 \quad (4)$$

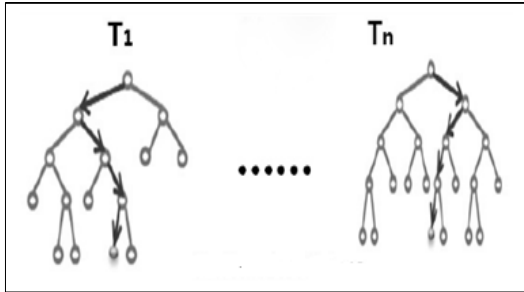
본 논문에서 제안한 혼합한 거리 측정법은 식(3)과 식(4)를 혼합하여 사용하였으며 식(5)와 같이 사용한다.

$$d(i, j) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{(\mu_{ik} - \mu_{jk})^2}{\sigma_{ik} + \sigma_{jk}}} \quad (5)$$

$n$ 은 데이터의 차수를 나타내고  $\mu_{ik}$ 와  $\sigma_{ik}$  상태  $s(i$  혹은  $j)$ 의 가우시안 분포의  $k$ 번째 평균과 분산이다.

결정 트리는 어휘 데이터의 분류를 위해 사용되며, 다음 그림 1에서와 같이 어휘에 대한 주요 특징 들을 가지고 작업하며, 기준 어휘가 결정되어 루트 노드가 결정되면 입력되는 어휘 값을 판별하여 트리구조를 구성한다. 처리 과정에서는 보다 효율적인 분류를 지원하기 위해

엔트로피를 이용하여 특징 값을 상위 노드에 두어 적절한 트리 구조로도 효율적으로 입력 값을 분류하는 분류기를 생성할 수 있다. 이는 XOR 문제에 대해서도 분류가 가능하며 복잡한 상태 공간에 대한 적응성이 뛰어나다.



[Fig. 1] Speech Classification using Random Forest

또한, 결정 트리를 구성하고, 유사 음소적인 모델에 대한 상태들의 결정을 통해 나온 최종 단 노드에 질의어에 대한 상태 공유 결과의 모델로 구성된다[12].

시스템의 클러스터링 작업 단계에서는 훈련 데이터베이스에서 유사 음소적인 모델을 생성하며, 반복을 줄이기 위해 상태를 합병하고, 독립적으로 훈련된 모델들을 공유된 구조를 만들기 위해 비슷한 분포를 갖는 모델들을 클러스터링하여 공유 블록을 작성한 다음 결정 트리 구조를 생성하여 그림 1과 같이 유사 음소적인 모델에 대한 상태들의 결정을 통해 나온 최종 단 노드에 질의어에 대한 상태 공유 결과의 모델로 구성된다. 모델별 상태의 개수와 공유되는 출력 분포들의 전체 개수를 훈련 데이터와 고려하여 적절한 수준으로 결정하여 스키마에서 관리할 수 있는 정교하고 강한 모델을 생성한다.

### 3.2 결정 트리 지원 스키마 관리

결정 트리 처리 지원을 위해서 스키마 변경 관리를 사용하며, 본 연구는 스키마 변경 관리를 위해 트리 및 의미론적 DB 스키마를 대상으로 적용하였다. 결정 트리 및 처리 지원을 위한 스키마 관리를 통하여 어휘 인식 시스템에서 모델을 재 수집하여 모델링하는 시간과 비용을 줄일 수 있으며 재 생성하는 과정을 효과적인 결정 트리 방법으로 해결할 수 있다. 스키마 변경사항이 발생하였을 때는 조회 작업을 수행하고, 스키마의 새로운 테이블

의 삽입이 있을 시는 자동으로 버전을 부여하여 관리할 수 있도록 하였으며 삽입 알고리즘은 다음과 같다.

```

Sub InsertNode_Schema()
if (newNode->Data > Tree->Data)
{
    if (Tree->Right != NULL)
        insertNode(Tree->Right, newNode);
    else Tree->Right = newNode;
}
else if (newNode->Data < Tree->Data)
{
    if (Tree->Left != NULL)
        insertNode(Tree->Left, newNode);
    else Tree->Left = newNode;
}
}
    
```

새로운 모델이 생성되면 이진트리를 통해 데이터가 삽입된다. 이진트리의 데이터를 삽입 알고리즘은 트리 노드부터 비교하여 좌,우 노드를 비교한 후 크기에 맞는 위치에 데이터를 삽입하게 된다.

또한, 시간 개념의 타임 스탬프에 의해 자동으로 추출 시간과 발생 시점의 버전을 관리한다. 기존 스키마의 테이블이 제거 작업 수행 시에는 조회 작업을 통하여 스키마를 제거하고, 삭제된 스키마는 시간 개념을 사용하여 후에 다시 사용할 수 있도록 기존 BackUp\_Table에 저장한다. 스키마 검색은 현재 존재하는 시스템에서 스키마 내용을 검색 처리하여 사용자에게 업무의 효율과 생산성 향상을 가져오게 한다. 다음의 스키마 검색 알고리즘은 인식 대상 어휘로부터 트리 및 프로세스 관리를 통해 결정 트리 방법을 보다 효율적으로 지원한다. 검색 알고리즘 또한 이진 탐색 트리를 방법을 다르게 되어 비교하고자 하는 노드를 찾고 좌,우의 노드를 확인한 후 검색한다.

```

Sub searchNode_Schema()
{
    if (Tree == NULL) return NULL;
    if (Tree->Data == findData)
        return Tree;
    else if (Tree->Data > findData)
        searchNode(Tree->Left, findData);
    else
        searchNode(Tree->Right, findData);
}
likelihood like(j,t)=like(i,t-1)+log aij+log b(j,xt)
for all leaf nodes
Consider transitions from leaf nodes to root node.
like(j,t)=like(end,t)
end
    
```

## 4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 결정 트리 방법을 적용하여 어휘 인식 성능 실험을 수행하였다. 실험 환경과의 불일치 문제를 해결하기 위해 잡음처리는 워너 필터를 사용하였다. 인식 실험은 서울 시내의 지역 명 50개로 구성된 인식 목록을 사용하였다. 실험을 위한 모델링 음성은 실내 5명, 실외 5명 등 총 10명의 성인 남성의 음성을 모델링 하였다. 인식 실험을 위해 캠브리지 대학에서 만든 HTK (Hidden Markov models toolKit)[13]를 사용하여 실험하였다.

〈Table 1〉 Outdoor Environment Recognition Rate

Speech	DTW(%)	Euclidean(%)	Proposed Method(%)
Speech Dependent	95.7	96.9	97.3
	96.3	96.1	97.7
	95.6	95.7	98.1
Speech Independent	96.4	95.8	97.2
	96.1	95.4	97.7
	96.3	95.2	98.1

표 1에서와 같이 시스템 성능 평가 결과 어휘 종속 인식률은 DTW와 Euclidean에서 각각 95.8%와 96.2%로 측정되었으며 제안한 방법은 97.7%로 나타났다. 어휘 독립 인식률에서도 DTW와 Euclidean은 각각 96.3%와 96.5%로 나타났고 제안한 방법은 97.7%로 나타났다.

〈Table 2〉 Outdoor Environment Recognition Rate

Speech	DTW(%)	Euclidean(%)	Proposed Method(%)
Speech Dependent	91.2	92.1	94.3
	91.7	92.6	95.1
	93.5	90.9	93.7
Speech Independent	90.5	95.0	96.1
	91.7	94.7	96.3
	92.8	92.6	93.5

표 2의 실험은 실외 환경이 70~75dB의 소음환경 하에서 실험하였으며 어휘 종속 인식률은 DTW와 Euclidean에서 각각 92.1%와 91.1%로 나타났고 제안한 방법은 94.4%로 나타났다. 어휘 독립 인식률에서도 DTW와 Euclidean은 각각 91.7%와 94.1%로 나타났고 제안한 방법은 95.3%로 나타났다.

## 5. 결론

본 논문에서는 어휘 인식 데이터베이스를 가지고 결정 트리 방법과 유사 음소 모델 지원을 위한 스키마 관리를 통해 결정 트리 방법을 보다 효율적으로 지원하는 방법을 제안하였다.

어휘 인식 시스템은 단위 모델을 인식하며 이미 생성된 단위 모델에 대해서는 인식 성능이 우수하나 훈련 중에 나타나지 않는 음소에 대한 문제점으로 인해 인식 대상 어휘의 추가, 수정, 삭제 작업이 발생하며, 이로 인해 데이터베이스에 저장된 모델을 재생성해야 하고 그에 따른 시간과 추가 비용이 초래된다. 이러한 인식률 저하는 어휘 인식 시스템의 성능으로 연결되어지므로 모델들로부터 새로운 모델을 생성하기 위하여 결정트리 방법을 사용하여 훈련 중에 나타나지 않는 모델들에 적용한다. 생성된 모델들로부터 결정트리 방법을 이용하여 모델의 재생성 과정을 줄이고 강인하고 정확한 음향 모델링을 제공한다. 또한 제안된 시스템의 사용으로 시스템에서 기존에 생성되어진 음향 모델에 추가적으로 유사 음소 모델을 생성하여 제공하므로 음성 인식에 강인한 음향 모델을 구성하여 제공한다. 결정 트리 방법을 사용하여 음운 현상을 반영한 음향 모델을 단위 모델로 학습하고, 인식 어휘의 추가 및 변경 등의 관리 작업을 용이하게 처리하였으며, 결정 트리 방법을 사용하여 하나의 음소가 주어졌을 때 루트 노드에서부터 시작하여 트리 순회를 통하여 하나의 모델을 선택할 수 있었으며 프로세스 관리를 통해 결정 트리 방법을 보다 효율적으로 사용할 수 있었다. 제안된 방법으로 실내 환경에 대하여 어휘 종속 인식 실험에서는 97.7%의 인식 성능을 보였고, 실외 환경에 대하여 어휘 종속 인식률은 94.4%, 어휘 독립 인식률은 95.3%로 나타났다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Kwangwoon University research fund of 2013.(GCU-2013-R217)

## REFERENCES

- [1] Chan-Shik Ahn, Sang-Yeob Oh. Gaussian Model Optimization using Configuration Thread Control In CHMM Vocabulary Recognition. The Journal of Digital Policy and Management. Vol. 10, No. 7, pp. 167-172, 2012.
- [2] Chan-Shik Ahn, Sang-Yeob Oh. Gaussian Model Optimization using Configuration Thread Control In CHMM Vocabulary Recognition. The Journal of Digital Policy and Management. Vol. 10, No. 7, pp. 167-172, 2012.
- [3] Chan-Shik Ahn, Sang-Yeob Oh. Gaussian Model Optimization using Configuration Thread Control In CHMM Vocabulary Recognition. The Journal of Digital Policy and Management. Vol. 10, No. 7, pp. 167-172, 2012.
- [4] Chan-Shik Ahn, Sang-Yeob Oh. Vocabulary Recognition Post-Processing System using Phoneme Similarity Error Correction. Journal of the Korea Society of Computer and Information. Vol. 15, No. 7, pp. 83-90, 2010.
- [5] Hyoungjoo Kim, Henery F. Korth. Schema Version and View a in Object-oriented Database. Proc. INFO JAPAN. 1990.
- [6] Chan-Shik Ahn, Sang-Yeob Oh. Phoneme Similarity Error Correction System using Bhattacharyya Distance Measurement Method. Journal of the Korea Society of Computer and Information. Vol. 15, No. 6, pp. 73-80, 2010.
- [7] M. F. Gales, Model-based techniques for nosie robust speech recognition, Ph. D. dissertation, University of Cambridge, Sept, 1995.
- [8] W. Reichl, W. chou, Decision Tree State Tying Based on Segmental Clustering for Acoustic Modeling, Proc ICASSP, Seattle, pp.801-804, 1998.
- [9] A. S. Manos, V. W. Zue, A study on out-of-vocabulary word modeling for a segment-based keyword spotting system, Master Thesis, MIT, 1996.
- [10] Agrawal, R. Buroff, S., Gehani, N. Shasha, D. Object Versioning in ode, processing of 7th International Conference on Data Engineering, pp. 446-455, 1991.
- [11] T. Jitsuhiro, S. Takatoshi, K. Aikawa, Rejection of out-of-vocabulary words using phoneme confidence likelihood, ICASSP, pp. 217-220, 1998.
- [12] Keith E. Gorlen. An Object-Oriented Class Library for C++ Program. Software-Practice and Experience. vol17(12). pp. 899-922. 1987.
- [13] S. Young, D. Kershaw, J. Odell, D. Ollason, Valtcher, P. Woodland, The HTK Book, Cambridge University Engineering Department, 2002.

### 오 상 엽(Oh, Sang Yeob)



- 1991년 2월 : 광운대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
- 1999년 2월 : 광운대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 인터랙티브미디어학과 교수

· 관심분야 : 버전관리, 형상관리, 음성/음향 신호 처리, 차량 통신

· E-Mail : [syoh1234@gmail.com](mailto:syoh1234@gmail.com)