범용 지능 모델을 위한 다치 오토마타

MVL-Automata for General Purpose Intelligent Model

김두완, 이경숙, 최경옥, 정환묵
대구가톨릭대학교 컴퓨터 정보통신공학부
Kim Doo Ywan, Lee Kyung Sook, Choi Kyung ok, Chung Hwan Mook
Faculty of Computer Information & Communication,
Catholic University of Taegu

ABSTRACT

최근 지능 정보 처리에 대한 연구가 여러 분야에서 활발히 진행되고 있으며, 불확실하고 복잡한 동적 환경에 적응할 수 있는 계산 모델로 점차 영역을 확장해 가고 있다.

따라서, 본 논문에서는 다치 논리함수의 차분의 성질을 이용한 다치 오토마타 모델을 제시한다. 즉, 입력 스트링 상태를 다치 함수의 치에 사상시키고, 다치 함수의 차분의 성질을 이용하여 상태의 전이에 적용시켜 동적 변화에 자율적으로 적응할 수 있도록 하였다. 그러므로 다치 오토마타는 동적으로 변화하는 시스템을 모델링 하는데 광범위하게 응용될 수 있을 것이다.

Keyword : Automata, MVL.

1. 서론

오토마타는 수학적으로 추상화된 기계로 순차적이고 전기적인 회로의 특성을 모델링 하는데 사용되면서 그 응용의 범위가 점차 확대되어 컴퓨터 게임, 인공지능, 기계처리, 신경 시스템 동작, 그리고 로봇 이동 시스템 동작과 같은 행동 상황과 지능 시스템을 모델링 하는데 사용된다[2,3].

본 논문에서는 다치 논리함수를 이용한 다치 오토마타(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.

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

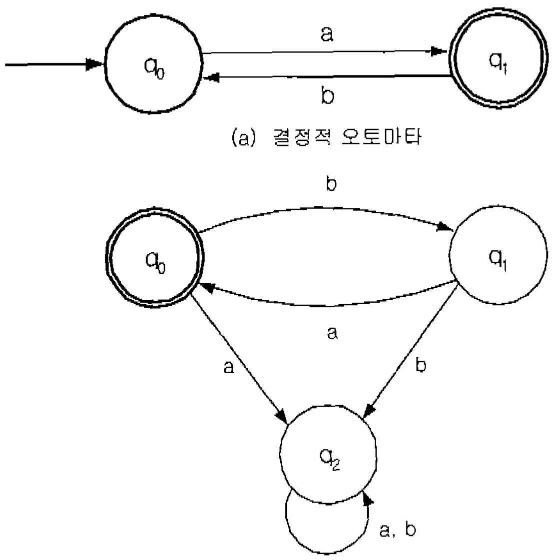
δ : $Q \times I \rightarrow Q$로 정의되는 전이 함수

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[1,7].

결정적 유한 오토마타는 어떤 상태에서 한 개의 입력 기호에 대하여 한 개의 다음 상태를 갖는 유한 오토마타를 말하며, 비결정적 오토

마타는 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 대해 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[1,7].



(a) 결정적 오토마타
(b) 비결정적 오토마타

그림 1. 결정적 오토마타와 비결정적 오토마타

2.2 다치 논리함수의 변화

다치 논리함수의 $f(X_1,\cdots,X_i,\cdots,X_n)$에서 다치 변수 X_i의 값을 a에서 b로 변화시켰을 때 함수 f의 값의 변화를 다치 논리함수로의 차분(변화)이라 하고, $f'X_i(\mathrm{a}, b)$ 또는 $f'X_i(b)|\ X_i = \mathrm{a}$ 로 표시한다[6].

$$\begin{aligned} f'X_i(\mathrm{a}, b) &= f(X_i(\mathrm{a})) \oplus f(X_i(b)) \\ &= f(X_1,\cdots,\mathrm{a},\cdots,X_n) \qquad (1) \\ &\quad \oplus f(X_1,\cdots,b,\cdots,X_n) \end{aligned}$$

3. 다치 오토마타 모델 및 성질 해석

다치(MVL:Multiple Valued Logic) 오토마타 모델을 다음과 같이 정의한다.

$$f = \alpha_i \sum \overset{k_ik_j}{X_i}\ \overset{k_ik_j}{X_j} \qquad (2)$$

(단, $i,j \in 1,2,\ldots,n$)

예를 들어, 다음과 같은 상태표를 가정한다.

[표 1] 상태표

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

MVL-Automata는 다음과 같이 나타내어진다. 오토마톤은 입력(외부 환경) 스트링의 값, 상황(상태) 및 출력(행동)으로 나타내어진다.

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

다치 논리함수를 사용하여 [표 1]을 만족하는 식으로 표현하면 (식 3)과 같다.

$$f = \alpha_0(\overset{aabc}{X_1X_2} + \overset{\overline{bb}\ bb}{X_1X_2}) + \alpha_1(\overset{cc\ aa}{X_1X_2}) + \alpha_2(\overset{abaa}{X_1X_2} + \overset{bb}{X_1} + \overset{bccc}{X_1X_2}) \qquad (3)$$

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

$$f'X_1(\mathrm{a},\mathrm{c}) = \{\alpha_0\overset{bc}{X_2} + \alpha_2\overset{aa}{X_2}\} \oplus \{\alpha_0\overset{bb}{X_2} + \alpha_1\overset{aa}{X_2} + \alpha_2\overset{cc}{X_2}\} \qquad (4)$$

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 = a인 경우

$f'X_1(\mathrm{a}, c) = \alpha_2 \oplus \alpha_1$: α_2에서 α_1상태로의 변화를 나타낸다.

$X_2 = b$ 인 경우

$f'X_1(\mathrm{a}, c) = \alpha_0 \oplus \alpha_0$: f는 변화하지 않고 그 상태를 유지한다.

$X_2 = c$ 인 경우

$f'X_1(\mathrm{a}, c) = \alpha_0 \oplus \alpha_2$: α_0에서 α_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 논문에서 결정적 오토마타에 관하여 해석한다.

$Q=\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$, q_0=초기상태, $I=\{a,b,c\}$.

$f(q_3)=0$, $f(q_0)=f(q_1)=f(q_2)=1$이므로 q_0, q_1, q_2가 최종상태(인식상태)이다.

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

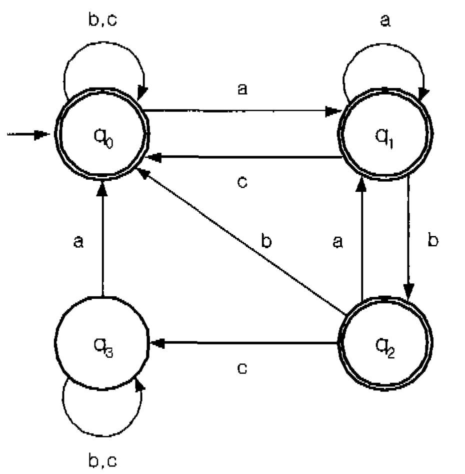


그림 2. 유한 오토마타 α_0

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

[표 2] α_0의 상태표

X_2 (state) \ X_1 (input)	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

$$f = q_0(\overset{\bar{a}\bar{a}q_0q_0}{X_1X_2}+\overset{ccq_0q_1}{X_1X_2}+\overset{bbq_2q_2}{X_1X_2}+\overset{aaq_3q_3}{X_1X_2}) + q_1(\overset{aaq_0q_1}{X_1X_2}+\overset{aaq_1q_2}{X_1X_2})$$

$$+ q_2(\overset{bbq_1q_1}{X_1X_2}) + q_3(\overset{ccq_2q_3}{X_1X_2}+\overset{bcq_3q_3}{X_1X_2}) \qquad (5)$$

(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.

$$f'X_1(a,\ c)=\{ q_0(\overset{q_3q_3}{X_2}) + q_1(\overset{q_0q_1}{X_2}) + q_1(\overset{q_1q_2}{X_2})\}$$

$$\oplus\ \{ q_0(\overset{q_0q_0}{X_2}) + q_0(\overset{q_0q_1}{X_2}) + q_3(\overset{q_2q_3}{X_2}) + q_3(\overset{q_3q_3}{X_2}) \qquad (6)$$

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

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

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

$X_2 = q_3$인 경우 $q_0 \oplus q_3$ · · · 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 읽으

면 상태 q_0로, c를 읽으면 q_3로 전이됨을 의미한다.

(2) 연속 입력 문자열에 의한 상태 변화

오토마타 α_0의 입력 문자열 σ가 abca인 경우 상태 변화에 대한 논리식은 다음과 같다.

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

$$q_0 \overset{abca}{\Rightarrow} q_1 \oplus q_2 \oplus q_3 \oplus q_0 \qquad (8)$$

(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. 결론

본 논문에서는 오토마타를 하나의 다치 논리 함수로 구성하고, Modulo-M 수체계를 바탕으로 한 다치 논리함수의 미분을 이용한 다치 오토마타 모델을 제안하고 그 상태 변화의 성질을 해석하였다.

본 논문에서는 다치 논리함수의 차분의 성질을 이용한 다치 오토마타 모델을 제시하였다. 즉, 입력 스트링 상태를 다치 함수의 치에 사상시키고, 다치 함수의 차분의 성질을 이용하여 상태의 전이에 적용시켜 동적 변화에 자율적으로 적응할 수 있도록 하였다.

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

6. 참고문헌

[1] 정환묵, "다치 논리 함수의 구조 해석과 전개," 한국정보과학회지, Vol. 13, No. 3, pp.155-166, 1986.8.

[2] Franceso Romani, "Cellular Automata Synchronization," Information Sciences 10, pp. 299-318, 1976.

[3] E.R. Dougherty and C.R. Giardina, *"Math -ematical Methods for Artificial Intelligence and Autonomous Systems,"* Prentice-Hall, Inc., 1988.

[4] V. Drobot, *"Formal Languages and Automata Theory,"* Computer science Press., 1989.

[5] G.D. Bruce and K.S. Fu, "A model for finite-state probabilistic system," Proc.1st Ann. Allerton Conf. Circuit and System Theory, 1963.

[6] 정환묵, "Fuzzy 논리함수의 구조적 성질을 이용한 자동 규칙 생성," 한국퍼지및지능시스템학회, Vol. 2, No. 4, pp.10-16, 1992.12.

[7] 손병성, 정환묵, "기호 다치 논리 함수를 이용한 적응 오토마타," 한국퍼지및지능시스템학회, 제 6권 제4호, 1996. 12.