퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2001, Vol. 11, No. 4, pp. 311-314

범용 지능 모델을 위한 다치 오토마타

MVL-Automata for General Purpose Intelligent Model

김두완 · 이경숙 · 최경옥 · 정환묵
Doo-Ywan Kim, Kyung-Sook Lee, Kyung-ok Choi and Hwan-Mook Chung

대구가톨릭대학교 컴퓨터 정보통신공학부

요 약

최근 지능 정보 처리에 대한 연구가 여러 분야에서 활발히 진행되고 있으며, 불확실하고 복잡한 동적 환경에서도 적응할 수 있도록 그 영역을 확장해 가고 있다.
본 논문에서는 다치 논리함수의 차분의 성질을 이용하여 동적 환경에 적응할 수 있는 다치 오토마타 모델을 제시하였다. 즉, 입력 스트링을 다치 함수의 치에 사상시키고, 다치 함수의 차분의 성질을 상태의 전이에 적용시켜 동적 변화에 자율적으로 적응할 수 있도록 하였다. 따라서, 다치 오토마타는 동적으로 변화하는 환경을 모델링 하는데 광범위하게 응용될 수 있을 것이다.

Abstract

Recently, research on Intelligent Information Process has actively been under way in various areas and gradually extended to be adaptive to uncertain and complex dynamic environments.
This paper presents a Multiple Valued Logic Automata(MVL-Automata) Model, utilizing properties of difference in a Multiple Valued Logic function. That is, MVL-Automata is able to be autonomously adapted to dynamic changing since an input string is mapped to the value of a Multiple Valued Logic function and the property of difference in a Multiple Valued Logic function is applied to state transition. Therefore, Multiple Valued Logic Automata can be widely applied to the modeling dynamically of changing environments.

Key Word : Automata, MVL.

1. 서 론

오토마타는 수학적으로 추상화된 기계로 순차적이고 전기적인 회로의 특성을 모델링 하는데 사용되면서 그 응용의 범위가 점차 확대되어 컴퓨터 게임, 인공지능, 기계처리, 신경시스템 동작, 그리고 로봇 이동 시스템 동작과 같은 행동 상황과 지능 시스템을 모델링 하는데 사용된다[1,2].

본 논문에서는 다치 논리함수를 이용하여 지능시스템을 모델링 하는데 이용될 수 있는 다치 오토마타(MVL : Multiple Valued Logic Automata) 모델을 제안한다.

또한 다치 오토마타는 다치 논리함수의 미분의 성질을 이용하여 입력 스트링의 변화를 외부 환경의 변화로 보고 입력에 따른 환경의 변화를 상태의 전이에 사상시켜 동적인 환경 변화에 적응할 수 있는 모델을 제안하였다. 따라서 이 모델은 자동 추론, 화상 인식, 음성 인식, 지능 시스템의 설계 및 해석, 고장 진단 등의 모델링에 광범위하게 활용될 수 있을 것이다.

접수일자 : 2001년 05월 19일
완료일자 : 2001년 07월 31일

2. 오토마타

2.1 유한 오토마타

오토마타는 다음과 같이 다섯 가지로 구성된다.

$M = (Q, q_0, I, \delta, F)$

Q:상태들의 공집합이 아닌 유한집합

q_0 : $q_0 \in Q$인 초기 상태

I:입력 알파벳으로서 공집합이 아닌 유한집합

δ: $Q \times I \rightarrow Q$로 정의되는 전이 함수

F: $F \subseteq Q$인 최종 상태들의 집합

$\delta(q, a, q') = 1$은 상태 q에서 q'로의 화살표가 a에 의해 존재하며, $\delta(q, a, q') = 0$이면 q에서 q'로 b라고 이름 붙여진 화살표가 없음을 의미한다. 여기서 q는 원시 상태(source state)라 하고, q'는 목표 상태(destination state)라 한다. 또 $f(q) = 1$이면 상태 q가 최종 상태임을 의미하고 $f(q) = 0$이면 q는 최종 상태가 아님을 의미한다[3,4].

결정적 유한 오토마타는 어떤 상태에서 한 개의 입력 기호에 대하여 한 개의 다음 상태를 갖는 유한 오토마타를 말하며, 비결정적 오토마타는 어떤 상태에서 주어진 입력 기호를 보고 갈 수 있는 다음 상태가 하나 이상 존재할 수 있는 유한 오토마타를 말한다. 결정적 오토마타는 비결정적 오토마타의 특별한 형태로, 임의의 고정된 상태 q와 입력 a에 대

해 목표 상태 q'가 단지 하나가 존재하는 비결정적 오토마타이다.

즉, q'는 주어진 상태 q와 a에 대한 $\delta(q,\ a,\ ,q') = 1$인 유일한 상태이다[3, 4].

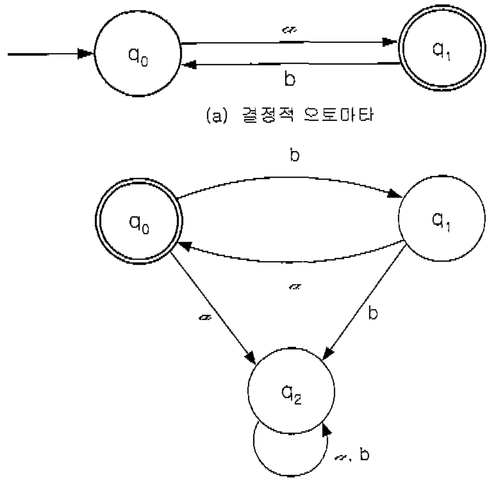

그림 1. 결정적 오토마타와 비결정적 오토마타
Fig. 1. Deterministic Automata and Nondeterministic Automata

2.2 다치 논리함수의 변화

다치 논리함수 $f(X_1, \cdots, X_i, \cdots, X_n)$에서 다치 변수 X_i의 값을 a에서 b로 변화시켰을 때 함수 f의 값의 변화를 다치 논리함수로의 차분이라 하고, $f'X_i(a,\ b)$ 또는 $f'X_i(b)|\ X_i = a$로 표시한다[3,4,5].

$$f'X_i(a,\ b) = f(X_i(a)) \oplus f(X_i(b))$$

$$= f(X_1,\ \cdots,\ a,\ \cdots,\ X_n) \oplus f(X_1,\ \cdots,\ b,\ \cdots,\ X_n) \quad (1)$$

3. 다치 오토마타 모델

다치 오토마타(MVL-Automata) 모델을 다음과 같이 정의한다.

$$f = a_i \Sigma \overset{k_ik_j}{X_i} \overset{k_ik_j}{X_j} \quad (2)$$

(단, $i, j \in 1, 2, \ldots, n$)

예를 들어, 다음과 같은 상태표를 가정한다.

MVL-Automata는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 오토마톤은 입력(외부 환경) 스트링의 값, 상황(상태) 및 풀력(행동)으로 나타낸다.

표 1의 진리표를 다치 논리함수에 의해 표현하고 다치변수 값의 변화에 따라 다치 논리함수의 변화를 유도하여 그 결과를 해석하면 다음과 같다.

다치 논리함수를 사용하여 표1을 만족하는 식으로 표현하면 식(3)과 같다.

표 1. 다치 오토마타 상태표
Table 1. Truth table of MVL-Automata

X_2 \ X_1	a	b	c
a	α_2	α_2	α_1
b	α_0	α_2	α_0
c	α_0	α_2	α_2

$$f = \alpha_0\left(\overset{aa}{X_1}\overset{bc}{X_2} + \overset{\overline{bb}}{X_1}\overset{hh}{X_2}\right) + \alpha_1\left(\overset{cc}{X_1}\overset{aa}{X_2}\right) + \alpha_2\left(\overset{ab}{X_1}\overset{aa}{X_2} + \overset{hh}{X_1} + \overset{bc}{X_1}\overset{cc}{X_2}\right) \quad (3)$$

입력 변수 X_1의 값이 a에서 c로 변할 때 그 변화를 식으로 표현하면 식 (4)와 같다.

$$f'X_1(a,c) = \left\{\alpha_0\overset{hc}{X_2} + \alpha_2\overset{aa}{X_2}\right\} \oplus \left\{\alpha_0\overset{bb}{X_2} + \alpha_1\overset{aa}{X_2} + \alpha_2\overset{cc}{X_2}\right\} \quad (4)$$

입력인 X_2의 값을 고정시키고, 입력인 X_1의 값을 변하였을 때의 경우와 반대로 X_1(입력)을 고정시키고 X_2의 값이 변할 때의 결과를 해석하면 다음과 같다.

$X_2 = a$인 경우
$f'X_1(a,\ c) = a_2 \oplus a_1$: a_2에서 a_1상태로의 변화를 나타낸다.

$X_2 = b$ 인 경우
$f'X_1(a,\ c) = a_0 \oplus a_0$: f는 변화하지 않고 그 상태를 유지한다.

$X_2 = c$ 인 경우
$f'X_1(a,\ c) = a_0 \oplus a_2$: a_0에서 a_2상태로의 변화를 나타낸다.

4. 지능 모델의 적용 예

오토마타를 기호 논리 함수에 대한 변화의 성질을 이용하여 전이 과정과 입력 문자열 σ에 대한 인식여부를 결정적 오토마타와 비결정적 오토마타로 나누어 해석할 수 있으나, 본 논문에서는 결정적 오토마타에 관하여 해석한다.

$Q=\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$, $q_0 =$ 초 기 상 태 , $I=\{a,b,c\}$. $f(q_3)=0$, $f(q_0) = f(q_1) = f(q_2) = 1$이므로 q_0, q_1, q_2가 최종상태(인식상태)이다.

$\delta(q_0,\ b,\ q_0) = \delta(q_0,\ c,\ q_0) = \delta(q_0,\ a,\ q_1) = \delta(q_1,\ a,\ q_1) =$ $\delta(q_1,\ c,\ q_0) = \delta(q_1,\ b,\ q_2) = \delta(q_2,\ a,\ q_1) = \delta(q_2,\ b,\ q_0) =$ $\delta(q_2,\ c,\ q_3) = \delta(q_3,\ b,\ q_3) = \delta(q_3,\ c,\ q_3) = \delta(q_3,\ a,\ q_0) = 1$이고, 나머지 전이 함수 값들은 0이다.

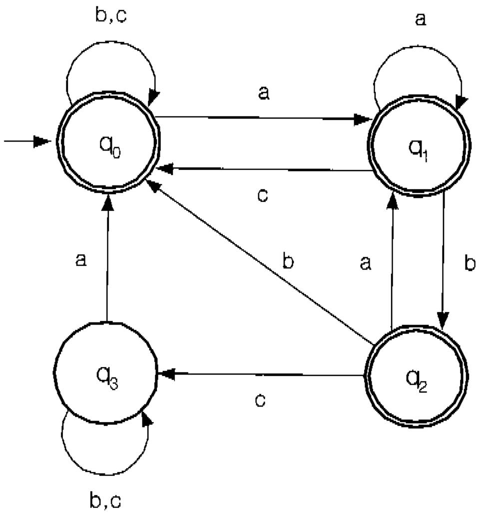

그림 2. 유한 오토마타 α_0
Fig. 2. Finite Automata α_0

표 2는 그림 2에서 고려한 오토마타 α_0를 상태표로 나타낸 것이다.

표 2. α_0 의 상태표
Table 2. Truth table of α_0

X_1 (input) / X_2 (state)	a	b	c
q_0	q_1	q_0	q_0
q_1	q_1	q_2	q_0
q_2	q_1	q_0	q_3
q_3	q_0	q_3	q_3

$$f = q_0\left(\overset{\overline{aa}}{X_1}\,\overset{q_0q_0}{X_2}+\overset{cc}{X_1}\,\overset{q_0q_1}{X_2}+\overset{bb}{X_1}\,\overset{q_2q_2}{X_2}+\overset{aa}{X_1}\,\overset{q_3q_3}{X_2}\right)+q_1\left(\overset{aa}{X_1}\,\overset{q_0q_1}{X_2}+\overset{aa}{X_1}\,\overset{q_1q_2}{X_2}\right)$$
$$+q_2\left(\overset{bb}{X_1}\,\overset{q_1q_1}{X_2}\right)+q_3\left(\overset{cc}{X_1}\,\overset{q_2q_3}{X_2}+\overset{bc}{X_1}\,\overset{q_3q_3}{X_2}\right) \tag{5}$$

(1) 특정상태에서의 입력변화에 따른 상태변화

어느 특정 상태에서 입력 변화에 따라 전이되는 다음 상태로 전이되는 것을 기호 다치 논리식의 변화로 알 수 있다. 식 (6)으로부터 입력 a에서 입력 c로 바뀔 경우 어느 특정상태에서의 상태변화를 알 수 있다.

$$f'X_1(a,c)=\left\{q_0\left(\overset{q_3q_3}{X}{}_2\right)+q_1\left(\overset{q_0q_1}{X}{}_2\right)+q_1\left(\overset{q_1q_2}{X}{}_2\right)\right\}$$
$$\oplus\left\{q_0\left(\overset{q_0q_0}{X}{}_2\right)+q_0\left(\overset{q_0q_1}{X}{}_2\right)+q_3\left(\overset{q_2q_3}{X}{}_2\right)+q_3\left(\overset{q_3q_3}{X}{}_2\right)\right\} \tag{6}$$

$X_2 = q_0$인 경우 $\quad q_1 \oplus q_0$ · · · ①

$X_2 = q_1$인 경우 $\quad q_1 \oplus q_0$ · · · ②

$X_2 = q_2$인 경우 $\quad q_1 \oplus q_3$ · · · ③

$X_2 = q_3$인 경우 $\quad q_0 \oplus q_3$ · · · ④

①은 상태 q_0에서 a를 읽으면 상태 q_1로 전이되며 c를 읽으면 q_0로 전이됨을 의미하고 ②는 상태 q_1에서 a를 읽으면 상태 q_1로, c를 읽으면 q_0로 전이됨을 의미한다. 그리고 ③은 상태 q_2에서 a를 읽으면 상태 q_1으로, c를 읽으면 q_3로 전이됨을 의미한다. ④는 상태 q_3에서 a를 읽으면 상태 q_0로, c를 읽으면 q_3로 전이됨을 의미한다.

(2) 연속 입력 문자열에 의한 상태 변화

오토마타 α_0의 입력 문자열 σ가 $abca$인 경우 상태 변화에 대한 논리식은 다음과 같다.

$$f'(a,b,c,a)=\left\{q_0\left(\overset{q_3q_3}{X_2}\right)+q_1\left(\overset{q_0q_1}{X_2}\right)+q_1\left(\overset{q_1q_2}{X_2}\right)\right\}$$
$$\oplus\left\{q_0\left(\overset{q_2q_2}{X_2}\right)+q_2\left(\overset{q_1q_1}{X_2}\right)+q_3\left(\overset{q_3q_3}{X_2}\right)\right\}$$
$$\oplus\left\{q_0\left(\overset{q_0q_0}{X_2}\right)+q_0\left(\overset{q_0q_1}{X_2}\right)+q_3\left(\overset{q_2q_3}{X_2}\right)+q_3\left(\overset{q_3q_3}{X_2}\right)\right\}$$
$$\oplus\left\{q_0\left(\overset{q_3q_3}{X_2}\right)+q_1\left(\overset{q_0q_1}{X_2}\right)+q_1\left(\overset{q_1q_2}{X_2}\right)\right\} \tag{7}$$

$$q_0 \overset{abca}{\Rightarrow} q_1 \oplus q_2 \oplus q_3 \oplus q_0 \tag{8}$$

식 (7)로부터 초기 상태 q_0가 a의 입력을 받아 상태 q_1로, q_1에서 다시 b를 받아 q_2로, q_2에서 c를 받아 q_3로, q_3에서 a를 받아 q_0로 전이됨을 알 수 있다. 마지막 상태인 q_0가 최종 상태이기 때문에 이 입력 문자열은 승인된다.

5. 결 론

본 논문에서는 다치 논리 함수를 이용하여 오토마타를 구성한 다치 오토마타 모델을 제안하였다.

또한, 오토마타를 다치 논리 함수에 사상시켜 Modulo-M 수체계를 바탕으로 한 다치 논리함수의 차분을 이용하여 동적 환경에 적용할 수 있는 방법을 제안하였다.

즉, 입력 스트링을 다치 함수의 치에 사상시키고, 다치 함수의 차분의 성질을 이용하여 상태의 전이에 사상시켜 동적 변화에 자율적으로 적응할 수 있도록 하였다.

따라서, 본 논문에서 제시한 동적 오토마타 모델은 자동추론, 지능 시스템의 설계와 해석 및 고장진단 등에 광범위하게 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] E.R. Dougherty and C.R. Giardina, "Mathematical Methods for Artificial Intelligence and Autonomous Systems," *Prentice-Hall, Inc.*, 1988.
[2] V. Drobot, "Formal Languages and Automata Th-

eory," *Computer science Press.*, 1989.
[3] 정환묵, "다치 논리 함수의 구조 해석과 전개," 한국정보과학회지, vol. 13, no. 3, pp. 155-166, 1986.8.
[4] 손병성, 정환묵, "기호 다치 논리 함수를 이용한 적응 오토마타," *한국 퍼지 및 지능 시스템 학회, 제 6 권 제4호*, 1996. 12.
[5] 정환묵, "Fuzzy 논리함수의 구조적 성질을 이용한 자동 규칙 생성," 한국 퍼지 및 지능시스템 학회, vol. 2, no. 4, pp. 10-16, 1992. 12.
[6] G.D. Bruce and K.S. Fu, "A model for finite-state probabilistic system," Proc.1st Ann. Allerton Conf. Circuit and System Theory, 1963.
[7] Franceso Romani, "Cellular Automata Synchronization," *Information Sciences 10*, pp. 299-318, 1976.

저 자 소 개

정 환 묵
10권4호 2000년 8월 참조

김 두 완
1997년 2월 : 경남대학교 수학과(이학사)
1999년 2월 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 (이학석사)
2001년 3월 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 박사과정수료

관심분야 : 퍼지, 신경망, 러프이론, 다치논리

이 경 숙
1985년 2월 : 영남대학교 수학과(이학사)
1990년 8월 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 (이학석사)
2001년 현재 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 박사과정 재학중

관심분야 : 오토마타, 신경망, 퍼지이론, 전자상거래

최 경 옥
1997년 2월 : 대구가톨릭대학교
전자계산학과(이학사)
1999년 2월 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 (이학석사)
2001년 현재 : 대구가톨릭대학교
전산통계학과 박사과정 재학중

관심분야 : 정보검색, 퍼지이론, 러프이론, 오토마타