
자기조직형 얼굴 인식에 의한 학생 출결 관리 시스템

A Attendance-Absence Checking System using the Self-organizing Face Recognition

이우범
상지대학교 컴퓨터정보공학부

Woo-Beom Lee(beomlee@sangji.ac.kr)

요약

전자 출결 시스템(Electronic attendance-absence recording system)은 오프라인의 교실 수업 방식에 있어서 혼합 학습(Blended learning)을 위한 중요한 강의 지원 시스템 가운데 하나이다. 그러나 기존의 스마트카드 기반의 전자 출결 시스템은 카드 소유자의 실제 본인 유무를 파악하는 것은 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 개인의 얼굴 정보를 자기조직화 신경회로망으로 인식하여 자동으로 해당 교과목의 출석 상황을 관리하는 클라이언트-서버 시스템을 개발한다. 클라이언트 시스템은 얼굴 특징추출에 의한 식별 파일을 생성하고, 서버 시스템에서는 클라이언트 시스템에서 전송된 식별 파일(ID file)을 분석하여 데이터베이스에 저장된 해당 교과목의 인식 가중치 파일(Recognized weight file)을 이용하여 학생 식별을 수행한다. 본 논문에서 제안하는 얼굴 인식 기반의 출결 관리 시스템은 실제 학급의 다양한 얼굴 영상을 이용하여 CS 환경에서 실험한 결과 92% 이상의 유효성을 보였다.

■ 중심어 : | 혼합 강의 | 얼굴인식 | 전자출결시스템 | 자기조직화 신경회로망 |

Abstract

A EAARS(Electronic Attendance-Absence Recording System) is the important LSS(Learning Support System) for blending a on-line learning in the face-to-face classroom. However, the EAARS based on the smart card can not identify a real owner of the checked card. Therefore, we develop the CS(Client-Sever) system that manages the attendance-absence checking automatically, which is used the self-organizing neural network for the face recognition. A client system creates the ID file by extracting the face feature, a server system analyzes the ID file sent from client system, and performs a student identification by using the Recognized weight file saved in Database. As a result, The proposed CS EAARS shows the 92% efficiency in the CS environment that includes the various face image database of the real classroom

■ keyword : | Blending Learning | Face Recognition | Electronic Attendance-absence Recording System | Self-Organizing Neural Networks |

1. 서론

최근 컴퓨터 지원의 온라인 e-러닝과 전통적 면대면의 교실 학습이 혼합된 혼합 학습(Blended Learning)

환경에서 학습 효율 향상을 위한 강의 지원 시스템(LSS: Lecture Support System)의 개발은 중요한 연구 과제이다.

이 가운데에서 전자 출결 시스템(Electronic

* 이 논문은 2008년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

접수번호 : #091105-001

접수일자 : 2009년 11월 05일

심사완료일 : 2009년 12월 30일

교신저자 : 이우범, e-mail : beomlee@sangji.ac.kr

attendance-absence recording system)은 오프라인의 교실 수업에 있어서 학생 출석을 정확하고 신속하게 점검하여 관리할 수 있는 최적의 온라인 학습 관리 시스템(LMS: Learning Management System) 가운데 하나이다.

이 시스템은 수업에 참석하는 학생이 출입문에 설치된 리더기에 학생증으로 사용되는 스마트카드만 인식시키면 자동으로 정상출석, 지각, 결석 등의 출석 상황이 집계되어 별도로 출석을 점검할 필요가 없기 때문에 많은 수강인원이 참석하는 수업에서 강의시간을 보다 효율적으로 활용할 수 있도록 구성한 시스템이다. 또한 교사나 학생 모두 출결 상황에 대해서 해당 홈페이지를 통해 확인함으로써 시스템의 편의성과 유효성이 크다.

그러나 기존의 전자 출결 시스템은 학생들이 가지고 있는 스마트카드에만 의존하기 때문에 스마트카드의 분실, 대여, 도용 등의 문제에 있어서는 카드 소유자의 실제 본인 유무를 파악하는 것이 불가능한 한계를 나타내고 있다. 또한 대표적인 개인 인증 시스템인 지문인식 시스템의 경우 손가락의 땀이나 물기에 의해서 지문 입력에 어려가 발생할 수 있으며, 입력기기의 접촉에 의한 사용자의 위생적 거부감을 유발할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 대여 및 도용의 문제가 없으며, 비접촉식 입력 방식에 의해서 손실률이 적은 인식 패턴의 획득이 가능한 얼굴인식 방법을 적용하여 본인 유무의 개인 식별에 의해서 자동으로 해당 교과목의 출석 상황을 관리하는 얼굴인식 기반의 전자 출결 시스템을 개발한다.

특히 최근 전통적 교실 학습에 컴퓨터 지원 시스템을 적용하는 혼합 학습 환경에서 얼굴 혹은 얼굴 표정 인식 기술은 수업 중인 학생들의 학습 인지 정도나 학습 이력 등의 정보를 자동으로 획득하기 위한 매우 중요한 수단으로 주목받고 있다. 대표적인 혼합 학습에서의 강의 지원 시스템 개발을 위한 얼굴 인식의 활용에 관한 연구로는 얼굴 표정 인식을 기반으로 학생들의 수업에 대한 인지 난이도(Perceived difficulty)를 측정한 J. Whitehill[1]의 연구와 얼굴 인식을 통해서 학생들의 학습 내역(Learning history)을 교사가 자동으로 획득하기 위한 T. Shoji[2]의 연구가 있다.

J. Whitehill 등은 수업 중에 학생들의 얼굴 표정을 인식하여 학생들의 수업 내용에 대한 인지 난이도를 자동으로 분석하여 제시되는 학습 매체의 선호 속도를 결정하는 피드백 신호를 생성하는 연구를 수행하였다. 그리고 T. Shoji 등은 데이터베이스에 저장된 학생들의 접근 시간, 접근 횟수, 로깅 타임 등의 학습 내역을 교사가 학생들의 이름과 얼굴의 기억이 없어도 착용한 카메라로부터 입력받은 얼굴 영상을 인식하여 해당 학생에 대한 학습 내역을 교사의 HMD(Head Mounted Display)에 제시하는 연구를 수행하였다. 따라서 본 논문에서는 얼굴 인식 기술을 혼합 학습 환경에서 활용도와 응용성이 매우 큰 전자 출결 시스템에 적용한다.

제안하는 시스템은 기존의 학교에서 운용되고 있는 클라이언트-서버(CS: Client-Server) 구조를 기반으로 하고 있다. 클라이언트 시스템은 학생의 책상에 설치된 PC 카메라로부터 얼굴영상을 획득하여 얼굴 특징을 추출하고 추출된 특징 정보를 식별 파일(ID file)에 저장한 후 서버 시스템에 식별 파일로 전송한다. 서버 시스템에서는 클라이언트 시스템에서 전송된 식별 파일을 분석하여 해당 교과목의 수강 유무를 파악하고 전송된 얼굴 특징 정보가 해당 교과목을 수강하는 학생의 얼굴 정보와 일치하는가를 자기조직화 신경회로망에 의해서 생성 저장되어 있는 인식 가중치 파일(Recognized weight file)을 이용하여 판단한다.

본 논문에서 제안하는 얼굴 인식 기반의 출결 시스템의 성능은 실제 학급을 대상으로 CS 환경 하에서 실험하여 그 유효성을 보인다.

II. 얼굴 특징 추출 클라이언트 시스템

본 논문에서 제안하는 얼굴 인식 기반의 출결 관리 시스템의 클라이언트 시스템은 [그림 1]과 같이 출결 관리를 위해서 서버 시스템으로 연결을 요청하고, 승인된 학생의 얼굴 영상을 PC 카메라로부터 입력받아 본인 식별을 위한 특징 추출을 수행하고 서버 시스템으로 전송할 식별 파일을 생성한다.

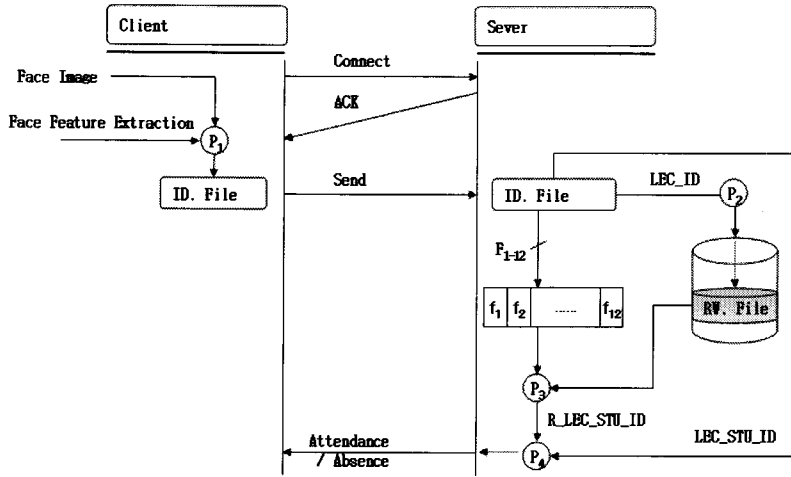


그림 1. 본 논문에서 제안하는 얼굴인식을 이용한 CS 출결 관리 시스템

1. 얼굴 특징 추출[3]

클라이언트 시스템에서의 얼굴 특징 추출은 우리의 기존 연구 가운데 하나인 연결 요소 화소 라벨링 (Connected component pixel labeling)에 의한 기하학적 얼굴 특징 인수 추출 방법을 이용한다[3][4].

얼굴 영상에 대한 기하학적 특징 요소를 추출하기 위해서 먼저 이진영상을 생성하고 화소 라벨링에 의해서 영상 속에 내재된 각각의 고립 영역(Isolated region)을 분리한다. 본 논문에서 이진 영상의 생성은 배경과 물체 부류에 속하는 화소들의 평균값을 기준으로 비교 방법에 의해서 반복적으로 임계값을 추정 향상시키는 반복(Iterative) 이진화를 사용한다.

이 때 추출된 각각의 고립 영역은 눈, 코, 입 등의 얼굴 요소의 후보 영역이 된다. 먼저 각 후보 영역의 면적, 둘레, 원형도(circularity), 종횡비(aspect ratio) 값을 이용한 유사도 함수(Similarity function)에 의해서 모든 후보 영역 간의 유사도를 측정한다. 이 후보 영역들 중에서 일정 범위 내에서 유사도가 가장 큰 영역을 눈 영역으로 추출한다. 눈 영역이 추출되면, 이 영역의 중점으로부터 수직 아래로 후보 고립 영역을 탐색하면서, 두 눈의 평균 면적, 고립 영역의 위치 및 원형도에 의한 유사도를 구하여 그 값이 가장 큰 고립 영역을 코와 입 요소로 결정한다.

[그림 2]과 같이 눈(N_1 : 왼쪽눈, N_2 : 오른쪽눈), 코(N_3), 입(N_4) 등의 얼굴 요소의 기하학적 특징 정의를 위한 기준점(Fiducial points)이 추출되면 인식 파일 생성을 위해서 [표 1]과 같이 정규화 거리(normal distance)와 코탄젠트(cotangent) 값에 의한 12개의 특징 값을 추출한다.

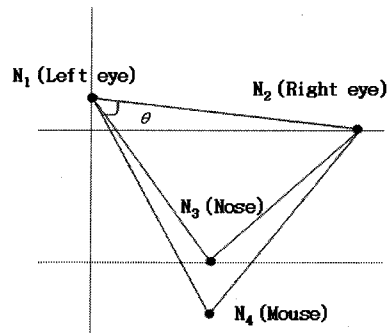


그림 2. 얼굴요소의 기준점

본 논문에서 이용한 얼굴 영역 특징 추출 방법은 입력 얼굴 영상 내의 모든 고립 영역 간의 상대적인 거리와 각도를 특징값으로 사용하기 때문에 입력 영상 내의 얼굴 영상의 위치와 회전도에 대한 불변 특징의 추출이 가능하다. 또한 이때 사용하는 거리는 두 눈 사이의 거

리에 의한 정규화된 상대 거리가 계산되기 때문에 얼굴 영상의 크기에 불변한 특징을 구할 수 있다. 그러나 심학 왜곡으로 인한 어느 한 얼굴 요소 영역이 미입력되는 경우에는 다른 얼굴 요소 영역의 추출에 영향을 미치며, 이것은 영역 추출의 실패 요인으로 인식에 있어서 오인식의 결과를 초래한다.

표 1. 얼굴 특징 인수

정규화 거리		COT 값	
F ₁	(N1, N2)	F ₇	(N2, N1, N3)
F ₂	(N1, N3)	F ₈	(N1, N3, N2)
F ₃	(N2, N3)	F ₉	(N3, N2, N1)
F ₄	(N1, N4)	F ₁₀	(N2, N1, N4)
F ₅	(N2, N4)	F ₁₁	(N1, N4, N2)
F ₆	(N3, N4)	F ₁₂	(N4, N2, N1)

2. 식별 파일

입력된 학생의 얼굴 영상으로부터 12개의 기하학적 얼굴 특징이 추출되면 수업에 참여하는 학생의 본인 식별을 위해서 [그림 3]과 같은 구조의 식별 파일을 생성한다. 식별 파일은 고유키로서 학번(STU_ID)과, 학생이 수강하고 있는 교과목 코드인 LEC_ID, 수강 교과목에서의 학생 색인을 위한 번호인 LEC_STU_ID, 그리고 학생의 얼굴 영상으로부터 추출된 12개의 특징 값(F₁-F₁₂)을 포함한다.

STU_ID : int(1)	Password : Char(8)		
LEC_ID : int(1)	LEC_STU_ID : int(1)		
F ₁ : float(1)	F ₂ : float(1)	F ₁₂ : float(1)

그림 3. 식별 파일의 구조

III. 얼굴 인식 서버 시스템

본 논문의 출결 관리 시스템의 서버 시스템은 클라이언트 시스템에서 전송된 식별 파일을 분석하여 해당 교과목 데이터베이스에 사전에 자기조직화 신경회로망에

의해서 학습되어 저장되어 있는 인식 가중치 파일(RW. File: Recognized weight file)을 색인하여 전송된 식별 파일의 얼굴 특징 인수를 입력으로 수업에 참여하는 학생의 본인 식별 작업을 수행한다[5].

1. 자기조직화 신경회로망에 의한 학습

각 교과목 별로 저장되어 있는 인식 가중치 파일은 사전에 교과목 데이터베이스에 저장되어 있는 수강 학생들의 얼굴 사진들을 이용하여 자기조직화 신경회로망의 학습 알고리즘[9-11]에 의해서 각 개별 학생들의 식별이 완료된 후의 신경회로망의 연결강도를 의미한다.

따라서 해당 교과목을 수강하고 있는 학생들의 얼굴 식별을 위한 신경회로망의 사전 학습을 위해서는 전절(2.1)에서 설명한 얼굴 특징 추출 알고리즘에 의해서 추출된 특징값((f₁ ~ f₁₂))을 식 (1)과 같은 입력벡터, x의 원소 값으로 사용한다.

$$x = [f_1, f_2, \dots, f_{11}, f_{12}] \tag{1}$$

입력벡터 x가 주어지면 [그림 4]와 같은 자기조직화 신경회로망에 의해서 학습을 수행한다. 이 때 출력 뉴uron S_j와 연결된 가중치 벡터를 아래 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$w_j = [w_j^1, w_j^2, \dots, w_j^{12}] \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

[그림 4]에서 S_j 뉴uron의 출력인 y_j는 강좌에서 학생들의 색인 번호인 LEC_STU_ID에 상응하며, 식 (2)에서 n은 해당 강좌의 수용 가능한 총 인원수에 해당한다.

학생들의 얼굴 특징 벡터, x가 주어지면 생성된 모든 출력 뉴uron S_j에 대해서 아래 식(3)에 의해서 거리 D(j)를 계산한다.

$$D(j) = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (w_j^i - f_i)^2} \tag{3}$$

모든 뉴우런 S_j 에 대해서 거리 $D(j)$ 의 계산이 완료 되면 거리가 가장 최소가 되는 승자 뉴우런 J_W 을 검색 한다.

$$J_W = \arg \{ \min(D(j)) \} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

만약 승자 뉴우런 J_W 의 $D(J_W)$ 의 값이 일정 임계 이상이 된다면 이것은 기존에 인식된 부류와 다른 새로운 부류의 생성을 의미하며 따라서 새로운 승자 뉴우런 S_k 를 새로 생성하여 승자 뉴우런으로 할당한다.

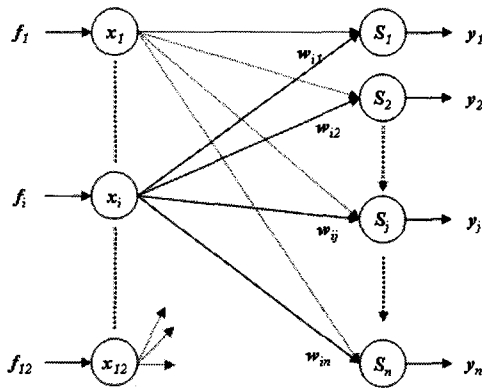


그림 4. 자기조직화 신경회로망의 구조

승자 뉴우런 J_W 가 결정되면 승자 뉴우런에 연결된 모든 가중치 벡터 $w_{J_W}^i$ 를 아래 식 (5)에 의해서 갱신하여 학습을 수행한다. 여기서 α 는 학습률을 의미한다.

$$w_{J_W}^i(new) = w_{J_W}^i(old) + \alpha [f_i - w_{J_W}^i(old)] \quad (5)$$

이상의 과정을 종결 조건이 만족할 때까지 반복하여 강좌를 수강하는 학생들의 얼굴에 대한 자기조직화 인식이 완료되면 학생들에게는 각 노드의 출력인 y_j 가 LEC_STU_ID로 할당된다. 본 논문에서는 y_j 는 승자 뉴우런의 노드 번호를 의미한다.

이렇게 학습 완료된 강좌의 인식 가중치 파일은 출석 관리 시스템의 클라이언트 시스템이 동작하기 전에 작

업이 완료되어 교과목 데이터베이스에 보관되며 실제 한 학생의 출석 체크를 위한 출결 인증 과정에서는 수행되지 않는다.

2. 출결 인증

출결 관리 시스템의 클라이언트로부터 출석 체크에 대한 요청이 들어오면 서버는 먼저 수업에 참여하여 출석 체크를 원하는 학생이 실제 수업을 수강하는 학생인지의 유무를 파악하기 위해서 전송된 식별 파일의 교과목 코드(LEC_ID)를 이용하여 서버의 교과목 데이터베이스로부터 인식에 필요한 인식 가중치 파일 정보를 색인한다.

본 논문에서 교과목 코드를 1차 부류의 인덱스로 사용하는 이유는 일반적으로 신경회로망을 이용할 경우에 한 학교의 전체 학생을 대상으로 하나의 인식 파일을 사용하면 대량의 초기 데이터에 의해서 인식률은 떨어지게 된다. 특히 본 논문의 자기조직화 신경회로망과 같은 비교사 학습의 경우에는 하나의 분류(class)당 하나의 노드를 생성하고 있기 때문에 소수의 데이터에 대해서는 선형적 지식이 없이 훈련을 완성할 수 있다는 장점은 있으나, 대량의 데이터 특히 동일한 부류에 대해서 여러 개의 다른 다양한 입력 패턴을 가지는 경우에는 인식기로서 인식률에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 초기 데이터양의 문제를 해결하기 위해서 한 학급 또는 대학의 경우에는 교과목 별로 인식을 위한 개별 인식 파일을 생성하여, 각 학급 코드 또는 제한된 수강인원의 과목 코드를 1차 선형적 분류 코드로 사용하여 인식을 수행함으로써 이 문제를 해결한다.

색인된 해당 교과목의 인식 가중치 파일은 자기조직화 신경회로망에 의해서 사전에 미리 학습 완료된 가중치 벡터로서 전송된 식별 파일의 얼굴 특징 벡터, x 를 자기조직화 신경회로망에 입력하여 아래 식 (6)에 의해서 모든 출력 노드의 출력값 y_j 를 계산하여 인식 결과인 R_LEC_STU_ID를 획득한다.

$$R_LEC_STU_ID = \arg \{ \min(y_j) \} \quad (6)$$

where $y_i = D(j), \quad j = 1, 2, \dots, n$

여기서 R_LEC_STU_ID는 얼굴 유사도가 가장 큰 출력 뉴uron, 즉 승자 뉴uron의 색인 번호를 의미한다. 인식 결과 R_LEC_STU_ID이 클라이언트에서 보내온 식별 파일의 LEC_STU_ID와 동일하면 출석으로 그렇지 않으면 결석으로 관리하고 클라이언트 시스템에 그 결과를 통보한다.

IV. 실험

본 논문의 얼굴 인식을 이용한 출결 관리 시스템은 클라이언트-서버 구조를 기반으로 구현한다. 실험 환경으로 클라이언트 시스템은 인텔 펜티엄D 3.4GHz, 1GB RAM 환경에서 C++ 언어로 구현하였으며, 서버 시스템은 Sun4u Sparc SUNW Ultra-Enterprise, 1G 메모리 환경에서 C 언어를 기반으로 신경회로망 인식 모듈을 설계하였다. 그리고 파일전송과 파일색인을 위해서는 PHP 서버 스크립트 언어와 관계형 데이터베이스 관리 시스템으로 MySQL을 사용하였다.

실험에서 CS 출결 관리 시스템의 얼굴 영상 데이터는 수강학생이 각각 67명과 33명으로 총 100명의 학생을 대상으로 두 학급으로 나누어 학생 당 3개의 얼굴영상을 이용하여 자기조직화 신경회로망의 군집화 테스트를 실시하여 얼굴 인식 출결 관리 시스템으로서의 유효성을 검증하였다.

자기조직화 신경회로망의 임계값 T에 따른 분류 결과 수강 학생 67명의 경우 [그림 5]와 같이 T=0.1에서 수강 인원을 초과하는 분류 결과 80개의 군집이 생성되었으며, [그림 6]의 수강 학생 33명의 경우에는 T=0.1에서 41개의 군집이 생성되었다.

이 결과는 두 실험에서 얼굴 특징 추출에 실패하여 오인식되어 다른 부류로 인식된 경우(실험 I : 13개, 실험 II : 8개)를 제외하면 정확한 얼굴 영상의 분류가 가능하다는 것을 의미한다. [표 4]에서 얼굴 특징 추출 실패에 의해서 얼굴 분류에 실패한 오인식율은 실험 I과 실험 II가 각각 6.5%(13/201)와 8%(8/99)이고, 제한한 출결 관리 시스템의 인식 성공률은 실험 I이 93.5%(188/201), 실험 II가 91.9%(91/99)로서 평균

92.7%의 효율성을 보였다.

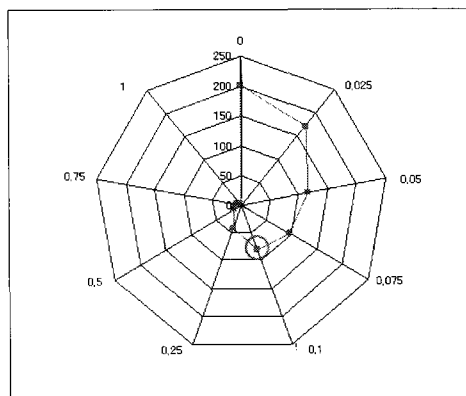


그림 5. T 값에 따른 얼굴 군집화 결과 I (67명)

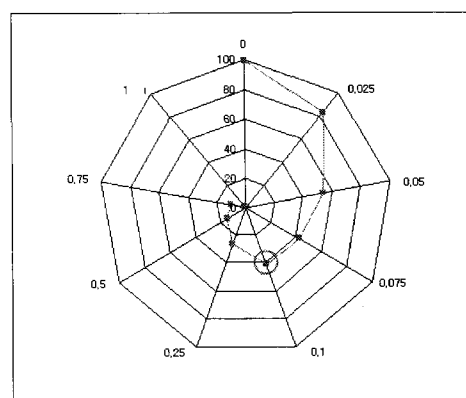


그림 6. T 값에 따른 얼굴 군집화 결과 II (33명)

표 4. 얼굴 인식 결과

구분	그룹I(67명)	그룹II(33명)
영상수	201개	99개
군집수	80	41
미군집영상수	13	8
오인식율	6.5%	8%
인식율	93.5%	91.9%

또한 본 논문에서 구현한 CS 출결 관리 시스템은 해당 학생의 출석 체크뿐만 아니라 본인이 아닌 학생에 대한 출석 인증 거부에 있어서도 그 유효성을 보였다.



그림 7. 얼굴 실험 영상과 얼굴 특징 추출의 예

[그림 7]은 본 논문에서 사용한 실험 영상과 특징 추출 결과 영상을 나타내고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 오프라인의 교실 수업에 있어서 학생 출석을 정확하고 신속하게 점검하여 관리할 수 있는 전자 출석 관리 시스템을 혼합학습 환경의 강의 지원 시스템으로 제안하였다. 제안한 시스템은 수업에 참여하는 학생의 개인 얼굴 영상을 기반으로 한 생체인식 방

법을 도입하여 출석을 원하는 학생에 대한 실제 본인 유무의 파악이 가능하다. 그리고 얼굴 인식에 적용한 자기조직화 신경회로망의 인식 방법은 새로운 분류에 대한 적응력이 크다. 또한 기존의 학교에서 운용되고 있는 CS 구조를 기반으로 하고 있기 때문에 개발한 시스템의 이식이 용이할 뿐 아니라 비용 절감의 효과도 기대할 수 있다.

그러나 제안한 시스템에서 얼굴 특징 요소 추출을 위한 이진화, 얼굴 요소의 기하학적 특징 정의 방법 등의 각 단계별 처리 과정에 대한 성능 향상 방안이 요구된다. 그리고 실제 여러 교과목이 저장되어 있는 큰 규모

의 데이터베이스 환경이나 모바일 환경에서의 실험이 필요하다.

그러나 본 논문에서 제안하는 자기조직화 얼굴 인식을 이용한 CS 출결 관리 시스템은 혼합 학습 환경에서 얼굴 인식 기술을 적용한 시스템으로 그 편의성과 유효성 때문에 활용도가 상당히 클 것으로 기대된다.

[10] J. M. Zurada, *Introduction to Artificial Neural Systems*, Info Access Distribution Pte Ltd, 1992.

[11] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks : Architecture, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall Inc., 1994.

참고 문헌

[1] J. Whitehill, M. Bartlett, and J. Movellan, "Measuring the Perceived Difficulty of a Lecture Using Automatic Facial Expression Recognition," LNCS 5091, pp.668-670, 2008.

[2] T. Shoji, Y. Kawaguchi, K. Kakusho, and M. Minoh, "Lecture Support System Using Face Recognition and Learning History on LMS," The 4th AEARU Workshop on Network Education, pp.139-147, 2006.

[3] 김승업, 이우범, 김옥현, 강병욱, "화소 라벨링에 의한 얼굴 특징 인수 추출", 한국신호처리시스템학회, 제2권, 제2호, 2001(4).

[4] D. Riccio and J. Dugelay, "Geometric invariants for 2D/3D face recognition," Pattern Recognition Letters 28, pp.1907-1914, 2007.

[5] 이우범, 서정, 김옥현, "얼굴 인식을 이용한 클라이언트-서버 구조의 출결 관리 시스템", 한국컴퓨터교육학회 동계 학술발표논문집, 제12권, 제2호, pp.129-132, 2008.

[6] J. R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, John Wiley&Sons Inc., 1997.

[7] Asou Hidekiki, *ニューラルネットワーク 情報處理*, 産業圖書, 1988.

[8] J. C. Russ, *The Image Processing Handbook: Third Edition*, CRC Press, pp.371-430, 1999.

[9] T. Kohonen, "The Self-organizing Map," Proc. IEEE, Vol.78, No.9, pp.93-99, 1990.

저자 소개

이우범(Woo-Beom Lee)

정회원



- 1995년 2월 : 영남대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1997년 2월 : 영남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2000년 8월 : 영남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

- 2000년 3월 ~ 2004년 2월 : 대구과학대학 컴퓨터공학과 교수
 - 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 객원교수
 - 2007년 3월 ~ 현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
- <관심분야> : 뇌정보처리, 시각인지, 한방의료영상