블록단위 영역분할을 이용한 얼굴 특징 요소 추출

김승업*, 이우범**, 김욱현***
*제주도교육과학연구원 교육자료부
**대구과학대학 컴퓨터공학과
***영남대학교 컴퓨터공학과
E-mail : ksu@www.cisec.or.kr

Extraction of Facial Feature Component using Section Segmentation of Block-units

Seung-Up Kim*, Woo-Beom Lee**, Wook-Hyeon Kim***

*Dept of Educational materials, Chejudo Research Institute of Education & Science
**Dept of Computer Engineering, Taegu Science College
***Dept of Computer Engineering, Yeungnam University

E-Mail : ksu@www.cisec.or.kr

요 약

본 논문에서는 얼굴의 특징 추출 알고리즘을 제안한다. 입력 영상을 이진 영상으로 처리한 후, 얼굴 요소 후보 블록의 면적, 둘레, 원형도, 종횡비를 이용하여 불변하는 눈, 코, 입의 특징 요소를 추출한다. 사람의 얼굴에 대한 특징 요소를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 레이블링을 한 후 만들어진 얼굴 요소 후보 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도 및 종횡비의 유사도를 구한다. 블록의 종합 유사도, 대칭적 거리, 위치의 유사도를 활용하여 눈, 코, 입을 추출한다. 추출된 각 특징 요소간의 거리와 각도를 이용하여 12개의 특징 인수를 구하는 제안 알고리즘을 수행함으로써 얼굴의 특징 인수들을 추출한다. 각 특징점 사이의 거리와 각 거리간의 기울기를 이용하여 100명으로부터 획득한 297개의 원 영상을 대상으로 12개의 특징 파라미터를 추출한 결과 92.93%의 추출 성공률을 보였다. 이러한 결과는 외부 환경의 영향을 덜 받는 눈, 코, 입의 위치 관계의 블록을 근거로 특징 요소를 추출할 수 있도록 제안 알고리즘을 구성하였던 것으로 판단된다.

I. 서 론

얼굴 영상의 특징 영역의 추출은 영상 배경의 복잡성, 영상의 해상도, 영상 내에서 얼굴의 위치, 크기, 기울기 등 여러 가지 어려운 조건들 때문에 여러 가지 영상 처리 방법으로 특징을 분리하거나 명암 영상을 사용하여 얼굴영역의 특징 요소들을 추출하게 된다.

얼굴 영상의 특징 추출 방법은 형판 정합 방법[1], 얼굴의 특징 벡터를 이용하는 방법[2], 얼굴을 구성하는 성분들의 특징점과 위치 관계를 이용하는 방법[3-4], 색채 분포에 기반한 얼굴 영역 추출 방법[5] 등이 있다.

본 논문에서는 사람의 얼굴에 대한 특징 요소를 추출하기 위하여 우선 이진 영상을 생성한다. 하나 하나의 고립된 영역으로 분리하기 위하여 화소 레이블링을 한 후 만들어진 얼굴 요소 후보 블록 단위로 면적을 구하고, 윤곽선 추적 방법에 의하여 둘레를 구한 다음 면적, 둘레, 원형도 및 종횡비의 유사도를 구한다. 블록의 종합 유사도,

대칭적 거리, 위치의 유사도를 활용하여 눈, 코, 입을 추출한다.

II. 블록 기반 특징 추출 시스템

본 논문에서는 컬러 얼굴 영상을 대상으로 하였으며 카메라나 스캔된 영상으로부터 입력되어지는 영상에서 얼굴 영역의 눈, 코, 입의 특징을 추출한다. 그림 1은 얼굴 요소 후보 블록 기반 특징 인수 추출 시스템을 나타낸다.

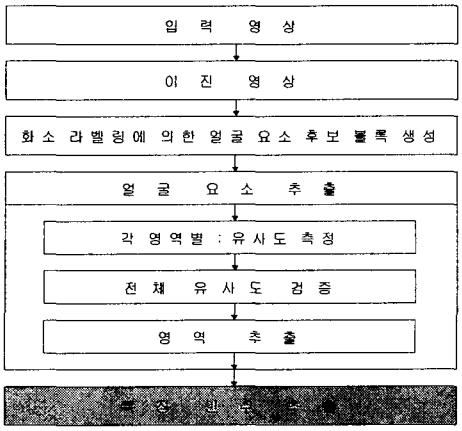

그림 1 얼굴 요소 후보 블록 기반 특징 인수 추출 시스템

1. 이진 영상의 생성

이진 영상을 만들기 위하여 입력 영상의 각 화소에 대해서 명도가 있는 일정값 이상의 경우에 대응하는 출력 영상의 화소값을 0으로, 그 이외의 경우는 1로 처리한다.

2. 얼굴 요소 후보 블록 생성

이진 영상에서 연결된 블록을 구분하여 그 블록에 서로 다른 번호를 붙여 연결된 블록의 갯수를 구하고, 구분된 얼굴 요소 후보 블록의 면적을 구한다.

얼굴 요소 후보 블록 생성 단계에서는 생성된 이진 영상을 입력하여 영상 내 화소들 사이의 연결 관계에 의해서 하나의 얼굴 구성 요소의 후보 영역이 될 수 있는 얼굴 요소 후보 블록을 생성한다.

3. 얼굴 특징 요소의 추출

본 절에서는 얼굴 요소 후보 블록 단위의 영역에 관한 각 영역의 면적, 둘레, 원형도, 종횡비의 유사도를 구한 후 이 값들의 종합 유사도가 가장 크고, 일정 범위의 거리에서 가장 가깝게 있는 2개의 블록을 눈 특징 영역으로 추출한다. 두 눈 사이의 중점으로부터 수직 아래로 블록을 탐색하면서, 두 눈의 평균 면적과 블록 위치의 유사도를 구한 후 이 값들의 종합 유사도가 가장 큰 블록을 코와 입 특징 영역으로 추출한다.

[제안 알고리즘]

단계 1. 블록 단위의 영역에 관한 각 고립 영역의 화소의 수와 최대·최소의 x, y 좌표를 이용하여 블록의 면적(S_b)을 구하고, 둘레의 길이(O_b)는 윤곽선 추적 방법을 이용하여 구하며, 원형도(C_b)와 종횡비(A_b)는 면적과 둘레를 이용하여 구한다.

단계 2. 아래의 식(1)의 후보 블록 채택 조건에 해당하는 블록을 제외한 너무 작거나 큰 블록은 잡음으로 간주하여 제거한다. MAX_F과 MIN_F 값은 입력 영상에 따라 여러 차례 반복 실행한 경험값의 상한과 하한을 의미하며, 단위는 화소의 수를 나타낸다.

후보 블록 채택 조건 :

$$MIN_F < \{S_b, O_b, C_b, A_b\} < MAX_F \tag{1}$$

단계 3. 각 얼굴 요소 후보 블록에 대한 i번째와 j번째 블록에 대한 특징 요소의 유사도를 구한다. 식(2)의 S_{ij}는 면적의 유사도, 식(3)의 O_{ij}는 둘레의 유사도, 식(4)의 C_{ij}는 원형도의 유사도, 식(5)의 A_{ij}는 종횡비의 유사도를 나타낸다. 식에서 S_b는 블록 면적, O_b는 블록 둘레, C_b는 블록 원형도, A_b는 블록 종횡비를 나타낸다.

$$S_{ij} = \frac{S_b[j] + S_b[i] - |S_b[j] - S_b[i]|}{S_b[j] + S_b[i]} \tag{2}$$

$$O_{ij} = \frac{O_b[j] + O_b[i] - |O_b[j] - O_b[i]|}{O_b[j] + O_b[i]} \tag{3}$$

$$C_{ij} = \frac{C_b[j] + C_b[i] - |C_b[j] - C_b[i]|}{C_b[j] + C_b[i]} \tag{4}$$

$$A_{ij} = \frac{A_b[j] + A_b[i] - |A_b[j] - A_b[i]|}{A_b[j] + A_b[i]} \tag{5}$$

단계 4. 각 얼굴 요소 후보 블록의 중심점 사이의 거리를 구한다.

단계 5. 영상의 정규화를 위하여 계산된 각각 블록의 값들에 대한 종합 유사도 T_{ij}를 계산한다.

식(6)에서 상수값은 특징을 찾을 때 면적, 둘레, 원형도, 종횡비의 유사도가 어느 정도 중요한지를 나타내는 가중치 계수로 경험에서 얻어진 2이하의 값이다.

$$T_{ij}=\frac{(0.5\times B_{ij}+0.7\times O_{ij}+0.9\times C_{ij}+2.0\times M_{ij})}{4.1} \quad (6)$$

단계 6. 후보 눈 블록, $B_{eye}(\cdot)$를 찾기 위하여 아래 식(7)을 이용하여 얼굴 요소 후보 블록 영역에 대한 종합 유사도가 가장 크고, 대칭이면서, 블록이 일정 거리 내에 존재하는 두 개의 블록, i, j를 찾아서 눈의 영역으로 판정한다.

$$B_{eye}(\cdot)\begin{cases} MAX\{T_{i,j}\} \\ T_{i,j}=T_{j,i}:\ (\text{대칭}) \\ 5<D(T_{i,j},T_{j,i})<50 \end{cases} \quad (7)$$

단계 7. 눈 후보 블록을 찾을 때까지 단계 2를 반복한다.

단계 8. 코 후보 블록 탐색은 왼쪽 눈 중점과 오른쪽 눈 중점 범위내(x축)에 있으면서 두 눈 높이의 평균값 만큼 밑에서 시작하여 두 눈 높이의 평균값와 두 눈 사이의 거리를 합한 값(y축)의 범위로 한정한다.

두 눈 사이 선분의 중점에서 수직으로 블록을 탐색하면서 찾은 블록 중 블록의 위치, 면적의 유사도를 구한 후 종합 유사도가 가장 큰 블록을 코로 판정하고, 그 중심점을 구한다.

식(8)의 P_n은 두 눈 사이 중심으로부터 수직 아래로 코 후보 위치에 있는 블록 유사도(값이 1에 가까울수록 코 후보 블록)이고, 식(9)의 S_n은 두 눈 사이 중심에서 두 눈 평균 면적의 0.5배 되는 블록 면적 유사도, 식(10)의 T_n은 종합 유사도를 나타낸다. P_{nb}는 두 눈 사이 중점에서부터 수직 아래로 코 후보 블록의 거리, C_e는 두 눈 사이의 거리, S_b는 코 후보 블록 면적, S_e는 눈의 면적을 나타낸다. 식(9)의 상수값 0.5는 두 눈 평균 면적의 0.5배 되는 블록을 코로 찾기 위한 경험값을 나타낸다.

$$P_n=\frac{P_{nb}[j]+C_e-|P_{nb}[j]-C_e|}{P_{nb}[j]+C_e} \quad (8)$$

$$S_n=\frac{S_b[j]+S_e\times 0.5-|S_b[j]-S_e\times 0.5|}{S_b[j]+S_e\times 0.5} \quad (9)$$

$$T_n=\frac{(P_n+S_n/2.0)}{1.5} \quad (10)$$

단계 9. 입 후보 블록 탐색은 왼쪽 눈 중점과 오른쪽 눈 중점 범위내(x축)에 있으면서 단계 8에서 찾은 코의 중점에서 시작하여 두 눈 높이의 평균값과 두 눈 사이의 거리를 합한 값(y축)의 범위로 한정한다.

코의 중점에서 수직 아래로 블록을 탐색하면서 찾은 블록 중 종합 유사도가 가장 큰 블록을 입으로 판정하고, 그 중심점을 구한다.

식(11)의 P_m은 두 눈 사이 중심으로부터 수직 아래로 입 후보 위치에 있는 블록 유사도(값이 1에 가까울수록 입 후보 블록)이고, 식(12)의 S_m은 두 눈 사이 중심에서 두 눈 평균 면적의 1.5배 되는 블록 면적 유사도, 식(13)의 T_m은 종합 유사도를 나타낸다. 그리고 P_{mb}는 코 영역 중점에서 수직 아래로 입 후보 블록의 거리, C_e는 두 눈 사이의 거리, S_b는 입 후보 블록 면적, S_e는 눈의 면적을 나타낸다. 식(12)의 상수값 1.5는 두 눈 평균 면적의 1.5배 되는 블록을 코로 찾기 위한 경험값을 나타낸다.

$$P_m=\frac{P_{mb}[j]+C_e-|P_{mb}[j]-C_e|}{P_{mb}[j]+C_e} \quad (11)$$

$$S_m=\frac{S_b[j]+S_e\times 1.5-|S_b[j]-S_e\times 1.5|}{S_b[j]+S_e\times 1.5} \quad (12)$$

$$T_m=\frac{(P_m+S_m/2.0)}{1.5} \quad (13)$$

눈, 코, 입 특징 요소의 중점이 구해지면 왼쪽 눈(N1)과 오른쪽 눈(N2)과의 거리, 왼쪽 눈(N1)과 코(N3)와의 거리, 오른쪽 눈(N2)과 코(N3)와의 거리, 왼쪽 눈(N1)과 입(N4)과의 거리, 오른쪽 눈(N2)과 입(N4)과의 거리 및 코(N3)와 입(N4)과의 거리를 구하고, 각 거리간의 기울기를 이용하여 코탄젠트(*cot*)의 값을 구하여 얼굴 영상 분류에 적용할 특징 인수를 구한다[표 1].

표 1 얼굴 영상의 특징 추출 인수

구분	특징 인수	구분	특징 인수
1	N1-N2의 정규화 거리	7	N2-N1-N3의 *cot* 값
2	N1-N3의 정규화 거리	8	N1-N3-N2의 *cot* 값
3	N2-N3의 정규화 거리	9	N3-N2-N1의 *cot* 값
4	N1-N4의 정규화 거리	10	N2-N1-N4의 *cot* 값
5	N2-N4의 정규화 거리	11	N1-N4-N2의 *cot* 값
6	N3-N4의 정규화 거리	12	N4-N2-N1의 *cot* 값

Ⅲ. 실험 결과

본 연구는 컬러영상의 특징 파라미터를 획득하여 데이터베이스를 구축하였다. 얼굴 영상 획

득 장비로는 HP 스캐너와 디지털 카메라를 사용하였고, PCX의 파일 포맷으로 저장하여 각 개인의 2개 또는 3개의 얼굴 영상을 얻었다.

그림 2는 같은 사람의 3가지 영상을 가지고 특징을 추출한 것을 나타낸다. 그림 2(a), (d)는 입력영상, 그림 2(b), (e)는 이진영상, 그림 2(c), (f)는 처리 후 추출된 영상을 나타낸다.

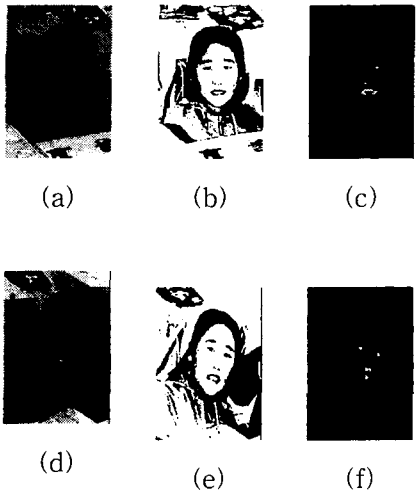

그림 2 3가지 영상의 특징 추출 결과

전체 입력 영상 297개를 대상으로 결과를 분석한 결과 276개의 영상에서 얼굴 구성 요소 추출에 성공하여 92.93%의 성공률을 보였고 표 2는 추출된 실험 결과를 나타내고 있다.

표 2 특징 추출 실험 결과

구 분	성 공		실 패		계		추출 대상 인원
	스캐너	카메라	스캐너	카메라	스캐너	카메라	
영상 수	188	88	13	8	201	96	297
성공률(%)	93.53	91.67	6.47	8.33	100	100	92.93

스캐너로 획득한 영상과 디지털 카메라로 획득한 영상의 특징 추출 성공률은 93.53%와 91.67%로 별 차이가 없는 것으로 나타났으나 특징 추출에 실패한 영상은 13개의 영상에서 고개가 좌·우로 회전하여 눈, 코, 입의 영역이 명확하지 않았고, 5개의 영상에서 얼굴이 기울어진 정도가 심한 경우 특징 인수를 추출하지 못하였으며, 3개의 영상에서 머리카락으로 눈의 윤곽과 연결되어 눈의 영역을 추출하지 못하여 특징 파리미터를 추출하지 못한 경우였다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 사람의 정면 얼굴에 대한 특징 인수를 추출하기 위하여 블록단위의 영역분할을 이용한 제안 알고리즘을 수행하여 눈, 코, 입의 특징 요소를 추출한 다음 각 특징 요소 사이의 거리 및 각 선분의 기울기를 이용하여 12개의 특징 인수를 추출하였다.

100명을 대상으로 스캐너와 디지털 카메라에 의해 획득한 총 297개의 영상을 시뮬레이션하고 그 결과를 고찰하였다. 입력 영상에 대해 특징 추출을 위하여 제안된 알고리즘으로 수행한 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 블록단위의 각 영역에 관한 정보를 추출하여 얼굴의 기하학적 구조 및 특성에 관한 특징을 활용하여 제안 알고리즘을 수행한 결과 92.93%의 추출 성공률의 결과가 나타났다.

둘째, 얼굴의 특징 중 외부 환경의 영향을 덜 받는 눈, 코, 입의 위치 관계의 블록을 근거로 특징 요소를 추출할 수 있었다.

셋째, 추출된 특징 인수를 분석·분류하여 데이터베이스를 구축하여 과다한 기억장소를 낭비하지 않고도 얼굴에 관한 자료를 탐색할 수 있었다.

[참고 문헌]

[1] G. Chow and X. Li, "Towards a system for automatic facial feature detection," *Patter Recognition*, Vol. 26(12), pp. 1739-175 December 1993.

[2] M. Kirby and L. Sirovich, "Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 12, pp. 103-108, 1990.

[3] Roberto Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Features versus Templates," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No 10, pp. 1042-1052, October 1993.

[4] 윤호섭, 왕민, 민병우, "고립 영역 분석에 의한 얼굴 요소 추출", 정보과학회눈문지(B), 제 23권, 제 7 호, pp. 752-765, 1996.

[5] Q. T. Luong, "Color in computer vision," *Handbook of Pattern recognition and Computer Vision*, pp. 311-368, 1993.