홍채 근육의 비선형적 스케일링 특성을 고려한 Dynamic Warping 기반 홍채인식 방법

배민경*, 한혁수*, †이의철*
*상명대학교 컴퓨터과학과, †교신저자
e-mail: alsruddl135@gmail.com, hshan@smu.ac.kr, eclee@smu.ac.kr

Dynamic Warping Based Iris Recognition Method by Considering Non-Linear Scaling Characteristic of Iris Muscle

Min-Kyoung Bae*, Hyuk Soo Han*, †Eui Chul Lee*
*Department of Computer Science, Sangmyung University
†Corresponding author

요 약

일반적인 홍채 인식 방법은 홍채 근육이 형성하는 고유 패턴에 기초하여 사용자를 식별한다. 홍채의 주요 기능은 자연광의 양에 따라 동공의 크기를 제어하는 것이다. 그러므로 홍채 패턴은 조명 조건의 변화에 따라 팽창 및 수축한다. 홍채 패턴의 변형에도 불구하고 강력한 인식의 정확도를 보장하기 위해 이전의 연구에서는 홍채 근육은 선형적으로 변형된다고 가정하여, 홍채의 트랙을 선형적이고 균일하게 할당하였다. 그러나 홍채 패턴은 실제로 특정 홍채 근육의 복잡한 움직임으로 인해 비선형적으로 변형된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 Dynamic Warping 방법을 사용하여 비선형성을 고려한 새로운 매칭 방법을 제안한다.

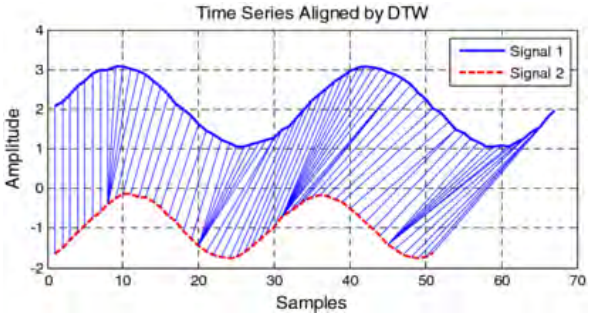
1. 서론

홍채는 공막과 동공사이에 위치한 근육 영역이다. 홍채의 주요 기능은 사람의 눈에 들어오는 빛의 양을 조절한다. 사람의 홍채는 태어나고 2년 동안 독특한 무늬가 형성되다가 그 후에는 불변한다. 그리고 한 사람의 양 눈이라도 다른 모양을 가진다. 사람마다 무늬가 다르고 영구적이고 어느 누구나 가질 수 있다는 특성을 가지고 있기 때문에 홍채 인식은 신뢰성이 높은 바이오 인식 방법이다. 그러나 기존의 홍채인식 방법은 홍채 근육의 수축과 이완시 선형적인 스케일링을 가정하고 있다. 그러나 실제로는 홍채 근육은 비선형적인 움직임을 보인다. 이 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 비선형적으로 변화하는 두 배열의 유사성을 측정해주는 Dynamic Warping 방법을 사용하여, 홍채 영역의 동일 트랙의 패턴을 매칭하는 방법을 제안한다.

2. Dynamic Warping

Dynamic Warping (DW)은 기존의 Dynamic Time Warping (DTW) 방법의 기반이 된다[1] DTW은 시간의 흐름에 따라 입력된 두 특징이 비선형적인 스케일링 편차가 있음을 고려하여 매칭할 수 있는 방법이다. DTW는 그림 1과 같이 적용될 수 있다.

DTW는 두 시계열 특징벡터가 가지는 비선형적인 편차까지 고려하여 distance를 계산할 수 있다. DTW의 이러한 적용사례를 봤을 때, DW는 두 배열의 비선형 변형 유사도를 계산할 수 있는 방법이다.

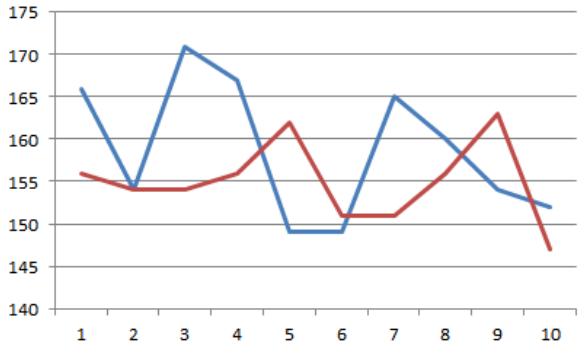


(그림 1) 두 시계열 신호에 대한 DTW 예

DW는 서로 다른 두 배열이 비선형적으로 변형될 수 있음을 가정하고 두 배열의 유사성을 구할 수 있다. 그림 2에 있는 두 배열을 그래프로 그려보면 그림 3과 같다.

156	154	154	156	162	151	151	156	163	147
166	156	171	167	149	149	165	160	154	152

(그림 2) 서로 다른 두 배열



(그림 3) 그림 1을 그래프로 표현한 그림

그래프만으로 본다면 두 배열의 유사성을 판단하기는 쉽지 않다. 두 배열의 유사성을 DW 방법으로 적용해볼 수 있다. DW의 수식은 수식 (1), (2)와 같다.

$$d(i,j) = \sqrt{(C(i) - T(j))^2} \qquad (1)$$

$$D(i,j) = d(i,j) + \min\begin{Bmatrix} D(i-1,j-1) \\ D(i-1,j) \\ D(i,j-1) \end{Bmatrix} \qquad (2)$$

<표1> 그림 2의 DW 계산표 (노란색: 최소거리 기반의 warping 경로)

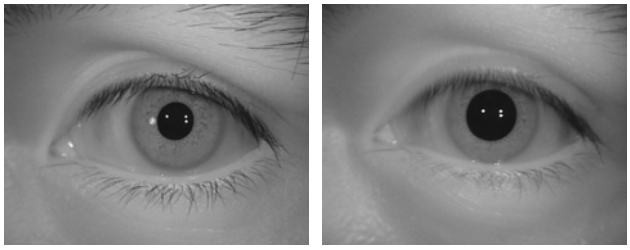
	156	154	154	156	162	151	151	156	163	147
166	10	22	34	44	48	63	78	88	91	110
154	12	10	10	12	20	23	26	28	37	44
171	27	27	27	25	21	40	43	41	36	60
167	38	40	40	36	26	37	53	52	40	56
149	45	43	45	43	39	28	30	37	51	42
149	52	48	48	50	52	30	30	37	51	44
165	61	59	59	57	53	44	44	39	39	57
160	65	65	65	61	55	53	53	43	42	52
154	67	65	65	63	63	56	56	45	51	49
152	71	67	67	67	73	57	57	49	56	54

그림 2의 두 배열에 대해 DW를 수행한 결과는 표 1과 같다. DW는 좌측 상단의 값부터 계산된다. $D(i,j)$는 표 1과 같은 DW 계산표의 한 좌표이고, $d(i,j)$은 첫 번째 배열 i번째 값과 두 번째 배열 j값의 유클리드 거리값을 나타낸다. $D(i,j)$값을 구하기 위해선 $d(i,j)$값과 $\{D(i-1,j-1), D(i-1,j), D(i,j-1)\}$의 최솟값을 더해주면 된다. 두 배열의 유사성은 배열의 우측 하단의 맨 마지막 성분으로 계산되어 진다. 이 두 배열의 유사성, 즉 distance는 54로 계산 된다.

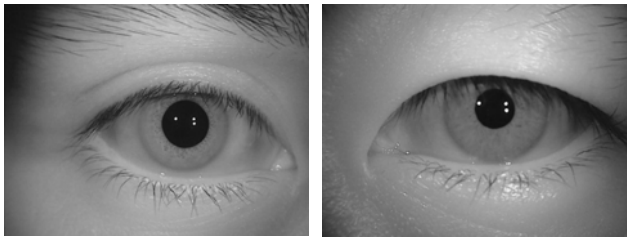
3. Dynamic Warping을 이용한 홍채 인식

본 논문에서는 DW 방법을 홍채 영상의 동일 트랙의 매칭에 적용하여 두 홍채 영상의 차이를 계산한다.

그림 4는 각기 다른 주변광 환경에서 촬영된 동일한 사람의 왼쪽 눈이다. 다른 조명 환경에서 촬영되었기 때문에 동공의 크기가 다르다. 그림 5는 다른 조명 환경에서 찍은 다른 사람의 눈 영상이며, 주변 광량에 상관없이 홍채 패턴이 다른 것은 자명하다. 따라서, 제안하는 DW 기반 매칭 방법은 동일인의 비선형적 홍채 스케일링에 초점을 맞춘 방법이다.



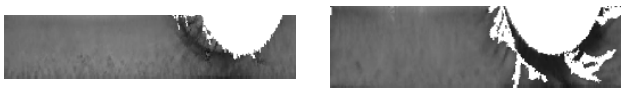
(그림 4) 주변광량에 따라 동공의 크기가 다른 동일인의 왼쪽 눈 영상



(그림 5) 다른 사람의 눈 영상

홍채 영상을 매칭하기 위해 도넛 모양으로 검출된 홍채 영역을[2] 직사각형 영역으로 정규화한다 [3]. 그림 4, 5의 홍채영역을 추출하여 직사각형 형태로 정규화 한 결과 영상은 그림 6, 7과 같다. 하얀색으로 표시된 영역은 눈꺼풀 및 눈썹으로 검출되어[4] 인식에 사용되지 않는 영역이다.

(그림 6) 그림 4의 홍채 영역 검출 및 정규화 결과



(그림 7) 그림 5의 홍채 영역 검출 및 정규화 결과

두 영상의 동일한 섹터의 픽셀 값에 DW 방법을 적용하여 Distance 값을 구해보면 표 2과 표 3의 결과를 얻을 수 있다. 동일인의 홍채 영상 Distance 값은 41로 상대적으로 작게 계산되었고. 타인의 홍채 영상 Distance 값은 285로 비교적 큰 값이 계산되었다.

	139	132	146	145	161	166	165	166	164	166
141	2	11	16	20	40	65	89	114	137	162
126	15	8	28	35	55	80	104	129	152	177
131	23	9	23	37	65	90	114	139	162	187
140	24	17	15	20	41	67	92	118	142	168
152	37	37	21	22	29	43	56	70	82	96
163	61	68	38	39	24	27	29	32	33	36
166	88	95	58	59	29	24	25	25	27	27
162	111	118	74	75	30	28	27	29	27	31
173	145	152	101	102	42	35	35	34	36	34
173	179	186	128	129	54	42	43	41	43	41

<표2>동일인의 Dynamic Warping Table

	98	158	173	175	170	164	163	155	158	158
143	45	60	90	122	149	170	190	202	217	232
132	79	71	101	133	160	181	201	213	228	243
113	94	116	131	163	190	211	231	243	258	273
116	112	136	173	190	217	238	258	270	285	300
140	154	130	163	198	220	241	261	273	288	303
140	196	148	163	198	228	244	264	276	291	306
144	242	162	177	194	220	240	259	270	284	298
141	285	179	194	211	223	243	262	273	287	301
140	327	197	212	229	241	247	266	277	291	305
149	378	206	221	238	250	256	261	267	276	285

<표3> 다른 사람의 Dynamic Warping Table

4. 결론

본 연구에서는 기존의 홍채 인식이 해결하지 못했던 홍채 근육의 비선형적인 움직임의 문제를 해결하고자 DW 방법을 통한 홍채 매칭 방법을 제안한다. 연구 결과 동일인물의 눈일 경우 Distance 값이 작게, 그렇지 않을 경우 큰 값이 계산되었으며, 기존의 연구방법에서 다루지 않았던 비선형적인 홍채 근육의 움직임이 고려하였음에도, 동일인과 타인의 홍채 매칭이 잘 수행됨을 확인하였다.

추후 연구에서는 기존 홍채 영상 DB에서 동일인이면서 동공의 크기 편차가 큰 홍채 영상에 대한 매칭 실험을 수행하여, 제안하는 방법의 효율성을 규명하기 위한 연구를 수행할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-R0992-15-1014)

참고문헌

[1] E. Keogh, C. A. Ratanamahatana, "Exact indexing of dynamic time warping," Knowledge and Information Systems

[2] D. Cho, K. Park, D. Rhee, Y. Kim, J. Yang, "Pupil and Iris Localization for Iris Recognition in Mobile Phones", SNPD

[3] H. Park, K. Park, "Iris Recognition Based on Score Level Fusion by Using SVM", Pattern Recognition Letters,

[4] Y. Jang, B. Kang, K. Park, "A Study on Eyelid Localization Considering Image Focus for Iris Recognition", Pattern Recognition Letters