

논문 2023-4-15 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2023.12.15>

메타인지기반 최적화 의사결정 메커니즘의 설계

심정연*†

The design of Metacognition based Optimal Decision Making Mechanism

JeongYon Shim*†

요 약

최근 들어 생각을 모니터링함으로써 자기조절 능력을 가지는 메타인식에 대한 연구에 관심이 높아지고 있다. 메타인지는 기억 모니터링 및 자기조절, 인식 및 자율 의식, 메타추론의식, 자의식의 연구를 포괄하는 개념이며 자기 인식을 알아차리고 생각함으로써 학습하고 생각하는 잠재적인 능력을 극대화하여 문제 해결 혹은 작업을 완료하는데 걸리는 시간을 단축하여 효율성을 기할 수 있다. 인공지능 시대에서 명확하고 효율적인 인공지능 시스템을 구축하려면 메타인지와 같은 상위 개념을 도입한 고차원적 메커니즘 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 시스템 구축을 위해 메타인지 개념을 도입하고 지식추론의 과정과 선택 및 의사 결정에 영향력을 미칠 수 있는 메타인지 기반 지식추론 시스템을 설계하였다. 메타인지는 V 게이지 제어를 통해 작동 수위를 조절할 수 있도록 설계되었다. 지식추론 스레드 추출 실험을 문제의 영역에 적용하여 테스트하였고 메타인지 V게이지 조절에 따른 선택 결과의 변화를 고찰하였다.

Abstract

Recently, there has been growing interest in research on metacognition, the ability to self-regulate by monitoring one's thoughts. Metacognition is a concept that encompasses the study of memory monitoring and self-regulation, recognition and autonomous consciousness, meta-inferential consciousness, and self-consciousness. It maximizes the potential ability to learn and think by noticing and thinking about self-awareness to solve problems or complete tasks. Efficiency can be achieved by shortening the time it takes. In the era of artificial intelligence, building a clear and efficient artificial intelligence system requires high-level mechanism design that introduces higher-level concepts such as metacognition. Therefore, in this study, we introduced the concept of metacognition to build an efficient system and designed a metacognition-based knowledge inference system that can influence the knowledge inference process, selection, and decision-making. Metacognition is designed to control the operating level through V gauge control. A knowledge inference thread extraction experiment was applied to the problem area and tested, and changes in selection results according to metacognitive V gauge adjustment were examined.

한글키워드 : 메타인지, 지식추론스레드, 데이터 추출, 지식네트워크, 감정에너지

keywords : Metacognition, Knowledge Inference Thread, Data extraction, KN, Emotional energy

* 강남대학교 참인재대학 컴퓨터 전공

접수일자: 2023.12.11. 심사완료: 2023.12.16.

† 교신저자: 심정연

게재확정: 2023.12.20.

(email:mariashim@kangnam.ac.kr)

1. 서론

최근 ‘생각에 대한 생각’인 메타인지에 대한 연구가 효율적인 학습을 위한 교육 분야, 심리학, 인공지능 분야에서 관심을 받고 있다. 메타인지는 기억 모니터링 및 자기조절, 인식 및 자율 의식, 메타추론의식, 자의식의 연구를 포괄하며 이러한 능력은 자기 인식을 알아차리고 생각하고 학습함으로써 학습하고 생각하는 잠재적인 능력을 극대화하여 문제 해결 혹은 작업을 완료하는데 걸리는 시간을 단축하여 효율성을 기할 수 있다.

컴퓨터 기술이 발달하면서 좋은 성능을 가진 시스템을 구축하기 위해 감정연구[3], 기억[4], 인간 두뇌 모델링[5-7], 지식 획득방법[8]등 다양한 형태의 인공지능 시스템들에 대한 연구와 노력이 진행되어왔다. 좀 더 효율적이고 스마트한 인공지능 시스템을 구축하려면 이를 위한 고차원적 메커니즘 설계가 필요하다. 본 연구에서는 메타인지 개념을 도입하여 최적화된 의사결정을 할 수 있는 메타인지 기반 최적화 의사결정 메커니즘을 제안한다. 이 시스템에서는 지식네트워크로 구성된 지식베이스로부터 가능한 지식추론 스톱드를 추출하고 추출된 스톱드 중에서 최적의 스톱드를 선택과정에서 메타인지가 V 게이지 제어를 통해 조절할 수 있도록 하였다. 특히 이 시스템에서는 감정에너지를 계산하여 지식추론 스톱드를 추출하는데 사용하였다.

2. 메타인지 개념과 지식표현

메타인지(Metacognition)는 자신의 인지과정에 대한 한 차원 높은 시가에서 관찰, 발견, 통제, 판단하는 정신 작용으로 ‘생각에 대한 생각’, 즉 고차원의 생각하는 기술이다. John H. Flavell

(1976)에 의해 정의된 메타인지는 ‘인지 이상의 것’을 의미하며 인식에 대한 인식을 의미한다[1]. Andreas Demetriou의 이론은 자기모니터링, 자기표현 능력 및 자기 조절과정을 지칭하여 과인지(Hyper-Cognition)이라는 용어를 사용하기도 하였다[1][2].

메타인지는 메타인지 지식, 조절, 경험의 세 가지 요소로 분류된다. 메타인지 지식은 자신과 다른 사람에 대한 인지를 의미하며 메타인지 조절은 학습을 통제하는데 사용되는 활동을 통해 인지 및 학습 경험을 조절하는 것이다. 메타인지 경험은 현재의 인지 노력과 관련된 경험을 의미한다. 메타인지는 기억 모니터링 및 자기조절, 인식 및 자율 의식, 메타추론의식, 자의식의 연구를 포괄하며 이러한 능력은 자기 인식을 알아차리고 생각하고 학습함으로써 학습하고 생각하는 잠재적인 능력을 극대화하여 문제 해결 혹은 작업을 완료하는데 걸리는 시간을 단축하여 효율성을 기할 수 있다.

메타인지 지식은 자신의 인지과정과 학습을 극대화하기 위해 과정을 모니터링하고 조절하는 방법에 대한 이해로 교육이나 심리학 분야에서 많이 활용되어 왔다. 뿐만 아니라 최근 들어 인공지능과 모델링 분야에서 연구되고 있다.

3. 메타인지에 의한 최적화 의사 결정 시스템

본 연구에서는 메타인지에 의한 최적화 의사 결정 시스템을 설계하였다.

3.1 시스템 구조

제안 시스템은 그림 1과 같이 I/O INTER FACE, 지식추론스레드 모듈, 지식네트워크로 구성된 지식베이스와 추출된 스톱드 결과 모듈, 메

타인지에 의해 제어되는 SELECT, DM 모듈이 유기적으로 작동되도록 이루어져 있다. 시스템은 I/O INTERFACE를 통해 입력된 키워드를 담은 질의어와 현재 감정 상태를 바탕으로 지식베이스로부터 관련된 지식추론 스텐드를 추출한다. 이때 지식 추론 스텐드 모듈이 이 기능을 담당한다. 추출된 지식추론 스텐드들은 추출된 스텐드 결과 모듈에 저장되는데 메타인지 제어에 의해 가장 밀도 높은 지식 추론 스텐드를 SELECT 모듈에서 선택하고 DM(Decision Making)모듈에서 의사결정 과정을 거쳐 결과로서 Output을 출력한다.

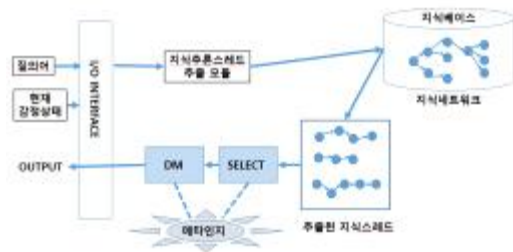


그림 1. 메타인지에 의한 최적화의사결정 시스템
Fig. 1. Optimal Decision Making System by Meta Cognition

메타인지는 의사결정 제어를 하는데 그림 2와 같은 V게이지를 사용하여 최적의 지식추론 스텐드를 선택한다. V게이지는 가치(Value) 설정에 관련된 Value_Set를 가지고 있다.

$$\text{Value_set} = [D, T, C, CF, EE]$$

여기서 D는 거리(Distance), T는 시간(Time), C는 비용(Cost), CF는 확신도(Certainty Factor), EE는 감정에너지(Emotional Energy)를 의미한다. 각각 [0.0, 1.0]의 값을 가지며 시간과 비용은 적을수록, 확신도와 감정에너지는 클수록 높은 가치 값을 가진다. 메타인지는 이 V게이지

네 가지 요소의 비중을 조절하여 추출된 지식추론 스텐드들 중에서 최적의 스텐드를 선택한다.

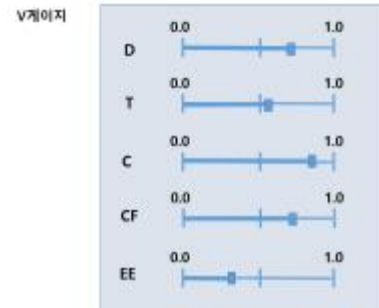


그림 2. V게이지
Fig. 2. V Gauge

3.2 지식 네트워크의 구조와 연결

데이터를 표현하는 대표적인 구조로 리스트와 그래프를 들 수 있다. 리스트는 데이터베이스, 더 나아가 파일 형태로 구조화되어 정보처리의 바탕을 제공하고 그래프는 개념 구조나 추론 망을 표현하는데 적합하다. 특히 그래프 구조 중 트리는 추론 망을 표현하고 그의 인과관계나 논리구조를 표현할 수 있어 인공지능 시스템의 지식베이스를 제공하는데 장점이 있다.

지식네트워크(Knowledge network)는 이러한 트리구조의 발전된 형태로 정보관련 정보로 채워진 정교한 구조를 갖는 지식베이스의 바탕이 될 수 있다[9]. 지식노드와 링크로 구성되며 지식노드들은 그의 연관성에 따라 링크로 연결된다. 그림 3은 지식노드, K_i 의 기본 구조와 링크를 나타내고 있다. 각각의 지식노드는 ID, 속성(Attribute), Value_set, V_i 를 가지고 있어 그의 특성을 표현한다. 다음과 같이 V_i 는 신뢰도를 나타내는 확신도, CF_i ,와 감정에너지 값, EE_i ,를 가지고 있다. CF_i 와 EE_i 는 [-1.0, 1.0]의 값을 가진다.

$$V_i = (CF_i, EE_i)$$

지식 노드와 노드 사이의 링크는 연관 정도에 따라 R_{ij} 로 연결되며 R_{ij} 는 거리, D_{ij} , 시간, T_{ij} , 비용, C_{ij} , 의 가치 요소로 구성된 다중 링크 구조를 가진다.

$$R_{ij} = (D_{ij}, T_{ij}, C_{ij})$$

이 세 가지 가치 값들은 $[-1.0, 1.0]$ 의 값을 가지며 지식추론 스프레드 추출 과정에서 추론 경로를 라우팅하기 위한 중요한 요소로 사용된다.

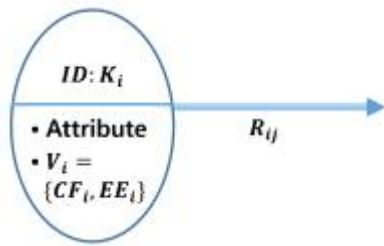


그림 3. 지식노드의 구조

Fig. 3. The structure of Knowledge node

3.3 감정의 표현과 에너지

감정이란 어떤 현상이나 일에 대해 일어나는 마음이나 느끼는 기분을 말하며 환경에 적응하고 생존을 유지할 수 있게 한다. 감정의 개념은 매우 복잡하고 다의적이며 측정하기 어렵다는 특성을 가지고 있다. 그러나 감정은 자극 조건에 따른 생리적인 반응뿐만 아니라 인식과정을 만들어 생존에 필요한 적응적 행동을 도출시킨다. 감지 연구의 선구자인 폴 에크먼은 기본적인 감정은 타고난 것이고 인간 진화의 결과라고 했다. 그는 보편적인 감정을 즐거움, 화, 공포, 혐오감, 놀라움, 슬픔으로 분류하였다. 이후 로버트 플루침은 진화론적 관점을 강조한 ‘감정의 바퀴’로 여러 가지 감정들을 분류하였다. 그밖에 감정에 대한 연구가 다양한 분류와 모델의 형태로 진행되어 왔다. 특히 인간 친화적인 로봇에 감정을 부여하기 시작하면서 감정에 대한 구체적인 접근법이

시도되었다. 그림 4는 감정 로봇 Kismet에서 사용된 감정 좌표를 보이고 있다[3]. 여기서는 밸런스(valence : good or bad), 각성(arousal : high or low), 스탠스(stance: advance or withdraw)축을 기준으로 감정 상태를 나타내고 있다. 밸런스는 긍정/부정 상태를 정도로 나타내는 척도이고 각성은 각성이나 흥분 상태의 높고 낮음을 표시한다. 스탠스는 개방적 혹은 폐쇄적 태도의 감정 정도를 나타낸다.



그림 4. Kismet의 3차원 감정공간

Fig. 4. Kismet's three-dimensional affect space

제안 시스템에서는 Kismet의 3차원 감정 공간을 그림 5에서 보인 바와 같이 x축을 밸런스, y축을 스탠스, z축을 각성 축으로 조정하고 감정에 좌표 값을 부여하였다. 표 1은 14개 감정의 좌표 값을 보이고 있다. 시스템은 감정 좌표 (x_i, y_i, z_i) 를 이용하여 감정 에너지 값, EE_i 를 산출한다. 식(1)–식(3)은 감정 에너지를 계산하는 산출식이다.

$$a = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad \text{식(1)}$$

$$Z = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad \text{식(2)}$$

$$EE_i = \text{sign} * Z, \quad \text{식(3)}$$

$$\text{sign} = \begin{cases} 1.0 & \text{if } x_i \geq 0.0 \\ -1.0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



그림 5. 제안된 시스템의 감정 공간
Fig. 5. The emotional space of proposed system

표 1. 감정 좌표 값
Table 1. Coordinate value of Emotion

emotion	x	y	z
	valence	stance	arousal
happy	1.0	1.0	0.7
soothed	1.0	0.0	0.0
joy	1.0	1.0	1.0
calm	0.0	0.0	0.0
tired	-0.7	-0.7	0.0
unhappy	-1.0	-1.0	-0.7
sorrow	-1.0	-0.7	0.0
accepting	1.0	1.0	0.0
surprise	0.7	0.7	1.0
alert	-0.7	0.5	0.7
anger	-1.0	1.0	1.0
fear	-1.0	-0.7	-0.5
disgust	-1.0	-1.0	0.5
stern	0.0	-1.0	0.0

제안 시스템의 지식베이스는 지식노드와 링크로 구성된 지식네트워크로 이루어져 있다. I/O INTERFACE를 통해 들어온 질의어의 키워드는 지식추론스레드 추출 모듈에 입력되어 지식추론스레드 추출에 사용된다.

3.4 메타인지 기반의 지식 추론 스레드 추출, 선택과 의사결정

시스템은 지식베이스 안에서 추출메커니즘에 따라 키워드로부터 시작되는 관련 지식추론 스레드들을 모두 추출한다. 이때 지식네트워크는 방향성 링크의 정보를 가진 지식 매트릭스로 표현된 후 이 지식 매트릭스를 기반으로 연결된 관련 지식추론 스레드를 추출한다. 추출된 지식추론

스레드는 다음과 같은 형태를 지닌다.

$$Thread^i : [K_i [R_{ij}] K_j \dots K_p [R_{pq}] K_q]$$

여기서 K_i 는 $K_i = (ID_i, A_i, CF_i, EE_i)$ 의 값을 가지고 있고 R_{ij} 는 $R_{ij} = (D_{ij}, T_{ij}, C_{ij})$ 의 값을 가지고 있어 지식추론 스레드를 선택할 때 이 값들을 사용한다.

메타인지는 V 게이지를 조절함으로써 지식추론 스레드의 추출, 선택과 의사결정 단계에 관여한다. 선택과정에서 메타인지는 V게이지를 조절하여 각 요소의 중요도에 따라 추출된 지식추론 스레드의 가치 값을 계산하고 상황인지를 통해 입력 데이터 상황을 고려한 최적의 스레드를 선택할 수 있도록 한다.

K_i 노드 정보를 구성하는 확신도 CF_i 와 감정 에너지 EE_i 는 지식추론 스레드 추출과정에서 스레드 추출 확장 여부에 중요한 단서를 제공하고 지식노드에 대한 정확하고 풍부한 정보를 제공한다. 또한 노드와 노드사이의 연결 정보를 가지고 있는 R_{ij} 의 구성 항목인 D_{ij}, T_{ij}, C_{ij} 는 추출된 지식추론 스레드의 가치 값을 계산하는데 중요한 역할을 한다. 거리, 시간, 비용을 나타내는 항목이므로 작은 값을 가질수록 선택 가치 값이 높다.

지식 추론 스레드(TH^i)의 총거리($TH^i D$), 총시간($TH^i T$), 총비용($TH^i C$)은 다음 식과 같이 계산한다.

$$Total D Total D^{th} = \sum D_{ij}$$

$$Total D Total D_{th} =$$

$$Total D^{th} = \sum D_{ij} TH^i D = \sum D_{ij} Total D^{th}$$

$$Total D^{th} = \sum D_{ij} Total D^{th} \quad \text{식(4)}$$

$$TH^i T = \sum T_{ij} \quad \text{식(5)}$$

$$TH^i C = \sum C_{ij} \quad \text{식(6)}$$

메타인지가 거리, 시간, 비용에 대한 V 게이지를 각각 α, β, γ 라 했을 때 선택되는 최적의 지식추론 스프레드 $SELECTh$ 는 식(7)에 의해 구한다. 여기서 M 은 평가 값이다.

$$M = \alpha(TH^i D) + \beta(TH^i T) + \gamma(TH^i C), \quad \text{식(7)}$$

$$SELECTh = \arg \min_i M$$

이렇게 추출된 지식추론 스프레드의 감정 에너지는 현재의 감정 상태를 변화시킬 수 있다. 변화된 감정에너지 M^{t+1} 는 추출된 추론 스프레드도 감정 에너지를 가지고 있으므로 현재 감정에너지에 영향을 준다. 변화된 감정에너지는 식(8)에 의해 산출된다.

$$M^{t+1} = \frac{nM^t + \sum_{i=1}^n EE^i}{2n} \quad \text{식(8)}$$

$$TotalD^{th} = \sum D_{ij} \quad TotalD^{th} = \sum D_{ij}$$

4. 실험

본 실험에서는 주어진 지식네트워크에서 추론이 진행되고 스프레드가 생성되면서 도달할 수 있는 지식 추론 스프레드들을 추출하는 과정을 시뮬레이션 하였다. 이 과정에서 메타인지가 선택과 의사결정에 미치는 영향력을 평가하였다. 가능성 공간과 상황을 최대한 확보하기 위해 16개의 지식노드와 15개의 링크로 구성된 가상의 지식네트워크를 가지고 실험하였다. Python 환경에서 시스템을 구축하고 메타인지 제어에 의한 V 게이지 변화에 따른 결과 값을 분석하였다.

표 2와 표 3은 그림 6의 가상 지식네트워크 구조에서 지식노드의 내부명세와 연결 링크의 세 요소 값 (거리, 시간, 비용)을 보이고 있다. 표 2의 지식노드(K_i)의 내부명세는 ID_i , 속성 값 A_i ,

표 2. 지식노드 K_i 의 내부 명세
Table 2. The internal description of knowledge node K_i

Ki	IDi	Ai	CFi	Emotion
K1	ID1	A1	1.0	calm
K2	ID2	A2	1.0	happy
K3	ID3	A3	1.0	joy
K4	ID4	A4	1.0	accepting
K5	ID5	A5	1.0	surprise
K6	ID6	A6	1.0	calm
K7	ID7	A7	1.0	calm
K8	ID8	A8	1.0	joy
K9	ID9	A9	1.0	soothed
K10	ID10	A10	1.0	calm
K11	ID11	A11	1.0	stern
K12	ID12	A12	1.0	unhappy
K13	ID13	A13	1.0	sorrow
K14	ID14	A14	1.0	alert
K15	ID15	A15	1.0	tired
K16	ID16	A16	1.0	anger

표 3. R_{ij} 값 (거리, 시간, 비용)
Table 3. R_{ij} value (distance, time, cost)

Rij	Dij	Tij	Cij
R12	0.1	0.2	0.4
R23	0.2	0.2	0.1
R34	0.1	0.1	0.1
R35	0.2	0.3	0.2
R56	0.3	0.2	0.3
R68	0.3	0.2	0.5
R57	0.3	0.3	0.4
R29	0.3	0.3	0.3
R910	0.4	0.5	0.2
R1011	0.5	0.5	0.6
R112	0.7	0.1	0.1
R1213	0.8	0.1	0.2
R1214	0.5	0.4	0.1
R1415	0.3	0.4	0.3
R1416	0.7	0.8	0.2

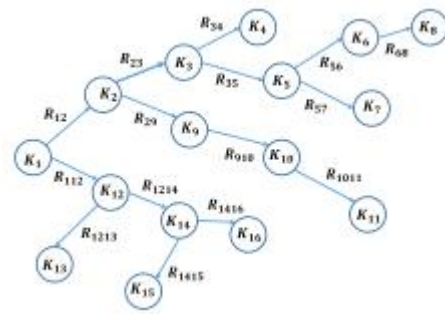


그림 6. 지식네트워크의 구조
Fig. 6. The structure of Knowledge Network

Value_set, V_i 를 이루는 확신도, CF_i ,와 감정 값을 나타내고 있다. 여기서 표현된 'happy'등의

감정 값은 제안된 식에 따라 계산되어 수치로 변환된다. 표. 4는 수치로 변환된 감정 에너지 값, EE_i 를 나타내고 있다. 지식노드에 내재된 감정을 감정에너지로 변환한 수치를 보인 것이다. 이 값들은 식(1)-(3)에 의해 계산된 결과이다. 시스템은 이 값을 기준으로 지식 추론 스레드를 추출하게 된다.

표 4. 지식 노드에 내재된 감정의 에너지
Table 4. Emotional Energy in Knowledge node

Ki	Emotion	EEi
K1	calm	0.000000
K2	happy	0.928285
K3	joy	0.939298
K4	accepting	0.888386
K5	surprise	0.888688
K6	calm	0.000000
K7	calm	0.000000
K8	joy	0.939298
K9	soothed	0.761594
K10	calm	0.000000
K11	stern	0.761594
K12	unhappy	-0.918280
K13	sorrow	-0.839850
K14	alert	-0.803730
K15	tired	-0.757340
K16	anger	-0.939300

지식네트워크는 방향성 링크의 정보를 가진 지식 매트릭스로 표현된 후 이 지식 매트릭스를 기반으로 연결된 관련 지식추론 스레드를 추출하게 되는데 그림 7의 지식추론스레드 추출 모듈은 키워드 K_1 으로 출발하여 python 프로그램에 의해 순서대로 추출된 7개의 지식추론스레드를 보인 것이다. 표 5, 표 6과 그림 8은 추출된 스레드의 평가와 선택과정을 보이고 있다. 메타인지 V게이지 조절에 따라 다른 스레드 선택 결과가 나올 수 있다. 이 경우 대부분 시간과 거리는 비례하므로 지식추론스레드 P1이 선택되고 있으나 조금 상이한 비용 요소에 V 게이지 비중을 높였을 때 스레드 P5가 선택됨을 알 수 있다. 이 실험으로부터 메타인지가 과정과 결과에 중요한 영향을 미침을 확인할 수 있었다.

```

input keyword?K1
The extracted Knowledge Reasoning Paths from K1
...
P1:K1-K2-K3-K4
P2:K1-K2-K3-K5-K6-K8
P3:K1-K2-K3-K5-K7
P4:K1-K2-K9-K10-K11
P5:K1-K12-K13
P6:K1-K12-K14-K15
P7:K1-K12-K14-K16
>>>

```

그림 7. 추출된 지식추론 스레드
Fig. 7. The extracted Knowledge Reasoning Threads

표 5. 메타인지에 의한 V 게이지 조절
Table 5. V gauge controlled by Metacognition

	V gauge			
	Dij	Tij	Cij	
case1	1.0	0.0	0.0	
case2	0.0	1.0	0.0	
case3	0.0	0.0	1.0	
case4	0.5	0.2	0.3	
case5	0.3	0.2	0.5	
case6	0.1	0.1	0.8	

표 6. 메타인지 V 게이지 조절 사례에 대한
지식추론 스레드 평가

Table 6. Knowledge Reasoning thread Evaluation according to V gauge Metacognition control

Thread	case1	case2	case3	case4	case5	case6
P1	0.4	0.5	0.6	0.48	0.52	0.558
P2	1.1	1.1	1.5	1.22	1.3	1.39
P3	0.8	1	1.1	0.93	0.99	1.038
P4	1.3	1.5	1.5	1.4	1.44	1.45
P5	1.5	0.2	0.3	0.88	0.64	0.404
P6	1.5	0.9	0.5	1.08	0.88	0.63
P7	1.9	1.3	0.4	1.33	1.03	0.632
SELECT	P1	p5	p5	P1	P1	P5



그림 8. 메타인지 V게이지 조절에 의한 지식 추론 스레드 선택과 의사결정

Fig. 8. The selection of Knowledge Reasoning Thread by Meta cognition V gauge control

이 모델은 지도상 길 찾기 문제, 복잡한 지식 추론 등의 문제해결 공간에 다양하게 적용 가능하다.

5. 결 론

본 연구에서는 지식추론의 과정과 선택 및 의사 결정에 영향력을 미칠 수 있는 메타인지 기반 지식추론 시스템을 설계하였다. 지식네트워크로 구성된 지식베이스로부터 가능한 지식추론 스레드를 추출하고 추출된 스레드 중에서 최적의 스레드를 선택과정에서 메타인지가 V 게이지 제어를 통해 조절할 수 있도록 하였다. 지식추론 스레드 추출 실험을 문제의 영역에 적용하여 시물레이션 하였고 테스트 결과 메타인지 V게이지 조절에 따른 선택과 결과의 변화를 관찰함으로써 메타인지가 효율적으로 작동됨을 확인하였다.

제안 시스템은 메타인지가 필요한 계획과 업무의 신속성과 효율성을 요구하는 분야에 유용하게 적용될 수 있으리라 기대된다.

참고 문헌

- [1] Metcalfe, J, & A.P., “Metacognition: knowing about knowing”, Cambridge, MA: MIT Press, 1994. ISBN: 978-0-262-13298-5.
- [2] Schraw, Gregory “Promoting general metacognitive awareness- Introductional Science”, 26: 113-125, 1998, doi: 10.1023/A:1003044231033 (<https://dx.doi.org/10.1023%2FA%3A1003044231033>).
- [3] Jean-Marc Fellous, Michael A. Arbib, “Who Needs Emotions? The brain Meets the Robot”, Oxford University Press, 2005, ISBN: 13 978-0-19-516619-4.
- [4] Christian Hansel, “Memory Makes the

Brain”, World Scientific Publishing, 2021, ISBN: 978-9811228803

- [5] Michael A. Arbib, “Brains, Machines, and Mathematics”, Springer-Verlag, 1987, ISBN: 3-540-96539-4.
- [6] Roger C. Schhank, “Dynamic memory : A theory of reminding and learning in computers and people”, Cambridge University Press, 1985, ISBN: 0 521 27029 4.
- [7] Lynn Nadel, Lynn A. Cooper, Peter Culicover and Michael Harnish, “Neural Connections, Mental Computation”, The MIT Press, 1989, ISBN 0-262-14042-X.
- [8] B.R. Gaines, J.H. Boose, “Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Volumn I”, ACADEMIC Press, 1988, ISBN: 0-12-273251-0.
- [9] JeongYon Shim, “A Design of Automatic Switching Mechanism for procedural Memory”, IEEE/IEIE ICCE-Asia 2021, 11.1-3, 2021, Sokcho, Korea. DOI: 10.1109/ICCE-Asia53811.2021.

저 자 소 개



심정연(JeongYon Shim)

1989.2 고려대학교 컴퓨터학과 졸업
 1991.2 고려대학교 컴퓨터학과 석사
 1998.8 고려대학교 컴퓨터학과 박사
 2000 CUHK Post Doc.
 2003.3-현재 : 강남대학교 교수
 <주관심분야> 인공지능, 지식공학 시스템, Machine Learning, ICA, Information System