

# 웹 온톨로지 구축에서 시간 관계 표현

정관호<sup>o</sup>, 공현장, 최준호, 박세현<sup>\*</sup>, 김판구  
 조선대학교 전자계산학과, <sup>\*</sup>조선대학교 컴퓨터공학부  
 {khjung<sup>o</sup>, kisofire, spica, pkkim}@mina.chosun.ac.kr, <sup>\*</sup>sehyun@chosun.ac.kr

## The Representation of Temporal Relations for Building the Web Ontology

Kwanho Jung<sup>o</sup>, Hyunjang Kong, Junho Choi, Sehyun Park, Pankoo Kim  
 School of Computer Engineering, Chosun University

### 요 약

시맨틱 웹에서 가장 중요한 부분인 웹 온톨로지 구축을 위한 많은 연구는 많은 발전과 표준화를 거쳐서 현재 웹 온톨로지 구축 언어인 OWL을 가장 널리 이용하여 웹 온톨로지를 구축하고 있다. 온톨로지의 구축에서는 각 개념간의 관계의 정의가 매우 중요하며, 이를 표현하고 정의하는 많은 일련의 과정이 진행되고 있다. 그러나 온톨로지 구축 시에 중요하게 여기어지고 있는 개념간의 관계표현은 아직도 많은 부분 미흡하다. 특히 시간관계 표현에 관한 내용은 일반적으로 중요하게 생각되어지고 있지만, 그 표현 방법이 제시되지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 온톨로지 구축 시 생겨나는 많은 관계들 중, 특히 시간적 관계를 표현하고, 적용하여 그 실용성을 제시하고자 한다.

### 1. 서 론

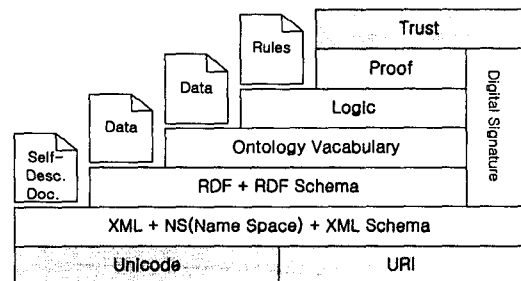
시맨틱 웹은 사람뿐만 아니라 기계도 정보를 이해할 수 있도록 해주는 차세대 웹을 말한다. 1990년대 후반 팀 버너스리가 차세대 웹인 시맨틱 웹을 제안했고 [1][2], 그 실현을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 시맨틱 웹의 핵심적 역할을 하는 부분이 바로 온톨로지라 말할 수 있다. 특히, 웹 온톨로지를 구축하기 위한 많은 연구가 있었으며, 그 결과, 온톨로지 구축 언어의 발전을 가져왔다. 최근에는 W3C에서 DAML+OIL을 보완하여 표준화하고 있는 OWL을 이용하여 웹 온톨로지를 구축을 꾀하고 있다 [3]. 온톨로지에 대한 연구는 오래 전부터 중요한 분야로 연구가 진행되어져 왔으며, 온톨로지는 개념간의 관계 정의를 통하여 개념사이에 발생하는 의미적 모호성을 해결하고, 인간이 이해하는 개념과 기계가 이해하는 개념의 이질성을 극복하고자 한다. 이러한 관계의 정의는 온톨로지 구축 시 중요한 부분이며, 온톨로지 구축 시에 다양한 관계들이 도출된다. 이렇게 다양한 관계들의 정의에 현재까지의 OWL은 미흡하며, 특히 일상생활에서 혹은 비즈니스 처리에서 중요하게 생각되는 시간적 관계의 정의를 위한 부분은 아직까지 제시되지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 웹 온톨로지의 구축에서 발생가능한 시간적 관계를 도출하고, 시간 관계 정의를 위한 새로운 Axiom을 만든다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시맨틱 웹과 Description Logic등 본 연구와 관련된 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 주장하고자 하는 웹 온톨로지 구축에서 발생하는 시간 관계의 도출과 시간 관계의 정의를 위한 새로운 Axiom을 만드는 과정에 관한 내용을 전개한다. 끝으로 4장에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 시맨틱 웹

현재의 HTML로 작성된 문서형태의 웹에서는 사람에게 정보를 제공하는 역할을 하고 있지만, 컴퓨터 자체적으로 그 문서의 내용을 이해할 수 없으므로, 정확하지 않은 정보 제공의 확률이 높다. 이러한 한계점의 극복을 위해 컴퓨터가 이해할 수 있는 지식의 원천으로 웹을 구성하고자 하는 시맨틱 웹에 대한 제안이 1990년대 후반 팀 버너스리에 의해서 처음으로 제안되었다. [그림 1]은 팀 버너스리가 제안한 시맨틱 웹의 계층구조이다 [1][2].



[그림 1] 팀버너스리의 Semantic Web "layer cake"

#### 2.2 Description Logic

Description Logic은 RDF, RDF Schema, DAML+OIL, OWL의 기본이 되는 logic이다. Description Logic은 간단한 개념들과 관계들로부터 복잡한 개념들간의 관계 표현이 가능하며, 개념들 간의 역할 표현을 위한 정의를 가능케 한다. [표 1]은 Description Logic에서 사용하고 있는 Constructor, Syntax와 Semantics를 표현하고 있다 [4].

[ 표 1 ] DL Constructor, syntax 및 semantics

Constructor	Syntax	Semantics
Concept	$A$	$A^I \subseteq \Delta^I$
Role name	$R$	$R^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$
conjunction	$C \sqcap D$	$C^I \cap D^I$
value restriction	$\forall R.C$	$\{X \in \Delta^I \mid \forall y.(xy) \in R^I \Rightarrow y \in C^I\}$
existential quantification	$\exists R$	$\{X \in \Delta^I \mid \exists y.(xy) \in R^I\}$
top	$\top$	$\Delta^I$
bottom	$\perp$	$\emptyset$
negation(C)	$\neg C$	$\Delta^I \setminus C^I$
disjunction(U)	$C \sqcup D$	$C^I \cup D^I$
existential restriction(E)	$\exists R.C$	$\{X \in \Delta^I \mid \exists y.(xy) \in R^I \wedge y \in C^I\}$
number restrictions(N)	$(\geq nR) (\leq nR)$	$\{X \in \Delta^I \mid \#\{y \mid (xy) \in R^I\} \geq n\}$
collection of individuals(O)	$\{a_1, \dots, a_n\}$	$\{a_1^I, \dots, a_n^I\}$
Role heirarchy	$R \sqsubseteq S$	$R^I \subseteq S^I$
Inverse role	$R$	$\{(y,x) \mid (x,y) \in R^I\}$

2.3 DL기반의 시간표현

Description Logic를 기반으로 이를 확장하여 시간적인 표현을 하고자 하는 연구가 진행되고 있다. Temporal Description Logics은 특정시점을 DL기반으로 표현하고자 하는 Point-based notion of time과 시간의 간격을 DL기반으로 표현하고자 하는 Interval-based notion of time으로 크게 나누어 진다.

2.3.1 Point-based notion of time

Point-based notion of time은 특정 시점에 대한 Description Logic 기반의 표현이다. Point-based notion of time은 특정 시점의 표현을 위한 temporal operators를 Description Logic과 사용한다. 다음은 temporal operators이다.

- $C, D \rightarrow CUD \mid (C \text{ until } D) \quad (\text{until})$
- $CSD \mid (C \text{ since } D) \quad (\text{since})$
- $\diamond^+ C \mid (\text{somefut } C) \quad (\text{future existential})$
- $\diamond^- C \mid (\text{somepast } C) \quad (\text{past existential})$
- $\square^+ C \mid (\text{allfut } C) \quad (\text{future universal})$
- $\square^- C \mid (\text{allpast } C) \quad (\text{past universal})$

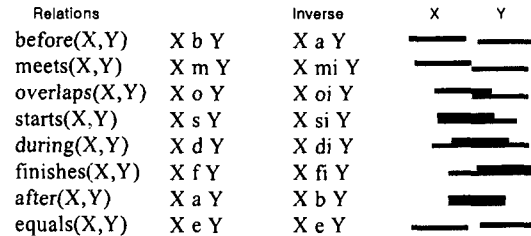
위의 temporal operators는 특정 시점  $\diamond^+$ (sometime in the future),  $\diamond^-$ (sometime in the past),  $\square^+$ (always in the future),  $\square^-$ (always in the past)에 대한 표현이다. 그리고  $\diamond^+$ ,  $\square^+$ 는  $\diamond^+ C \equiv \top UC$  와  $\square^+ C \equiv \top SC$ 처럼 정의 가능하다.

다음으로, 추가된 temporal operators를 사용하는 개념의 예로, "Mortal"의 정의에 대하여 생각해 보자. "Mortal"은 어떤 장소에서 현재 살고 있는 모든 개체들이 그 삶을 영원히 멈출 때까지를 의미한다. 이 개념은 temporal operators를 이용하여 다음과 같이 표현 가능하다.

$$\text{Mortal} \equiv \text{LivingBeing} \sqcap \forall \text{LIVES-IN.Place} \sqcap (\text{LivingBeing} \sqcup ?^+ \neg \text{LivingBeing})$$

2.3.2 Interval-based notion of time

Interval-based notion of time은 시간적 간격의 표현이다. Allen은 temporal intervals사이의 서로 다른 관계를 13가지로 정의하고 있다. Allen의 interval relations은 다음 [그림 2]와 같다[5][6][7].



[그림 2] The Allen's interval relationships

위에서 설명되는 interval relation의 표현을 사용하여, "Mortal"의 개념을 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Mortal} \equiv \text{LivingBeing} \sqcap \langle \text{met-by} \rangle \neg \text{LivingBeing}$$

3. 시간개념의 표현

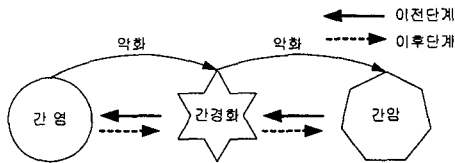
3.1 시간표현의 필요성

전문적인 분야를 막론하고 일반적인 지식정보검색에서는 정보를 보다 신속하고 정확하게 검출하고자 한다. 이런 요구조건에 부합하기 위해 온톨로지를 바탕으로 한 시맨틱 웹이 출현하게 되었다. 현재 세계 각처에서는 특정 도메인의 전문적인 용어들의 관계를 온톨로지로 구축하여 이를 활용하고자 하는 움직임이 활발하게 일어나고 있다. 온톨로지를 표현하는 언어들은 W3C와 일부학회를 중심으로 표준화 또는 연구가 현재 진행중이다. 하지만 이런 언어들은 아직 표준화 되지 않았고 또한 최종개발이 이루어지지 않아 모든 영역에서 표현하고자 하는 객체들의 관계를 완벽히 표현하지 못 하고 있다.

온톨로지를 구축하는데 있어 기존의 관계표현으로는 표현하지 못 하는 관계들이 존재하고 있으며, 그 대표적인 예가 시공공간적인 관계이다. 일상생활에서는 물론 전문영역으로 세분화 되어 질수록 시간적인 표현은 더욱 요구되어지고 있다. 간단한 예로 의료분야에서 질병 온톨로지 구축을 생각해 보자. 간경화는 가벼운 간염에서 시작하여 간암으로 발전할 수 있다. 여기서 간염은 간경화를 발생시키는 주원인이다. 즉 간염은 간경화의 이전 증상이 되고 또한 간염은 간경화의 이후 증상이 될 수 있다. 기존의 온톨로지 언어를 이용하여 이들간의 관계를 정의 하고자 할 때 시간적인 관계 '이전'과 '이후'의 표현은 가장 큰 난점으로 대두되어진다. 이런 경우는 비단 질병 온톨로지에서만 나타나는 것이 아니며 다른 특정 온톨로지의 구축에서도 발생한다. 이런 문제의 해결을 위해 시간관계 표현의 연구가 필요하다.

3.2 DL기반 시간표현 정의

이 장에서는 DL기반의 새로운 시간관계 표현을 정의한다. Allen은 시간관계 표현을 위해 13가지의 관계를 정의하고 있다. 이는 DL의 확장된 개념에서 비롯된 것이지만 아직 추론적인 증명을 하지 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 시간표현의 핵심적인 요소인 '이전', '이후' 관계에 대해서 정의한다. 앞 절에서 질병 온톨로지 구축시 시간의 표현에 대해 간단하게 언급하였다. 질병 온톨로지 구축시 발생할 수 있는 간단한 관계를 도식화하면 [그림 3]와 같다.



[그림 3] 질병 온톨로지에서의 시간 관계

[그림 2]에서 각 개념들 사이의 관계는 Inverse적 관계를 가지고 있다. 즉 아래와 같은 관계가 성립한다고 할 수 있다.

$$\exists R.C \rightarrow \neg \forall R.\neg C$$

$$C \cup D \rightarrow \neg (\neg C \cap \neg D)$$

새로운 시간적 관계를 도출하기 위해선 우선 DL적인 정의가 필요하다. 최상위의 시간을  $T$ 라 하고 각 시간적 개념을 가진 개념들을  $t$ 로 표현한다면,  $t < T$ 로 표현 할 수 있으며 또한 각각의  $t_1 \dots t_n$ 에 대해서

[표 2] 시간 개념에 대한 Syntax와 Semantics

Syntax	Abstract	Semantics
$t_1 \dots t_n$	$t_1 \cap \dots \cap t_n$	$t_1^T \cap \dots \cap t_n^T$

[표 2]와 같이 나타낼 수 있다. 시간적 개념을 지닌  $t_1, t_2$ 에 대해선 서로 개념적 중복을 허용하지 않는다. 즉  $t_1 \neq t_2$ 이며 또한  $t_1 \not\subseteq t_2, t_2 \not\subseteq t_1$ 이 성립해야 한다. 또 최상위의 시간개념  $T$ 에 대해 아래와 같은 조건이 성립해야 한다.

$$T \cap \exists t$$

최상위 시간개념  $T = (\Delta^T, \cdot^T)$ 에 대한 Syntax와 Semantic을 나타내면 다음 [표 3]과 같다.

[표 3] 최상의 시간개념의 Syntax와 Semantics

Constructor	Syntax	Semantics
atomic temporal concept	$t$	$t^T \subseteq \Delta^T$
atomic role	$R$	$R^T \subseteq \Delta^T \times \Delta^T$
conjunction	$t_1 \cap t_2$	$t_1^T \cap t_2^T$
disjunction	$t_1 \cup t_2$	$t_1^T \cup t_2^T$
exists restrict	$\exists R.t$	$\{x \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^T \wedge y \in t^T\}$

위의 조건들을 이용하여 '이전' 과 '이후'라는 시간적 관계를 정의하면 다음 [표 4]와 같다.

[표 4] before와 after 시간관계 정의

$$\text{before} \doteq (T \cap \exists t_1.\text{date}) > \exists (T \cap \exists t_2.\text{date})$$

$$\text{after} \doteq (T \cap \exists t_1.\text{date}) < \exists (T \cap \exists t_2.\text{date})$$

$t_1$  과  $t_2$ 는 시간개념을 가지고 있는  $T$ 의 하위 요소여야 하며 'date'은 실질적인 시간적 속성 값을 가지고 있어야 한다. 예를들면 아침과 저녁이라는 시간적 개념이 'date'에 올 수 있으며 또한 어떤 특정 날짜나 특정 시간, 특정 계절이 올 수도 있다. 최상위 시간적 개념을 벗어나지 않는 범위 안에서 't'의 시간개념에 속성제안으로 특정 시간 값을 부여 할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

온톨로지 구축에서 시간적인 표현이 요구되는 분야 및 관계가 존재하지만 현존 온톨로지 표현 언어로는 이를 표현하지 못 한다. 본 논문에서는 Description Logic기반의 시간적 관계표현을 위해 Syntax 및 Semantics를 정의하고, 이를 기반으로 새로운 시간관계 표현 'before', 'after'를 정의해 보았다. 이 두개의 새로운 Axiom에 대해 추론적 검증은 아직 향후 연구과제로 남아있다. 앞으로 새로운 시간관계 표현을 현존하는 온톨로지 언어로 표현하는 연구가 더 이루어져야 한다.

Reference

- [1] Tim Verner-Lee, James Hendler, and Ora Lassila. The Semantic web. *Scientific American*, May 2001
- [2] S.A. McIlraith, T.C. Son, H.Zeng. Semantic Web Service, *IEEE Intelligent System*, March/April 2001
- [3] Peter F. Patel-Schneider, Patrick Hayes, Ian Horrocks, "OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax, W3C Working Draft 31 March 2003", <http://www.w3.org/TR/2003/WD-owl-semantics-20030331>
- [4] F.Wolter and M.Zakharyashev. "Modal description Logics: Modalizing roles", *Fundamenta Informaticae*, 39:411-438, 1999
- [5] J.F. Allen, "Temporal reasoning and planning", in J.F. Allen, H.A. Kautz, R.N. Pelavin, and J.D. Tenenber, editors, *Reasoning about Plans*, chapter 1, pages 2-68. Morgan Kaufmann, 1991
- [6] F. Wolter and M. Zakharyashev, "Temporalizing description logics", In Proc. of Fro-Cos'98, Amsterdam, NL, 1998.
- [7] Alessandro Artale and Enrico Franconi, "A survey of temporal extensions of description logic", *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 2000.