다치 함수의 차분을 이용한 상황 인식 모델 및 응용

A Context Aware Model and It's Application Using Difference of Multiple-Valued Logic Functions

고현정[1], 정환묵[2]

[1] 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부
E-mail: khj7232@chol.net
[2] 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부
E-mail: hmchung@cu.ac.kr

요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 핵심적인 요소 기술인 상황인식 시스템을 실현하기 위해 이에 필요한 상황정보를 수집하는데 점차 센서의 활용과 응용분야가 확대되고 있다. 상황인식 서비스는 센서로부터 수집된 상황정보의 수집 및 교환을 통해 인식하고, 해석 및 추론 과정을 거쳐 사용자에게 상황에 적절한 서비스를 제공하는 것으로 매장, 의료, 교육 등의 응용분야에서 많이 연구되고 있다.

본 논문에서는 Boole 함수 및 다치 논리함수의 미분을 이용하여 유비쿼터스 환경 하에서 주변 상황 등을 인식하는 방법과 그 인식 결과를 해석하고 주변상황의 변화에 따른 적절한 서비스를 제공하는 모델을 제안하고 적용 예를 통하여 확인한다.

Key Words : 상황인식, 다치함수

1. 서 론

인간의 활동상황을 알기위한 기술로서 센서 네트워크에서 센서정보의 수집과 센서 정보에서의 상황 정보 처리 및 상황에 따라 서비스를 제공하는 상황 인식 시스템에 관하여 집중적으로 연구되고 있다.

상황은 이동통신기기 및 환경 속에 내재되어 있는 기기와 같이 사용자에게 서비스를 제공할 때 관련된 모든 정보로서 이러한 정보를 자동적으로 시스템이 감지하여 사용자의 현재 상황에 따라 적절한 정보 혹은 서비스를 제공할 수 있는 시스템이 상황인식 시스템(context-aware system)이라고 할 수 있다. 이러한 시스템은 유비쿼터스 컴퓨팅 시스템의 필수적인 기능으로 인식되고 있으며, 여러 응용 서비스의 요소기술 중의 하나이다.

본 논문에서는 Boole 함수 및 다치 논리 함수의 미분을 이용하여 유비쿼터스 환경 하에서 주변 상황 등을 인식하는 방법과 그 인식결과를 해석하여 주변 환경 변화에 따른 적절한 서비스를 제공하는 방법을 제안하였다. Boole 함수의 미분과 그 개념을 확장한 다치 논리 함수의 차분과 구조적 성질을 상황인식에 적용하였다. 이러한 성질을 이용하여 위치와 환경의 변화의 상태 변화에 따라 적절한 서비스를 생성하여 생성된 규칙(서비스)를 자동적으로 제공할 수 있다. 이와 같은 성질을 이용하면 유비쿼터스 환경 하에서 다양한 상황인식을 모델링하는 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 이 모델은 상황인식의 헬스케어 홈서비스, 매장의 상황인식, 모바일 로봇 등 상황인식시스템의 설계 및 해석 등의 모델링에 광범위하게 활용될 수 있을 것이다.

2. 관련 연구

2.1 Boole 함수의 기본정의

본 논문에서는 먼저, M(Modulus-M)에 관한 기본 사항을 다음과 같이 정의한다[1].

① $A \oplus B = \overline{A} \oplus \overline{B}$

② $A \ominus B = \overline{A} \oplus (-1) \overline{B}$

③ $A + B = \max(A, B)$

④ $A \cdot B = \min(A, B)$

⑤ $A' = P \ominus A \ (P = M \ominus 1)$

⑥ $$\overset{\alpha\beta}{X} = \begin{cases} P & (\alpha \le X \le \beta) \\ 0 & (\alpha > X \; or \; X < \beta) \end{cases}$$

2.2 Boole 함수의 미분의 정의

Boole 함수의 미분은 다음과 같이 정의한다[2].

[정의1]

$$\frac{df(x)}{dx} = f(x) \oplus f(x') \qquad (1)$$

이 정의에서 x 의 변화는 x 에서 x'로 된다. 이것은 $dx = \triangle x = x \oplus x' = 1$을 의미하고 $df(x) = \triangle f(x) = f(x) \oplus f(x')$으로 되며 Boole 대수에서와 같은 불연속 함수에서는 극한 개념은 존재하지 않고 $dx = \triangle x = 1$이다.

[정의2]

$f(x_1, \cdots, x_n)$이 n개의 변수 $x_1, \cdots, x_n$의 Boole 함수일 때 $x_i (1 \le i \le n)$ 에 대한 f의 편미분은 다음과 같이 정의한다.

$$\frac{\partial f}{\partial X i} = f(x_1, \cdots, x_i, \cdots x_n) \oplus f(x_1, \cdots, x_i \qquad (2)$$
$$= f(x_1, \cdots, 1, \cdots x_n) \oplus f(x_1, \cdots, 0$$

[정의3]

함수 $f(x_1, \cdots, x_n)$의 다중 편미분은 다음과 같이 정의한다.

$$\frac{\partial^m f}{\partial x_1 \partial x_2 \cdots \partial x_m} = \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{\partial}{\partial x_2}\left(\cdots\left(\frac{\partial f}{\partial x_m}\right)\cdots\right)\right)$$
(3)

2.3 다치 함수의 미분의 정의

[정의 4]

다치 논리 함수 $f(x)$에 대한 차분을 다음과 같이 정의한다[3].

$$df(x) = \frac{\triangle f(x)}{\triangle x} \cdot \triangle x = f(\widetilde{x}) \ominus f(x) \qquad (4)$$

$(\widetilde{x} = x \oplus 1)$

[정의 5]

다치 논리 함수의 한 다치 변수 $x_i (x_i \oplus a) \ominus x_i = a$를 다치 변수 x_i 의 증분이라 한다.

[정의 6]

다치 논리 함수 f의 편차분 $dx_i(a)f$를 다음과 같이 정의한다.

$$dx_i(a)f = f(x_1, \cdots, x_i \oplus a, \cdots, x_n) \ominus f(x_1, \cdots, x_i, \cdots x_n)$$
(5)

[정의 7]

$$dx_{i(\alpha,\beta)} f = dx_{i(\beta \ominus \alpha)} f(x) \,|\, x_{i=a}$$
(6)

[정의 8]

$$dx_{i(\alpha,\beta)} = f(x_1, \cdots, \beta, \cdots x_n) \ominus f(x_1, \cdots, \alpha, \cdots x_n)$$
(7)

$$= \left[\begin{array}{c} \overset{00}{x_i}(\alpha \oplus \beta \ominus \alpha) f(x_1, \cdots, 0, \cdots x_n) \\ \oplus \overset{11}{x_i}(\beta) f(x_1, \cdots\cdots, 1, \cdots\cdots x_n) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \oplus \overset{PP}{x_i}(\beta) f(x_1, \cdots\cdots, P, \cdots\cdots x_n) \end{array} \right]$$

$$\ominus \left[\begin{array}{c} \overset{00}{x_i}(\alpha) f(x_1, \cdots, 0, \cdots x_n) \\ \oplus \overset{11}{x_i}(\alpha) f(x_1, \cdots, 1, \cdots x_n) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \oplus \overset{PP}{x_i}(\alpha) f(x_1, \cdots, P, \cdots x_n) \end{array} \right]$$

$$= \overset{\beta\beta}{x_i}(\beta) f(x_1, \cdots, \beta, \cdots, x_n)^{\alpha\alpha}$$
$$\ominus x_i(\alpha) \; f(x_1, \cdots, \alpha, \cdots, x_n)$$
$$= p \cdot f(x_1, \cdots, \beta, \cdots, x_n)$$
$$\ominus p \cdot f(x_1, \cdots, \alpha, \cdots, x_n)$$
$$= f(\beta) - f(\alpha)$$

2.4 다치 논리함수의 변화 및 성질

다치 논리 함수 $f(x_1, \cdots, x_i, \cdots x_n)$에서 다치 변수 x_i의 값을 a에서 b로 변화시켰을 때 함수 f의 값의 변화를 다치 논리 함수의 변화라 하고, $fx_i(a,b)$ 또는 $fx_i(b) \,|\; _{X_{i=a}}$ 로 표시한다[3].

$$fx_i(a,b) = f(x_i(a)) \oplus f(x_i(b)) \qquad (8)$$
$$= f(x_1, \cdots, a, \cdots x_n) \oplus f(x_1, \cdots, b, \cdots x_n$$

· 다치 논리 함수의 변화에 따른 성질의 해

석

다음 진리표를 만족하는 다치 논리 함수의 식을 나타내고, 다치 변수가 a에서 c로 변화했을 때($x_1(a, c)$) 그 결과가 의미하는 것을 보면 다음과 같다[3].

표 1. 진리표

x_2 \ x_1	a	b	c
a	c	c	b
b	a	c	a
c	a	c	c

위의 표를 논리식으로 표현하면 다음과 같다.

$$f = a(x_1^{aa} x_2^{bc} + x_1^{\overline{bb}} x_2^{bb}) + b(x_1^{cc} \cdot x_2^{aa}) \\ + c(x_1^{aa} x_2^{aa} + x_1^{bb} + x_1^{bc} x_2^{cc}) \qquad (9)$$

다치논리 함수의 차분을 이용한 함수의 변화는 식 (9)와 같다.

$$f x_1(a, c) = \{a(x_2) + \overset{bc}{c}(x_2)\} \overset{aa}{\oplus} \{a x_2 + \overset{bb}{b} x_2 \qquad (10)$$

다치 함수의 차분을 이용한 결과식의 성질을 해석하면 다음과 같다.

$x_2 = a$일 때 ; $f x_1(a, c) = c \oplus b$
즉, c와 b의 배타적인 상태간의 변화로 $c \rightarrow b$로의 변화를 나타내고 있다.

$x_2 = b$일 때 ; $f x_1(a, c) = a \oplus a = \phi$
즉, f는 변화하지 않음을 의미하고 있다.

$x_2 = c$일 때 ; $f x_1(a, c) = a \oplus c$
즉, a에서 c상태로의 변화를 나타내고 있다.

3. 다치함수를 이용한 상황인식

상황 정보 모델을 다음과 같이 정의한다.

$$F_i = \alpha_{ij} \sum X_i^{k_i k_j} X_j^{k_i k_j} \qquad (11)$$

단, $i, j \in 1, 2, \cdots, n$

X_2(환경정보) \ X_1(위치정보)	a	b	c
a	α_{11}	α_{12}	α_{13}
b	α_{21}	α_{22}	α_{23}
c	α_{31}	α_{32}	α_{31}

단, α_{ij}는 상황인식에 의한 서비스

각 지점의 다양한 센서의 위치 정보를 x_n이라 하면 임의 지점의 상황 정보의 변화 x_i는 다음 식으로 주어진다[4].

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = f(x_1, \cdots x_i \cdots x_n) \ominus f(x_1 \cdots x'_i \cdots x_n) \\ = x_i \oplus x'_i$$

3.1 장소 이동에 따른 위치의 클러스터화

위치 센서에서 입력된 값을 무한 다치 함수의 각 치에 대응시키고 위치의 변경을 치에 대응시켜 사상시키면 식 (12)로 나타낼 수 있다.

$$f ;\ Z_m^n \rightarrow Z_m \\ (x_1, \cdots\cdots\cdots, x_n) \mapsto f(c_1, \cdots\cdots\cdots, c_n) \qquad (12)$$

이것을 표로 정리하면 표 2과 같은 형태가 된다.

표 2. 위치 센서 정보

	x_1	x_2	$\cdots$	x_n	f
$(P+1)'$	0	0	$\cdots$	0	c_1
	0	0	$\cdots$	1	c_2
	0	0	$\cdots$	2	c_3
	P	P	$\cdots$	P	$c_{(p+1}$

$(Z_m)^n$에서 하나의 교차점 $x(a_1, a_2, \cdots\cdots, a_n)$이 Z_m의 c_a값에 사상되었다고 할 때 위치와 환경에 대한 클러스터 f_{c_a}는 다음 식으로 표현된다.

몇 개의 정점이 임의의 값에 사상된 위치 함수는 식 (13)과 같다.

$$f = \sum f_1 + \sum f_2 + \cdots + \sum f_p \\ = \sum \sum_{i=1}^{p} f_i \qquad (13)$$

식 (14)와 같이 다항 함수로 표시된다.

$$f_{c_a} = c_a(X_1^{a_1a_1} \cdot X_2^{a_2a_2} \cdots X_n^{a_na_n}) = c_a \cdot \prod_{i=1}^{n} X_i^{a_ia_i} \quad (14)$$

단, $1 \le c_a \le P$로 표현할 수 있다.

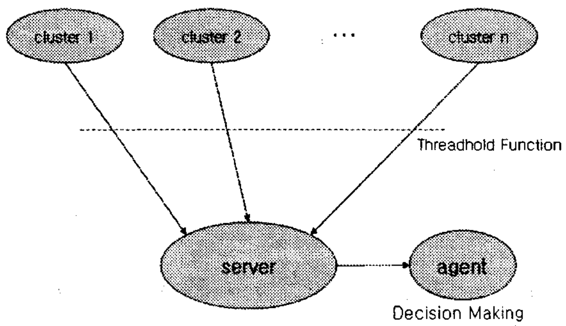

그림 1. 상황인식서비스 구조

4. 상황 인식의 응용 예

4.1 문제의 설정

자동차의 위치와 환경(속도)에 따른 상황을 인식하고 처리하는 방법을 예로써 설명한다. 차간 거리와 속도에 따른 적절한 서비스를 제공하기 위하여 Fuzzy 규칙 선택함으로서 서비스를 실현하기 위하여 다음과 같은 Fuzzy 규칙을 가정한다. 언어 진리치 “가깝다”, “멀다”, “느리다” 등은 위치 정보로서 Fuzzy 집합으로 표현한다. 환경에 따른 변화로는 “느리다”, “보통이다”, “빠르다” 등의 속도에 관한 정보로서 속도 조정에 관한 서비스로는 “속도를 유지하라”, “감속하라”, “가속하라” 등을 사용한다.

예를 들면, 차의 속도만을 고려하며 이 차가 고속도로를 주행할 경우 60km/h에서는 “느리다”로 볼 수 있지만 일반 도로인 경우는 “보통이다‘로 분류할 수 있다[5].

여기서

x_1 : 차간 거리(Distance between cars)

x_2 : 차의 속도(Speed)

y : 속도 조정 서비스(Operation)

α : “감속하라(Reduction)”

β : “유지하라(Maintenance)”

γ : “가속하라(Acceleration)”의 속도 조정 규칙이다.

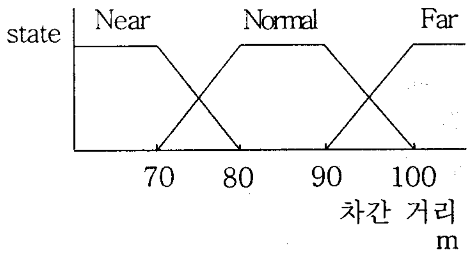

그림 2. x_1의 Fuzzy 집합

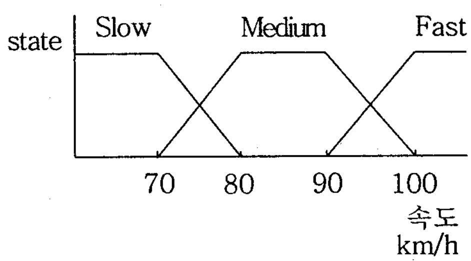

그림 3. x_2의 Fuzzy 집합

4.2 규칙 설정의 테이블

차간 거리와 속도 및 조정 명령을 표 3과 같은 규칙 테이블로 가정한다.

표 3. 결정(서비스) 테이블

서비스 규칙	자동차간 거리	속도	속도조정서비스 (y)
R_1	Near	Slow	Maintenance
R_2	Near	Medium	Reduction
R_3	Near	Fast	Reduction
R_4	Normal	Slow	Acceleration
R_5	Normal	Medium	Maintenance
R_6	Normal	Fast	Reduction
R_7	Far	Slow	Acceleration
R_8	Far	Medium	Acceleration
R_9	Far	Fast	Maintenance

4.3 논리식의 생성, 변화 및 결과

표 3의 규칙을 이용하여 각 객체 사이의 관계는 표 4와 같은 진리표로 나타낼 수 있다.

표 4. 차의 속도와 거리에 대한 의사결정표

속도 \ 거리	Near	Normal	Far
Slow	Rule=R_1	Rule=R_4	Rule=R_7
Medium	Rule=R_2	Rule=R_5	Rule=R_8
Fast	Rule=R_3	Rule=R_6	Rule=R_9

5. 결 론

본 논문에서는 Boole 함수 및 다치 논리 함수의 미분을 이용하여 유비쿼터스 환경 하에서 주변 상황 등을 인식하는 방법과 그 인식결과를 해석하여 주변 환경 변화에 따른 적절한 서비스를 제공할 수 있는 모델을 제안하였다. 다치 논리 함수의 차분과 구조적 성질을 상황인식에 적용하였다. 이러한 성질을 이용하여 위치와 환경의 변화의 상태 변화에 따라 적절한 서비스를 생성하여 생성된 규칙(서비스)를 자동적으로 제공할 수 있다. 본 논문에서 제안된 모델을 이용하면 유비쿼터스 환경 하에서 다양한 상황인식을 모델링하는 분야에 폭넓게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 과제로서 유비쿼터스 환경 하에서 발생되는 애매한 데이터를 처리할 수 있는 방법과 방대한 센서 정보를 필터링하여 보다 적은 정보로써 가공 · 축적할 수 있는 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] S.C. Lee, Modern Switching Theory and Digital Design, Prentice-Hall, 1978.
[2] A. Thayse and M. Davio, "Boolean Differential Calculus and Its Application to Switching Theory", IEEE Trans. Computers, Vol. C-22, No.4, pp. 409 ~ 419, Apr. 1973.
[3] 정환묵, "다치 논리 함수의 구조 해석과 전개," 한국정보과학회지, Vol. 13, No. 3, pp.155-166, 1986.8.
[4] M. Davio, "Taylor Expansions of Symmetric Boolean Functions", Philips Res.Repts., Vol.28, pp. 466~474, 1973.
[5] 정환묵, "Fuzzy 논리함수의 구조적 성질을 이용한 자동 규칙 생성," 한국퍼지및지능시스템학회, Vol. 2, No. 4, pp.10-16, 1992.12.
[6] Franceso Romani, "Cellular Automata Synchronization," Information Sciences 10, pp. 299-318, 1976.
[7] S.Y.H. Su and A.A. Sarris, "The Relationship Between Multi-valued Switching Algebra and Boolean Algebra under Different Definitions of Complements", IEEE Trans. Computers, Vol. C-21, No.5, pp. 479~485, May 1972.