의무 논리를 이용한 비즈니스 지식 처리 연구

박의준[a], 김홍기[b]

[a]온톨로지 공학 연구소
330-300,충청남도 천안시 성성동 우성아파트 108-103
Tel: +82-41-551-3035, E-mail: ejpark@ontology.or.kr

[b]단국대학교 경상대학
330-714,충청남도 천안시 안서동 산 29번지
Tel: +82-41-550-3363, E-mail: hgkim@dku.edu

요약

의무 논리(deontic logic)는 당위(obligation), 허가(permission), 금지(prohibition) 등의 개념을 다루는 논리이다. 이것은 윤리학자들, 법학자들, 그리고 의사 결정 지원 시스템(decision support system)을 연구하는 전산학자들의 관심을 끌어 왔다. 전통적인 관점에서, 의무 논리는 흔히 양상 논리(modal logic)의 일종으로 간주된다. 그러나 호티(John F. Horty)의 선행 연구에 의하면, 비단조 논리(nonmonotonic logic)에 기초한 의무 논리는 전통적인 접근 방식에 비해 규범적인 추리(normative reasoning)를 형식화하는 데 있어 보다 나은 이론적 틀을 제공한다고 한다. 본 논문에서는 실제 비즈니스 영역에서 발생 가능한 문제들이 비단조 기반의 의무 논리를 써서 효과적으로 해결될 수 있음을 두 가지 사례를 통해 보인다. 하나는 당위들 사이에서 충돌이 발생하는 경우의 추론(inference)이고, 다른 하나는 조건적 당위들(conditional obligations)과 관계된 추론이다.

주제어:

의무 논리(Deontic Logic); 비단조 논리(Nonmonotonic Logic); 초기화 논리(Default Logic); 지식 공학(Knowledge Engineering)

1. 서론

"무엇 무엇을 하는 것은 의무적이다(It is obligatory to do)" 혹은 "무엇 무엇을 하는 것은 허용된다(It is permissible to do)" 등은 우리의 일상 생활에서 충분히 의미 있게 사용되는 표현들이다. 의무 논리는 바로 자연 언어의 이러한 측면, 곧 당위, 허가, 금지 등의 개념들을 형식적으로 나타내고자 하는 시도에서 비롯되었다. 따라서 의무 논리가 일찍이 윤리학자 혹은 법학자들의 관심을 끌게 된 것은 당연한 결과이다[1, p.108].

상황이 이와 같다면, 의무 논리가 비즈니스 지식을 처리하는 과정에서도 또한 유용한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대하는 것은 자연스럽다. 왜냐하면 비즈니스 영역의 많은 부분은 기본적으로 각종 계약에 기반하고 있는데, 계약이라는 행위는 계약 당사자들에게 흔히 어떤 의무(ought)를 부과하게 되기 때문이다. 예컨대 전세 계약이 체결됨에 따라, 임대인은 계약 기간 중 전세금을 자유롭게 운용할 수 있게 된 반면, 계약 기간 종료 시점까지는 전세금을 세입자에게 돌려 줄 의무도 지게 된다. 반대로 세입자는 계약 기간 중에는 집을 마음대로 이용할 수 있지만, 계약 기간이 만료되는 순간에는 살던 집을 깨끗이 비우고 열쇠를 임대인에게 반납해야 한다.

필자들은 웹 환경에서 쓰이는 규칙 표현 마크업 언어들(Rule Markup Languages)로써 비즈니스 의사 결정 및 거래 계약에 대한 제약 조건들에 포함된 의무 관련 개념들을 표현하는 것을 장차 목표로 삼고 있다. 이를 위해, 본 논문은 상기 작업에 대한 예비 연구의 성격을 강하게 갖는다. 아직까지 비즈니스 영역에서는 의무 논리 및 그것의 기반 논리들에 대해 극히 생소하기 때문에, 이 글에서는 먼저 의무 논리 및 관련 논리들을 개괄하고, 이어 비즈니스 지식 처리와 연관된 의무적(deontic) 특성들을 몇몇 사례들을 통해 개념화하도록 하겠다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 의무 논리의 뼈대가 될 수 있는 두 후보, 양상 논리와 초기화 논리를 살펴본다. 제 3절에서는 의무 논리가 실제 어떤 방식으로 양상 논리 및 초기화 논리에 근거하여 구축될 수 있는가 알아본다. 이 부분에 있어서는 특히 호티의 두 논문 [6,7]에서 이루어진 작업에 많은 의존을 하였다. 제 4절에서는 비즈니스 지식 처리 과정에서 의무와 관련하여 생각해 볼 수 있는 사례들을 시험적으로 구성해 보고, 이를 통해 비단조 논리 기반의 의무 논리가 양상 논리 기반의 그것보다 적어도 어떤 특정 문제 영역에 있어서는 보다 효과적으로 작용할 수 있음을 보인다. 마지막으로 제 5절에서는 결론 및 향후 연구 계획이 간략하게 제시된다.

2. 양상 논리와 비단조 논리

2.1. 양상 논리

양상 논리는 가능성(possibility)과 필연성(necessity)을 다루기 위해 표준 논리(standard logic)를 확장시킨 논리이다. 곧, 이것의 핵심적인 특징은 구문론적인 측면에서 논리 상항(logical constant)에 각각 가능성과 필연성을 나타내는 기호 '◇'와 '□'를 포함하게 된다는 점과 의미론적인 측면에서 가능 세계(possible world)들의 집합을 도입하게 된다는 점이다.

예컨대 가장 보편적으로 받아들여지는 양상 논리 체계 **S5**에 관한 형식 의미론적 해석은 다음과 같은 순서 6중체로 주어질 수 있다: $\langle W, D, w^*, d, r, e\rangle$. 이 때, 직관적인 관점에서는, W는 가능 세계들의 집합, D는 가능한 개별자들(individuals)의 집합, w^*는 현실 세계, $d(w)$는 세계 w에 존재하는 개별자들의 집합, $r(\alpha)$는 개체 상항 α에 대한 지시체(referent), $e(\phi, w)$는 세계 w에서 술어 ϕ의 외연(extension)으로 간주될 수 있다[2, p.9-10].

양상 논리 체계에는 **S5** 외에도 **K, T, S4, Br** 등의 정상(normal) 논리 체계와 기타 다양한 비정상 논리 체계들이 있다. 이들의 차이는 각각의 체계가 어떠한 공리(axiom) 혹은 공리 도식(axiom schemata)들을 채택하고 있는가 하는 점에서 기인한다.

2.2. 비단조 논리

명제(propositional) 논리, 일차 술어(first-order) 논리 등의 고전(classical) 논리 및 일반적인 양상 논리는 가정들(assumptions)의 집합에 대해 단조적(monotonic)이다. 다시 말해, 이들 논리 체계 하에서는 도입된 가정들의 개수가 증가할수록 그것들로부터 도출해 낼 수 있는 정리들(theorems)의 개수도 또한 증가한다.

반면, 비단조 논리 체계 하에서는 도입된 가정들의 개수가 증가한다고 해서 그것들로부터 도출해 낼 수 있는 정리들의 개수가 항상 증가하는 것은 아니다. 왜냐하면 새로 도출된 정리로 인해, 기존에 이미 도출된 정리가 철회 또는 수정되는 경우가 가능하기 때문이다. 이것을 형식적으로 나타내면 다음과 같다.

(비단조 논리)
주어진 논리 체계의 공리들 및 도입된 가정들의 집합을 Γ라 하고, 그것들로부터 도출(derivation)되는 정리들의 집합을 $Th(\Gamma)$라 할 때, 그 논리 체계가 비단조적(nonmonotonic)이라는 것은 다음을 만족하는 경우, 그리고 오직 그 경우뿐이다:

Γ_1이 Γ_2의 부분 집합임에도 불구하고, $Th(\Gamma_1)$은 $Th(\Gamma_2)$의 부분 집합이 아닐 수 있다.

비단조 논리는 완전한 정보 획득이 불가능한 상황 하에서 이루어지는 그럴 듯한(plausible) 추리를 형식화시키기 위해 사용된다. 다음 예를 통해 이 과정을 살펴보자.

(비단조 추론의 예)
Γ_1: (일반적으로) 새는 날 수 있다.
타조는 새이다.
타조는 날 수 없다.
또치는 새이다.
결론: 또치는 날 수 있다.

Γ_2: (일반적으로) 새는 날 수 있다.
타조는 새이다.
타조는 날 수 없다.
또치는 새이다.
또치는 타조이다.
결론: 또치는 날 수 없다.

이러한 형태의 추론은 우리의 일상 생활에서 흔히 사용되고 있다. 만약 우리가 Γ_1의 정보들만 알고 있다면 또치는 (아마도) 날 수 있다는 결론을 내린다. 그런데 또 다른 별도의 정보, 즉 또치가 사실은 타조라는 것을 알게 된다면 우리는 조금 전의 결론을 취소하고 이번에는 오히려 정반대의 결론을 내리게 될 것이다. 이처럼 사람들은 불완전한 정보에 기초하여 결론을 내리지만 더 좋은 정보가 부가되면 경우에 따라 기존의 결론을 수정하기도 한다. 비단조 논리는 인지(cognition) 혹은 인간 사고의 융통성(flexibility)이라는 측면을 형식적으로 구체화하고자 하는 시도라 할 수 있다.

1980년대 이후 비단조 논리에 관한 연구가 활발히 진행되면서, 다양한 종류의 비단조 논리 체계가 개발되었다. 예컨대 맥카시(J. McCarthy)의 제한화 논리(circumscription)나 무어(R. Moore)의 자동인식적 논리(autoepistemic logic) 등이 여기에 포함된다[3,4]. 다음의 제 2.3절에서는 라이터(R. Reiter)의 초기화 논리(default logic)를 살펴보겠다[5]. 왜냐하면 우리는 제 3.2절에서 의무 논리의 기반을 초기화 논리에 두고자 하기 때문이다.

2.3. 초기화 논리

2.3.1. 초기화 논리 이론의 정의

초기화 논리에서는 고전 논리의 규칙들 외에 초기화 규칙(default rule)을 도입한다. 하나의 초기화 규칙은 한 개의 가정(assumption), 어떤 논리식에 대한 그 가정의 일관성(consistency) 호소, 그리고 결론(conclusion)으로 구성된 하나의 추론 규칙(inference rule)이다. 곧, 이것의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\frac{\alpha(X) : \beta(X)}{\gamma(X)}$$

(만약 $\alpha(X)$가 참이고 그것이 $\beta(X)$와 일관성이 있으면, $\gamma(X)$가 참이라는 결론이 나온다.)

예컨대,

$$\frac{\text{Bird(X)} : \text{CanFly(X)}}{\text{CanFly(X)}}$$

는 다음과 같이 읽을 수 있다: 만약 X가 새(bird)이고 그 사실이 X가 날 수 있다(can fly)는 것과 일관성이 유지되면, X는 날 수 있다는 결론이 도출된다.

위의 예에서 일관성 호소 부분을 보다 직관적으로 알기 쉽도록 기술하면, "X가 날 수 없다고 증명되지 않는 한"이라 쓸 수 있다. 즉, 가정에 반대되는 정보가 없는 한에서는 기존 정보에 기초하여 일정한 결론을 주장할 수 있다는 것이다.

형식화된 초기화 논리 이론은 다음과 같이 제시된다.

(초기화 논리 이론)
T가 초기화 논리에서 형식화된 초기화 이론일 경우, 그리고 오직 그 경우에만 T는 집합들의 순서쌍 (W, D)이다. 이 때, W는 일차 술어 논리의 올바른 식(well-formed formula; wff)들의 집합이고, D는 초기화 규칙들의 집합이다.

(형식화된 초기화 이론의 예: 또치의 사례)

W: Bird(Ddochi)
$(\forall X)(\text{Ostrich}(X) \rightarrow \text{Bird}(X))$
$(\forall X)(\text{Ostrich}(X) \rightarrow \sim\text{CanFly}(X))$
$(\forall X)(\text{CanFly}(X) \rightarrow \text{Winged}(X))$

D: $\dfrac{\text{Bird(X)} : \text{CanFly(X)}}{\text{CanFly(X)}}$

2.3.2. 초기화 논리 이론에서의 추론

초기화 논리 이론에서의 추론은 주어진 논리식에 대한 확장(extension)을 획득하는 과정이다. 확장은 초기화 논리 이론에서 매우 중요한 기능을 수행한다. 이것은 세계에 관해 알려진 바에 비추어 어떤 의미에서든 정당화된 합리적인 일련의 신념들이다. 문장 혹은 논리식들로 표현된, 세계에 대한 우리의 지식은 불완전하다. 초기화 이론에서는 초기화 규칙에 의해 불완전한 지식을 확장시킬 수 있다. 확장 개념을 이용한 초기화 이론에서의 추론 과정을 형식적으로 표현하면 다음과 같다.

(추론 과정)
$\Delta = (W, D)$를 기 정의된 닫힌(closed) 초기화 규칙들을 가진 이론이라 할 때, 임의의 닫힌 올바른 일차 술어 논리식들(closed wffs of FOL)의 집합 S에 대해, $\Gamma(S)$를 다음 세 가지 특성을 만족시키는 최소 집합(minimal set)으로 정의한다:

(i) W는 $\Gamma(S)$의 부분집합이다.
(ii) $Th(\Gamma(S)) = \Gamma(S)$.
(iii) 만약 규칙 $\alpha : \beta / \gamma$ 이 D의 원소이고, $\alpha \in \Gamma(S)$이고 $\sim\beta \notin S$ 이면, $\gamma \in \Gamma(S)$.

이 때, 집합 E가 Δ의 한 확장이라는 것은 다음을 만족하는 경우, 그리고 오직 그 경우뿐이다:

$\Gamma(E) = E$, 다시 말해, E는 연산 Γ에 대한 고정점(fixed point)이다.

이와 같은 방법으로 추론을 진행시킴에 따라서, 제 2.3.1절 또치의 사례에서 'CanFly(Ddochi)'와 'Winged(Ddochi)'를 얻게 된다. 즉, 또치는 날 수 있고, 날개도 갖고 있다.

우리는 흔히 하나의 이론에 대해 여러 개의 확장을 얻을 수 있으며, 이 때 이것들을 '다중 확장(multiple extensions)'이라 한다. 그런데 때때로 초기화 규칙들이 서로 일관적이지 않아 이들 사이에 충돌(conflict)이 발생하는 경우도 있게 된다. 대표적인 예로 퀘이커(Quaker) 교도이자 공화당원(Republican)이었던 미국의 전직 대통령 닉슨(R. Nixon)의 사례를 살펴보자.

(닉슨의 사례)

W: Quaker(Nixon)
Republican(Nixon)

D: $\dfrac{\text{Quaker(X)}:\text{Pacifist(X)}}{\text{Pacifist(X)}}$ $\dfrac{\text{Republican(X)}:\sim\text{Pacifist(X)}}{\sim\text{Pacifist(X)}}$

위 사례에서 어느 초기화 규칙을 먼저 적용시키느냐에 따라 두 개의 확장 E_1과 E_2를 얻는다. 이 때, E_1과 E_2를 각각 'Pacifist(Nixon)'과 '~Pacifist(Nixon)'을 포함하고 있는 것이라 하면, E_1에서는 두 번째 초기화 규칙을, 그리고 E_2에서는 첫 번째 초기화 규칙을 더 이상 적용시킬 수 없게 된다. 결과적으로 어느 경우든 일관성은 유지된다. 그러나 이러한 규칙 적용 순서의 선택은 상당히 작위적일 수밖에 없다. **그림 1**은 이 중 특히 E_1의 경우를 보여 주고 있다. 다중 확장은 모든 비단조적 논리 체계에서 발생하며, 닉슨 사례의 존재는 비단조적 논리 체계의 중요한 특징이면서 또한 문제점이기도 하다.

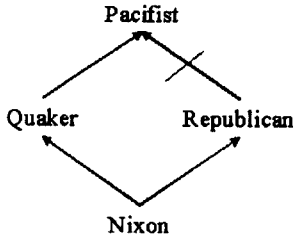

그림 1. 충돌하는 초기화 규칙들의 예

3. 의무 논리

일차 술어 논리나 퍼지 논리(fuzzy logic)와는 달리, 의무 논리는 그 자체가 고유한 논리 체계(logic system)라고 보기는 힘들다. 기존에 이미 존재하는 논리 체계를 의무라는 관점에서 재해석할 때, 우리는 해석된 논리 체계를 '의무 논리'라 부른다. 전통적으로 의무 논리는 양상 논리의 일종으로 간주되어 왔다. 한편, 호티(John F. Horty)는 오히려 비단조 논리에 기초한 의무 논리가 몇몇 이유에서 보다 바람직하다고 주장한다[6,7].

3.1. 양상 논리의 일종으로서의 의무 논리

의무 논리를 양상 논리의 한 종류로서 취급한다는 것은 한 마디로 양상 논리에 의무적 해석(deontic interpretation)을 가한다는 것이다. 이 경우, 양상 연산자(operator) '□'는 "무엇 무엇을 하는 것은 의무적이다"로, 그리고 '◇'는 "무엇 무엇을 하는 것은 허용된다"로 읽을 수 있다. 특별히 의무 논리의 경우에는 일반적인 양상 논리와 구별하기 위해, '□' 대신 '○'를 그리고 '◇' 대신 '***P***'를 쓰는 것이 보통이다. 형식 의미론에 입각한 보다 정밀한 고찰은 제 3.1.1절과 제 3.1.2절에서 이루어진다.

3.1.1. 표준적인 해석 하의 의무 논리

가능 세계 의미론(possible world semantics)을 이용한 접근 방식들 중 대표적인 것이 표준적 의무 논리이다. 이것의 모형은 다음과 같은 순서 3중체로 주어진다: $M = \langle W, F, v \rangle$.

여기서 W는 가능 세계들이 집합이고, v는 문장 문자(sentence letter)에 그것이 참이 되는 세계들의 집합을 대응시키는 함수이다. 또 f는 각각의 세계에 비공집합인, 세계들의 어떤 집합을 대응시키는 함수이다. 따라서 α가 특정한 개별적인 세계일 때, $f(\alpha)$는 α에서 부과되는 모든 의무들이 만족되어지는 세계들의 집합이라 볼 수 있다. 바꾸어 말하면, 이것은 α에서 유효한 당위의 표준을 표현하고 있는 하나의 명제(proposition)로 간주될 수 있다.

이제, 허용 개념을 표현하기 위한 접속사 '○'에 대한 평가 규칙은 다음과 같다:

$M, \alpha \vdash \bigcirc A$ 인 경우, 그리고 오직 그 경우에만

$f(\alpha) \subseteq |A|$ (단, 여기서 $|A|$는 A가 참이 되는 세계들의 집합이고 '$\vdash$'는 특정 해석 하에서의 의미론적인 귀결을 나타내는 기호이다.)

'***P***'는 '○'와 부정 기호로부터 정의될 수 있으므로, 이에 대한 별도의 평가 규칙은 요구되지 않는다.

표준적 의무 논리의 핵심적인 아이디어는 명백하다. $\bigcirc A$가 유효하다는 것은 A가 적합한 특정 당위의 표준으로부터 함의된다는 것이다. 쉽게 말해, 부과되는 모든 의무들에 A가 필연적으로 포함되는 경우에만 A는 당위적 성격을 갖는다는 것이다.

제 4절에서 살펴보게 되겠지만, 표준적 의무 논리에 따르면 의무들 사이의 충돌은 원천적으로 불가능하다. 표준적인 모형에서의 이러한 타당성(validity)은 기본적인 양상 논리 체계인 **K**에 공리 도식

$$\sim(\bigcirc A \ \& \ \bigcirc \sim A)$$

을 첨가시킴으로써 공리화 가능하다. 이것은 보통 KD로 알려져 있다.

3.1.2. 약한 해석 하의 의무 논리

의무들 사이의 충돌을 금지하고 있는 표준적 의무 논리의 공리 도식은 때때로 필요 이상으로 너무 강하기 때문에, 보다 약한, 비정상적인 양상 논리의 틀 내에서 의무 개념들을 표현하고자 하는 시도들이 있어 왔다. 그 대표적인 예가 첼라스(B. Chellas)의 제안이다[8, Sections 6.5 & 10.2]. 여기에 따르면 접근 가능성 함수의 공역은 세계들의 집합들의 집합이 아니라 명제들의 집합들의 집합, 즉 세계들의 집합들의 집합들(sets of sets of worlds)의 집합이 된다.

보다 형식적으로 기술하면, 첼라스의 모형은 다음과 같은 순서 3중체로 주어진다: $M = \langle W, N, v \rangle$.

여기서 W와 v는 제 3.1.1절의 그것과 동일하나, N은 다음의 조건을 만족하는, W에서 $P(P(W))$로 가는 함수가 된다.

만약 $X \in N(\alpha)$ 이고 $X \subseteq Y$ 이면, $Y \in N(\alpha)$ 이다.

이러한 모형 하에서, 의무 문장들에 관한 진리 조건은 다음의 규칙으로 제시될 수 있다:

$M, \alpha \vdash \bigcirc A$ 인 경우, 그리고 오직 그 경우에만 $|A| \in N(\alpha)$

직관적으로, $N(\alpha)$에 속하는 다양한 명제들은 α에서 부과되는 서로 다른 규범적 표준들(normative standards)의 다양성을 표현하고 있다고 하겠다. 따라서 $\bigcirc A$가 유효하다는 것은 α에서 유효한 어떤 당위의 표준이 적어도 하나 존재하고, 그것으로부터 A가 함의된다는 것이다.

이 경우의 타당성은 보통의 명제 논리에 다음 규칙 도식

$$\frac{A \supset B}{\bigcirc A \supset \bigcirc B}$$

를 첨가한 체계(EM)에 의해 공리화 가능하다.

3.2. 초기화 논리의 일종으로서의 의무 논리

초기화 논리에 기초하여 의무 논리를 구축하는 일은 간단하다. 의무 문장들을 초기화 규칙들로 간주하기만 하면 된다. 즉, Γ가 의무 문장들의 어떤 집합일 때, 여기에 대응하는 초기화 이론을 $\Delta_\Gamma = (W, D)$로 정의한다. 이 때, W는 공집합이고 $D = \{(\top : B / B) : \bigcirc B \in \Gamma\}$가 된다. 단, $\top$는 보편적 참(universal truth)을 나타낸다.

이제, 초기화 논리의 확장을 이용하여 의무적 도출(deontic derivation)을 표현할 수 있게 되었다. 즉 $\bigcirc A$가 Γ로부터 의무적으로 도출이 되는 경우, 그리고 오직 그 경우에만 Δ_Γ의 어떤 확장 E에 대하여 $A \in E$}이다. 쉽게 말해, 상응하는 초기화 논리의 어떤 확장에 A가 속하게 될 때만이 $\bigcirc A$가 의무들의 집합 Γ로부터 따라 나오게 된다는 것이다.

이 결과는 어떤 초기화 논리에서의 확장들을 그 초기화 규칙들에 의해 표현되는 규범들(norms)이 충족되어지는 상황들을 기술하는 것으로 이해할 수 있음을 뜻한다. 충돌하는 규범들을 포함하고 있는 초기화 이론에서는 제 2.3.2절의 닉슨 사례의 경우와 마찬가지로 다중 확장들이 발생하게 된다.

4. 비즈니스 지식 처리 사례

양상 논리 기반의 의무 논리와 초기화 논리 기반의 그것이 의무 개념과 관련하여 동일한 표현력을 갖고 있다면, 이 중 어느 것을 선택할 것인가는 단순히 개인적 취향의 문제가 된다. 그러나 일상적인 양상 논리는 단조 논리인데 반해, 초기화 논리는 대표적인 비단조 논리이므로, 두 체계에서의 표현 및 추론은 달라질 수밖에 없다. 여기서는 비즈니스 영역에서 실제로 있음직한 사례들을 통해 적어도 다음의 두 가지 경우에는 초기화 논리에 기초한 의무 논리가 규범적인 추론을 형식화하기에 보다 적합하다는 것을 보다 직관적으로 확인해 보도록 하겠다.

4.1. 의무들 사이의 충돌의 예

의무들 혹은 규범들 사이의 충돌은 일상 생활에서 그다지 어렵지 않게 경험할 수 있다. 이것은 A와 B가 동시에는 만족될 수 없는데, $\bigcirc A$와 $\bigcirc B$를 참인 모두 참인 것들로 지지하고자 하는 상황에서 발생한다.

비즈니스 영역에서는 다음과 같은 사례를 생각해 볼 수 있다:

(구조 조정의 사례)
갑(甲)이라는 회사는 계속되는 경영난으로 고전하고 있는 중이다. 매달 쌓이고 있는 적자의 폭을 줄이기 위해서 적어도 20명의 사원들을 당장 해고해야만 한다. 그러나 갑 회사는 본인의 동의 없는 해고는 결코 단행하지 않겠다고 사원들이 입사할 때부터 구두로 약속해 놓은 상태이다. 따라서 20명의 정리 해고는 불가하다.

현실에서 얼마든지 일어날 수 있는 사례이다. 재미있는 것은 표준적 의무 논리에서는 이러한 상황을 표현하는 것 자체가 애당초 불가능하다는 점이다. 이것은 **KD**의 공리 도식

$$\sim(\bigcirc A \ \& \ \bigcirc \sim A)$$

에서 명백하다. 혹은 순전히 의미론적인 관점에서 진리 조건을 따져 보아도 마찬가지이다. 세계 α에서 두 문장 $\bigcirc A$와 $\bigcirc B$가 참이 되기 위해서는 $f(\alpha) \subseteq |A|$와 $f(\alpha) \subseteq |B|$가 모두 요구된다. 그런데 A와 B가 서로 모순적 혹은 비일관적(inconsistent)이라면, $|A| \cap |B| = \phi$이 된다. 따라서 $f(\alpha)$ 또한 공집합이 되어야 하는데, 이는 f의 함수값은 비공집합이라는 표준 해석에 어긋나게 된다. 곧, 그러한 해석은 불가능하다.

약하게 해석된 양상 논리의 경우에는 이런 일은 발생하지 않는다. 첼라스 제안의 의도 자체가 애초에 규범적 충돌을 감내할 수 있을 정도로 해석을 약화시킨 것인 만큼, 이는 당연한 결과이다. 그러나 문제는 약한 해석은 이름 그대로 너무 약하는 것이다. 다음의 예를 보자.

(전세 계약 만료의 예)
전세 계약 기간이 만료되었다. 을(乙)은 다른 집으로 이사를 가거나 혹은 임대인과 재계약을 해야 한다. 그런데 을은 직장 위치 및 자녀 교육 문제 때문에 이사를 가지 말아야 한다.

이 경우 우리의 직관은 을은 이제 당연히 재계약을 해야 한다는 결론을 이끌어 내게 된다. 그런데 이러한 식의 추론은 **EM**에서 타당하지 않다. 왜냐하면 $\bigcirc(F \vee S)$와 $\bigcirc \sim F$로부터 $\bigcirc S$를 도출하기 위해서는 응집 규칙(agglomeration rule)[1]을 필요로 하는데, 규범적 충돌의 존재를 인정하면서 동시에 응집 규칙을 받아들이게 되면 논리 체계에 모순이

[1] 응집 규칙이란 $\bigcirc A$와 $\bigcirc B$가 전제로 주어질 때, 결론으로 $\bigcirc(A \ \& \ B)$를 산출하는 규칙이다. $\bigcirc A$와 $\bigcirc \sim A$에 이 규칙을 적용할 경우, 모순이 발생한다.

발생하게 되기 때문이다.

지금까지의 양상 논리 기반 접근 방식들과는 달리, 초기화 논리 기반 접근 방식에서는 이러한 점들은 더 이상 문제가 되지 않는다. 먼저 구조 조정의 사례가 특별한 문제가 되지 않는다는 점은 명백하다. 제 2.3.2절에서 보았다시피, 초기화 규칙들이 서로 일관적이지 않아 이들 사이에 충돌이 발생하는 경우에도 형식화된 추론이 가능함은 초기화 논리의 중요한 특징 중 하나이다.

전세 계약 만료의 예가 문제되지 않는다는 점을 설명하는 것은 이보다는 간단치 않다. 호티의 의무 논리는 사실 철학자 반 프라센(van Fraassen)의 제안을 초기화 논리를 써서 형식화한 것인데, 그의 이론적 틀을 수용하면 모순이 발생하지 않는 한에서 응집 규칙을 사용할 수 있게 된다. 그러나 이 부분까지 다루다 보면 본 논문의 범위가 지나치게 확장될 우려가 있으므로, 이에 관해서 더 이상의 논의는 하지 않도록 하겠다.

요컨대 중요한 것은 초기화 논리에 기초한 의무 논리는 의무들 사이의 충돌이 발생하는 상황을 다룰 수 있다는 점이다. 어쩌면 이상적인 윤리학 이론은 이러한 딜레마가 발생하지 않도록 구성되어져야 할지도 모른다. 그러나 적어도 비즈니스 영역을 비롯한 여러 응용 영역에서는 규범적 충돌을 허용하는 체계가 훨씬 더 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

4.2. 조건적 의무들의 예

규범적인 추론에 있어 많은 부분이 조건문인 의무 문장들을 다루게 된다. "만약 A라면, 의무적으로 B를 해야 한다"는 조건문을 의무 논리의 표준적인 기호를 써서 나타내면, '$\bigcirc(B/A)$'와 같다.

양상 논리적 접근에서는 $\bigcirc(B/A)$가 연구자에 따라서 (1) $\bigcirc(A \supset B)$와 같이 분석되기도 하고, (2) $(A \supset \bigcirc B)$와 같이 분석되기도 한다. 그러나 호티에 따르면, 두 가지 중 어느 쪽도 일반적인 조건적 의무 문장들을 다루기에는 유망하지 않다고 한다. 호티의 주장과는 별도로, 다음의 사례로부터 우리는 초기화 논리에 기초한 의무 논리가 조건적 당위들과 관계된 추론을 다루기에도 또한 적합하다는 것을 쉽게 인지할 수 있다.

(유효 기간이 지난 신용 카드의 사례)

(1) 신용 카드는 구기거나 자르지 말아야 한다.

(2) 신용 카드의 유효 기간이 지나게 되면, 그것은 구기거나 잘라야 한다.

이것은 비단조적인 특성을 보이는 전형적인 예이다. 원래의 문장에 조건이 붙게 되면서, 기존에 존재하던 당위 개념이 철회되고 오히려 반대되는 당위 개념이 생성되었다. 조건적 의무와 관계된 이러한 측면을 포착하기에는 양상 논리 기반의 접근은 상대적으로 적절치 않다.

5. 결론

지금까지 의무 논리가 무엇인가, 그리고 그것이 양상 논리와 비단조 논리를 기반으로 어떻게 구축될 수 있는가 하는 점을 개괄하였다. 이어 비즈니스 영역의 많은 부분은 의무 개념들과 밀접한 관련을 맺고 있으며, 따라서 의무 논리는 비즈니스 지식을 처리하는 과정에서도 또한 유용하게 쓰일 수 있음을 보았다. 마지막으로 적어도 필자들이 제시한 사례의 경우에는 호티가 주장한 바와 같이 비단조 논리, 즉 초기화 논리에 기반한 접근 방식이 양상 논리 기반의 전통적인 그것에 비해 우수하다는 점도 알 수 있었다.

서론에서 이미 밝힌 바와 같이, 본 논문 자체로만 갖고서는 완결된 연구라고 할 수 없다. 궁극적으로 필자들은 여기서의 예비적 작업을 바탕으로 하여 RuleML이나 OWL과 같이 웹 환경에서 프로세스나 온톨로지를 정의하기 위해 쓰이는 언어로 비즈니스 영역에 필요한 의무 개념들을 표현해 내고자 한다.

본 논문이 가진 또 하나의 의미는 의무 논리, 양상 논리, 비단조 논리 등 경영정보학 분야에서는 아무래도 다소 생소할 수 있는 여러 논리들을 소개했다는 데에서 찾을 수 있다. 사실 지금까지는 이러한 논리들이 비교적 소수의 전문 논리학자나 논리 프로그래밍 연구자들 사이에서만 논의되어 왔다. 그러나 확장 논리나 비표준 논리 등이 가진 응용 가능성과 잠재적인 유용성을 감안한다면, 지식 공학을 연구하는 많은 사람들이 지금까지 개발된 다양한 종류의 논리 체계들에 보다 더 관심을 기울일 필요가 있다고 생각된다.

참고문헌

[1] Girle, R. (2000), *Modal Logics and Philosophy*, Montreal & Kingston: McGill-Queens University Press.

[2] Chihara, C. S. (1998), *The Worlds of Possibility: Modal Realism and the Semantics of Modal Logic*, , Oxford, UK: Clarendon Press.

[3] McCarthy, J. (1980), "Circumscription— a Form of Nonmonotonic Reasoning," *Artificial Intelligence*, Vol. 13, pp. 27-39.

[4] Moore, R. C. (1985), "Semantical Considerations on Nonmonotonic Logic," *Artificial Intelligence* Vol. 25(1), pp. 75-94.

[5] Reiter, R. (1980), "A Logic for Default Reasoning," *Artificial Intelligence*, Vol. 13, pp. 81-132.

[6] Horty, J. (1993), "Deontic logic as founded on nonmonotonic logic." *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, Vol. 9, pp. 69 - 91.

[7] Horty, J. (1997), "Nonmonotonic foundations for deontic logic." In *Defeasible Deontic Logic*, D. Nute (ed.), Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, pp. 17-44.

[8] Chellas, B. (1980), *Modal Logic: An Introduction*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
[9] Haack, S. (1978), *Philosophy of Logics*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
[10] Sowa, J. F. (2000), *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations,* New York: Brooks/Cole.