

# 방향코드와 유한 오토마타를 이용한 사람 동작 프리미티브 패턴 분류기의 구현

조경은<sup>o</sup>, 조형제  
동국대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : nina70@cakra.dongguk.ac.kr

## Implementation of a Primitive Pattern Classifier for Human Body Motion Using Direction Code and Finite Automata

Kyung-Eun Cho<sup>o</sup>, Hyung-Je Cho  
Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

### 요약

본 논문은 사람의 비언어적 행동을 자동적으로 분석할 수 있는 인식이 개발에 관한 것으로 실세계 3 차원 좌표값을 입력으로 하는 사람 몸 동작 인식기의 전처리 단계인 프리미티브 패턴 분류기의 구현방법을 소개한 것이다. 하나의 사람 몸 동작은 각 몸 구성 성분(손, 아래팔, 위팔, 어깨, 머리 등)의 움직임을 조합해서 정의할 수가 있기 때문에 개별적인 각 몸 구성성분의 움직임을 인식하고 표현하기 위해 사회 심리학 분야에서 비언어적 행동 분석을 위해 제안한 베너 체계 코딩 방법을 적용한다.

사람 몸 동작 프리미티브 패턴 분류기는 측정된 실세계 3 차원 좌표 자료를 베너 코드화한 후  $xy$ ,  $zy$  평면에 투영한 값을 각각 구한다. 이 결과를 각각 8 방향 코드로 바꾸고 2 단계 코드 평활화 작업을 하며, 최종적으로 유한 오토마타를 이용하여 각 몸 구성 성분별 프리미티브 동작들을 분류한다.

일련의 실험이 행해져 그 타당성을 확인하였으며, 차후에 이 분류기는 비언어적 행동 분석을 위한 사람 동작 인식기의 전처리 단계로 사용되어질 것이다.

### 1. 서론

최근 사람 몸 동작 인식에 관한 관심이 많아지고 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 이는 사람의 몸 동작 인식을 사용할 응용분야가 많기 때문이다. 사람의 걸음 동작을 분석하는 의학분야, 비언어적 행동을 분석하는 사회심리학 분야, 아바타 제어를 필요로 하는 가상현실응용 분야, 사람-기계 상호작용 자동화 분야, 보안용 감시 시스템 개발 분야, 수화

인식의 자동화 분야, 발레 무도법이나 체조 동작을 분석해야하는 체육학 분야 등이 여기에 속한다. 사람의 몸 동작을 자동적으로 인식할 수 있으면 사람이 일일이 수동적으로 분석해야 해야 할 작업들을 자동화시킬 수 있으며, 컴퓨터와 사람간의 편리한 통신 매체 수단으로서도 사용 가능하다. 이처럼 컴퓨터가 사람의 동작을 이해하면 좀 더 편리한 인터페이스와 환경을 제공할 수 있는 것이다[3,7].

실질적으로 영상에서 사람 몸 동작을 인식하기

위해서는 여러 단계를 수행해야 한다. 영상에서 사람을 추적하고 사람을 분리하는 작업을 수행한 후 각 몸 구성 성분을 추출해야 하고 마지막으로 각 몸 동작 패턴을 정의하고 인식하는 단계가 필요하다. 이미 많은 응용분야에서 사람 몸 동작 인식 시스템들이 실험되고 구축되어 있다. 그 예로는 중국의 체조식 권법을 분석하는 시스템인 Sensei, 수화를 인식하고 번역해주는 ARGo, 체조 선수의 동작을 인식하는 FirstSight 등이 있다. 기존에 많이 사용되어진 인식 방법으로는 HMM(Hidden Markov Model), Dynamic Time Warping, Phase Space Method, Temporal Templates 방법 등이다[3].

본 연구는 사람의 비언어적 의사소통 분석을 자동화하기 위한 목적으로 사람 동작 인식 방법 연구에 중점을 둔다. 하나의 사람 몸 동작은 각 몸 구성 성분(손, 아래팔, 위팔, 어깨, 머리 등)의 움직임을 조합해서 정의할 수가 있다. 즉, 각 몸 구성 성분의 일정 시간 단위에서의 3차원 위치 정보로 움직인 경로를 유추하고 이들을 조합하여 사람의 몸 동작을 표현하는 방법이다[4]. 개별적인 각 몸 구성성분의 움직임을 분석하기 위해서는 사회 심리학 분야에서 연구되어진 비언어적 행동을 분석하기 위한 베너 체계 코딩 방법[2,4]을 적용한다. 베너 체계를 이용해서 코딩된 코드를 각각 xy, zy 평면에 투영한 결과를 8 방향코드로 표현한 후 각각의 프리미티브 동작을 식별하는 유한 오토마타를 이용하여 프리미티브 동작들을 분류한다. 차후에 이 분류기는 비언어적 행동을 분석하기 위한 사람 동작 인식기의 전처리 단계로 사용되어질 것이다. 여기에서 제안된 방법은 각 몸 구성 성분의 관절들의 3 차원 정보를 출력하는 시스템을 이용하여 실험되었다.

2장에서는 본 연구에서 제안한 방향코드와 유한 오토마타를 이용한 사람 동작 프리미티브 패턴 분류기에 관하여 기술한다. 3장에서는 구현 및 실험결과를 보이고 결론을 맺는다.

## 2. 방향코드와 유한 오토마타를 이용한 사람 동작 프리미티브 패턴 분류기

그림 1은 이 프리미티브 패턴 분류기의 전체 시스템 구성도를 나타내며 아래에 각 단계별로 자세히 기술한다.

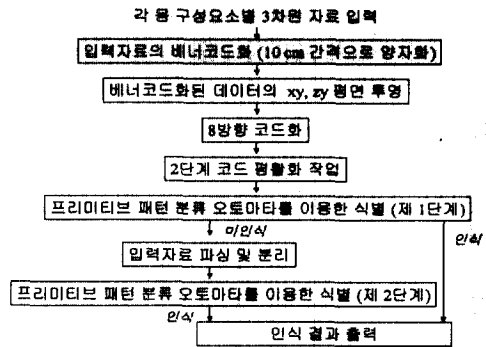


그림 1. 프리미티브 패턴 분류기의 시스템 구성도

### 2.1 입력 자료와 베너 코드화

본 논문에서는 칼라마크를 부착한 사람을 추적하여 각 관절의 3차원 좌표를 출력해주는 STABIL++ 시스템[6]을 이용하여 프리미티브 패턴을 식별해주는 분류기를 구현한다. STABIL++ 시스템의 출력 결과로서 그림 2의 왼쪽그림처럼 각 관절과 머리 부분의 3차원 좌표를 얻을 수 있다. 실제 프리미티브 패턴분류기의 입력 데이터는 그림 2의 오른쪽 모델에 부착된 8 개 마크만을 사용한다. 이 8 개의 몸 구성성분의 자료는 실세계 좌표계에서의 x, y, z 값이다. 즉, 실제 사람 모델이 움직인 동작의 나열들을 실제 x, y, z 좌표값으로 입력받는다.

본 연구에서는 베너체계 코딩방법의 개념을 도입하는데 이는 각 몸 구성성분의 관절에 대한 x, y, z 좌표들을 10 cm 간격으로 양자화(quantize)한 것과 같은 결과가 된다. 그림 3은 실제 x, y, z 좌표들의 값을 시간축에 따라 화면에 나타낸 예이고, 그림 4는 이를 베너코드화한 예이다. 그림 3, 4의 가로축 요소는 각 몸 구성성분의 관절부분을 의미하며 세로축 요소는 각각 수평, 수직, 깊이 정보를 나타낸다.

STABIL++시스템의 출력 데이터      패턴 분류기의 입력 데이터

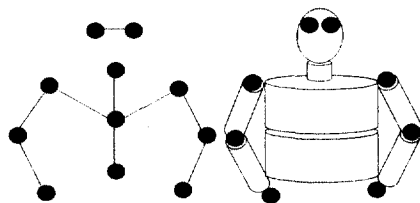


그림 2. 입력 자료 모델

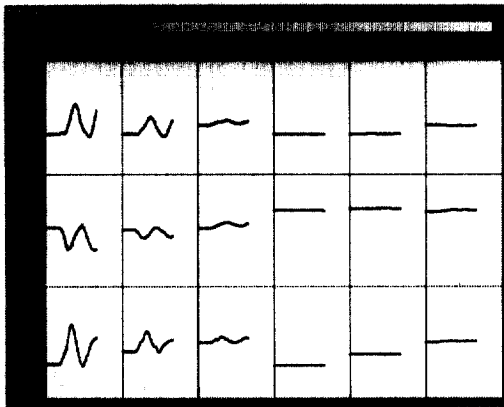


그림 3. 실제 입력 자료 출력의 예

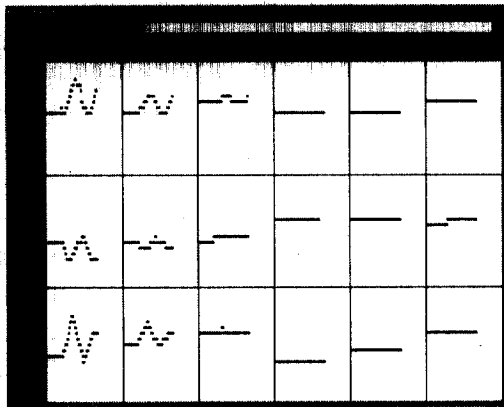


그림 4. 베너 코드화한 예

## 2.2 베너 코드화한 데이터의 평면 투영과 8 방향 코드화

베너 코드화된 데이터, 즉, 10 cm 간격으로 양자화되어 코딩된 데이터에 대하여 각각 xy, zy 평면에 투영한 결과를 구한다. 이 단계를 수행하는 이유는 사람이 정면과 측면에서 사람의 동작을 관찰한 것과 같은 결과를 유추하여 인식에 적용하기 위해서이다. 베너 코드화된 데이터를 각각 xy, zy 평면에 투영한 값으로 변형한 후 이 결과를 8 방향 코드화한다. 8 방향 코드화의 방법은 일반적인 8 방향 코드방식과 같은 방법으로 수행이 되나 투영한 평면에 따라 각각 의미하는 바는 다르다. 즉, xy 평면에 투영한 데이터 결과에서의 8 방향 코드화는 그림 5에서 볼 수 있듯이 차례로 left, left-up, up, right-up, right,

right-down, down, left-down의 의미가 부여되고 이는 사람의 동작을 정면에서 관찰한 것과 같다. zy 평면에 투영한 데이터의 8 방향코드화는 그림 6에서 볼 수 있듯이 차례로 forward, forward-up, up, backward-up, backward, backward-down, down, forward-down의 의미가 부여되고 이 결과는 사람의 동작을 측면에서 관찰한 것과 같다. xy, zy 평면에 투영한 예가 그림 7로, 왼쪽의 창은 xy 평면에 투영한 것이고, 오른쪽 창은 zy 평면에 투영한 것이다. 각각의 흰색 창에 ①에 해당하는 것이 각각 xy, zy 평면에 투영한 초기 결과 그림이다.

xy plane (원)

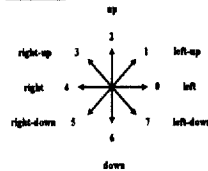


그림 5. xy 평면 8방향코드

zy plane (원)

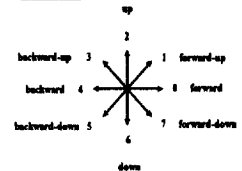


그림 6. zy 평면 8방향코드

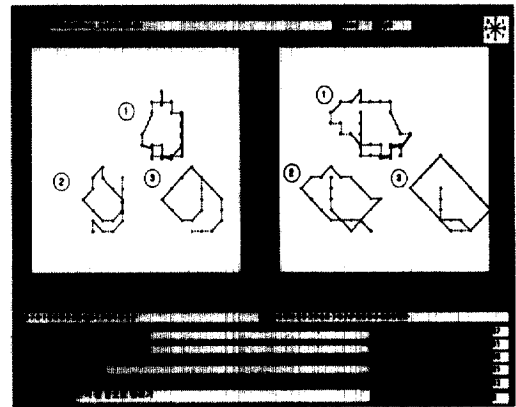


그림 7. xy, zy 평면 투영 및 코드 평활화의 예

## 2.3 코드 평활화

구문론적인 패턴 인식 방법에서는 비정규적인 패턴을 제거하기 위해 변형 문법(transformational grammar)에 의한 패턴의 평활화(smoothing) 작업을 수행한다. 여기서는 기존의 변형 문법[5]을 확장하여 적용하며, 이 처리를 해준으로서 잡음으로 간주되는 코드를 제거하여 다음 단계인 프리미티브 패턴 유한 오토마타에서의 식별결과를 향상시킬 수가 있고, 코딩된 자료를 파싱하는 과정에서 잡음으로 간주되는

패턴이 나오면 평활화된 코드로 대체된다. 그림 8은 코드 평활화에 적용되는 규칙을 보인 것으로, 10개의 잡음 유형이 대표적인 기본유형이 되고 이는 8방향으로 모두 고려된다. 이 평활화 작업은 2번 반복되는 데, 1회 평활화한 작업을 수행한 예가 그림 7의 ②이고, 두번째 평활화한 작업을 수행한 예가 그림 7의 ③이다.

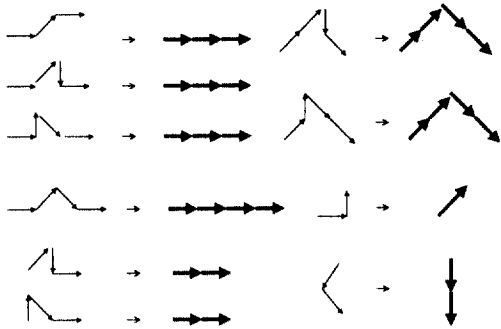


그림 8. 코드 평활화를 위한 확장된 규칙

오토마타들이 그림의 순서대로 나타나 있다.

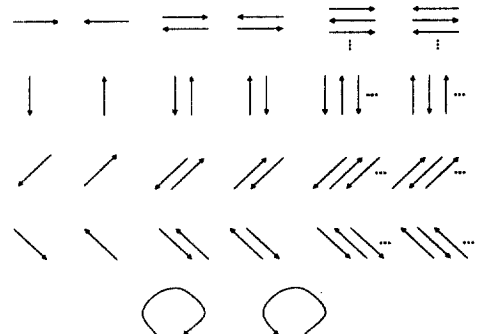
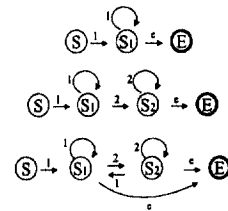


그림 9. 프리미티브 패턴 유형



2.4 프리미티브 패턴 분류 유한 오토마타의 식별

프리미티브 패턴 분류 유한 오토마타들은 각 몸 구성성분들이 어떻게 움직이는 지를 판별해주기 위해 사용된다. 이 오토마타의 출력으로서 각 몸 구성 성분(예. 머리, 팔꿈치, 손목, 어깨집)이 좌우, 상하, 전후 또는 이들의 복합된 형태의 움직임으로 표현되고 그 움직임 종류는 그림 9와 같다. 각 프리미티브 패턴 유형들은 각각 xy, zy 평면으로 투영한 형태에 따라 다른데 → 패턴은 xy 평면 투영에서는 왼쪽으로의 이동을 의미하고, zy 평면 투영에서는 앞으로 이동함을 의미한다. 그림 9에서는 대표적인 패턴 유형을 보인 것으로 이는 xy, zy 평면 각각에 대해서 고려되므로 오토마타의 실제 개수는 2배가 되며 이들을 식별하기 위한 각각의 오토마타들이 존재한다.

그림 9의 프리미티브 패턴 유형을 유한 오토마타로 표현할 때 사용하게 되는 유한오토마타의 기본 유형이 그림 10에 있다. 이 4개의 기본 유형을 바탕으로 프리미티브 패턴을 식별하는 유한 오토마타들이 작성되며 그 실제 예가 그림 11에 있다. 임의의 몸 구성요소가 오른쪽으로 움직임, 위에서 아래로 움직임, 앞뒤로 반복하는 움직임, 원 모양으로 돌리는 움직임을 나타내는 프리미티브 패턴 분류를 위한

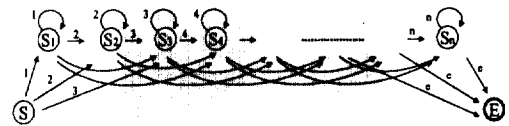


그림 10. 프리미티브 패턴 분류를 위한 유한 오토마타들의 기본 유형

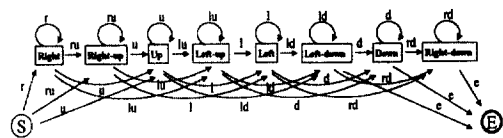
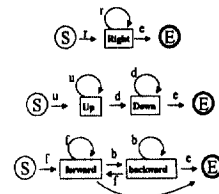


그림 11. 프리미티브 패턴 분류를 위한 유한 오토마타들의 실제 예

프리미티브 패턴들의 정확한 식별을 위해서 본 시스템에서는 2 단계 인식이 수행된다. 1 단계 인식에서 패턴 분류 오토마타가 인식(accept)되지 않으면, 2 단계에서의 인식을 위해 입력자료를 파싱한 후 xy 평면에 투영한 자료는 각각 left, right과 up, down으로 분리하고, zy 평면에 투영한 자료는 각각 forward, backward과 up, down으로 분리하여 다시 프리미티브 패턴 분류 유한 오토마타에 입력되어 동작을 분류시킨다. 이 결과는 다음 단계인 사람동작 인식기의 입력이 되며 이 정보가 분석, 조합되어져야 비로소 사람 몸동작을 완전히 인식할 수 있게 된다.

### 3. 구현 및 실험결과

본 연구에서 구현되어진 사람 동작 프리미티브 패턴 분류기는 상반신의 사람 동작을 녹화한 후 이로부터 STABIL++ 시스템으로 필요한 자료를 받아 실험이 행해졌다. 그림 12는 실험환경의 한 장면을 나타낸다.



그림 12. 실제 녹화 장면

실험은 세 사람에 대해서 서로 다른 동작 70 여 가지를 중복되게 한 사람 당 100 여 개를 녹화하여 행하였다. 동작들의 대분류 종류는 머리동작, 몸통동작, 양손동작, 양팔동작, 한손 동작, 한팔 동작, 복합 동작 등이다. 본 논문에서 제시한 프리미티브 패턴 분류기의 1 단계에서의 미인식률은 대략 20%에 해당하며, 2 단계 인식을 통해서 모든 프리미티브 동작들은 제대로 분류 표현되어진다. 프리미티브 동작 분류기의 결과 정보를 이용해서 사람의 동작을 정확하게 인식하는 인식률은 차후에 구현하게 될 사람 동작 인식기의 성능에 좌우된다.

### 4. 결론 및 향후 연구 과제

여태까지 사람의 비언어적 행동을 분석하기 위한 목적으로서 사람 동작 인식기의 전처리 단계의 구현

에 관한 부분을 소개하였다. 사람의 몸을 구성하는 각 몸 구성성분들의 움직임을 정확하게 식별할 수 있는 사람 동작 프리미티브 패턴 분류기의 구현 방법과 결과를 보여 비언어적 행동 분석을 위한 사람 동작 인식기 개발 가능성을 보였다.

앞으로 이 결과를 이용하여 정확하게 사람의 동작을 인식할 수 있는 효율적인 인식방법을 연구, 개발하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 오영환, "패턴인식론", 정익사, 1991
- [2] 조경은, 조영원, 조형제, "유한 오토마타를 이용한 사람 동작 시뮬레이션 편집기 개발에 관한 연구", 1999년 한국정보처리학회 추계학술발표논문집 제6권 제2호, pp. MM135-MM139
- [3] K. Cho, H. Cho, "Erkennung von Koerperbewegungen", Multimedia Tagungsband, Gabler-Verlag, 1999, pp. 211-231
- [4] S. Frey, H.P. Hirsbrunner, J. Pool & W. Daw, "Das Berner System zur Untersuchung nonverbaler Interaktion", P. Winkler Edition. Methoden der Analyse von Face-to-Face-Situationen, Stuttgart, Metzler, 1981, pp. 203-236
- [5] K.S. Fu, "Syntactic Methods in Pattern Recognition", Academic Press, 1974, pp.53-54
- [6] O. Munkelt, C. Ridder, D. Hansel, W. Hafner, "A model driven 3D image interpretation system applied to person detection in video images", 14'th ICPR 1998, pp. 70-73
- [7] Y. Nam, K. Wohn, "Recognition of hand gestures with 3D, nonlinear arm movement", Pattern Recognition Letters 18 (1997), pp. 105-113