Journal of Korea Multimedia Society Vol. 23, No. 5, May 2020(pp. 667-672)
https://doi.org/10.9717/kmms.2020.23.5.667

통신부대 임무수행을 위한 전장온톨로지

이유진†, 이경호††

Battlefield Ontology for Communication Unit Mission

Yujin Lee†, Kyong-Ho Lee††

ABSTRACT

Defense M&S (Modeling&Simulation) is a tool that creates a virtual battle situation similar to the real world, measuring and evaluating the effects of war or combat elements. However, it is very challenging to consider all the possible outcomes on the battlefield. To solve this problem, we propose a battlefield ontology, which conceptualizes the data of battlefield situation with tactical considerations. The proposed battlefield ontology is evaluated based on various communication posts in war game scenarios. The battlefield ontology is expected to assist the process of quick and accurate command decisions in convoluted battlefield situations.

Key words: Defense Modeling&Simulation(M&S), Battlefield Ontology, Conceptual Model

1. 서 론

정보통신의 발달로 미래전장은 화력장비 위주의 플랫폼 (PCW : Platform Centric Warfare)에서 지리적으로 분산되어 있는 모든 전력을 네트워크로 연결하는 네트워크 중심전 (NCW : Network Centric Warfare)으로 변화하고 있다. 안정적인 통신환경을 구성하는 것은 작전의 성패와 직결되는 매우 중요한 요소이며 특히 무선장비의 가시선 (LOS : Line of Sight) 확보를 위해 지형정보 분석은 필수적인 요소이다. 가상의 전장환경을 구성하여 전투효과를 평가하는 국방 M&S (Modeling & Simulation) 분야에서도 지형정보를 고려한 통신환경과 전투 생존률에 미치는 영향[1]이 연구된 바 있다. 그러나 국방 M&S에서 실제 전장에서 받을 수 있는 모든 영향들을 고려하는 것은 매우 복잡하다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위한 방법으로 전술적 고려요소인 METT-TC (임무, 적, 지형, 시간, 부대, 민간고려요소)와 지형공간정보로 전장상황을 구성한 온톨로지(ontology) 모델을 제안한다.

제안된 방법은 통신부대의 통신소 이동작전 상황에 적용하고 구체적 예제를 통하여 검증한다. 이는 복잡한 전장상황에서 지휘관이 신속하고 정확한 지휘결심을 할 수 있는 의사결정체계로서 도움을 줄 것이며 차후 전투부대의 생존성을 보장하고 원활한 작전을 지원할 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 국방 모델링 및 시뮬레이션(M&S)의 개념과 국방 M&S 분야의 온톨로지 선행 연구사례를 설명하고 3장에서는 제안하는 통신부대 임무 수행을 위한 전장 온톨로지 모델을 소개한다. 4장에서는 전장상황에서 통신소 위치를 선정하기 위해 Use-cases를 통하여 온톨로지를 검증하고 마지막 5장에서는 최종적인 결론과 향후 연구 방향에 대해 제시한다.

※ Corresponding Author : Kyong-Ho Lee, Address: (03722) 50, Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, Republic of Korea, TEL : +82-2-2123-5712, FAX : +82-2-365-2579, E-mail : khlee89@yonsei.ac.kr
Receipt date : Mar. 17, 2020, Revision date : Apr. 11, 2020
Approval date : Apr. 17, 2020
† Defense Security Support Command
(E-mail : yjlee@icl.yonsei.ac.kr)
†† Department of Computer Science, Yonsei University

2. 관련연구 : 국방 M&S 및 온톨로지

국방 M&S는 모델링과 시뮬레이션의 합성어로 기존의 워게임 영역을 확대하여 실전과 유사한 가상전투상황을 조성해 주고, 전쟁 또는 전투요소들의 효과를 측정 및 평가해 주는 도구이다. 국방 개념 모델링은 전투체계, 전장환경, 자연/인공현상 또는 절차/과정 등에 대한 물리적, 수학적 또는 논리적 표현개발 과정이고, 국방 시뮬레이션은 모델링의 산출물인 모델을 시간의 흐름상에 구현하기 위한 방법론이다. 국방 M&S는 다양한 기술을 이용할 수 있기 때문에 실제 군사활동을 대체할 수 있는 연구 분야이다. 특히 훈련과 관련된 국방 M&S 실험을 하기 위해 METT-TC를 활용하여 실 전장과 유사한 가상의 작전환경을 조성하며 이를 활용한 연구로는 합성전장훈련체계(LVC : Live, Virtual, Constructive) 구축[3, 4] 등이 있다.

온톨로지는 일종의 지식을 표현하는 방법으로 관심영역내에서 공유된 개념에 대해 정형화되고 명시적인 규약으로 정의할 수 있다[2]. 온톨로지로 지식과 정보를 기술하게 되면 체계적이고 논리적인 구조로 표현되며, 주어진 지식으로부터 결론을 유도해 내어 함축적인 지식을 명확하게 드러내는 추론(reasoning)도 가능하다. 또한 웹 기반의 지식 처리나 응용프로그램 사이의 지식공유, 재사용 등이 가능하여 이는 시맨틱 웹, 인공지능, 자연어 처리 등 다양한 정보기술 분야에서 연구되고 있다. 온톨로지는 다량의 정보 취합과 상호운용성 및 재사용성, 기계에 의한 자동추론의 장점으로 국방 분야에서도 꾸준히 연구되어왔다.

미국 국방성에서는 온톨로지를 자국내 정보체계 또는 타국과의 상호운용성을 해결하기 위한 도구로 국방 C4I(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence) 시스템의 정보공유를 위해 C2(command, control) 온톨로지[5] 구축하고 국방성 내·외부 임무 파트너들 간 데이터 상호운용성과 상호 이해도 제고하였다.

NATO는 연합작전을 위한 네트워크 기반 데이터 공유를 통한 신속한 의사결정을 위해 필요할 때 데이터를 가시화하고 신뢰성 있는 접근 및 이해를 증진시키기 위한 전략으로 지휘통제, 통신, 정보의 데이터를 교환하기 위한 JC3IEDM(Joint Consultation, Command, and Control Information Exchange Data Model) 데이터 모델[6]을 표준화하였다.

특정 임무(mission)를 해결하기 위해 Wang 등[7]은 탄도 미사일 방어를 위한 도메인 온톨로지를 제안함으로써 상황발생 시 프로세스 및 대응책에 대한 지식을 연결하였고 Kars 등[8]은 해군의 가상 전투공간을 온톨로지로 설계하여 전투 효과를 구현할 수 있는 환경을 구축했으며 Maathuis 등[9]은 군 사이버 작전을 이해하기 위한 표준모델의 필요함을 제기함으로써 실사례 연구를 통해 온톨로지를 검증하였다. 또한 장우혁[13]은 분산되어있는 무기체계의 부품국산화 정보를 온톨로지 구축을 통하여 가시적이고 직관적인 정보제공하는 시스템을 구축하였다.

그러나 임무 모델과 관련된 기존 연구들의 대부분은 임무 수행 절차에 중점을 두어 실제 전장에서 고려해야할 METT-TC 요소들이 누락되거나, 지형(Terrain)과 관련된 작전환경 묘사는 산, 강과 같은 지리적 특징(geographic feature) 정도만 설계되어 실제 임무 적용 시 우발사항에 대한 적용 한계와 작전지역에 대한 분석이 정밀하지 못하다는 한계점이 있다.

본 연구에서는 임무 수행에 영향을 주는 METT-TC를 온톨로지로 구축하고 지형정보를 정교화하여 부대 임무수행 모델구현과 지형공간 기반의 의사결정 지원을 지원할 것이다.

3. 부대 임무수행을 위한 전장 온톨로지 설계

온톨로지를 구현하는 방법으로 Methontology[10], On - To - Knowledge(OTK)[11], Ontology Development 101[12] 방법론 등이 있으며 본 연구에서는 Methontology 방법론을 적용하였다.

개념화 단계를 통해 부대가 작전 수행에 필요한 전장환경을 METT-TC 요소로 정의하고 각 개념간 관계를 지정하여 총 8개의 상위클래스를 Table 1과 같이 선정하였다.

그 중 Terrain 정보를 정밀하게 표현하기 위해 지형 온톨로지(USGS Ontology)를 기반으로 지리적 특성(geographic feature) 뿐만 아니라 건물, 도로 등의 인공구조물(Structure) 및 공간정보(GeoLocation)를 추가하였다(Fig. 1). 그리고 군 교범[8]을 활용하여 통신소 위치 선정시 고려요소를 Table 2와

Table 1. Properties of upper classe

클래스명	제약조건	연관 클래스명
Mission	isPartOf	Battlefield
	isOperatedAt	Time
Troops	isPartOf	Battlefield
	hasMission	Mission
	areLocatedIn	Terrain
	hasGeoLocation	GeoLocation
	hasAsset	Asset
Terrain	isPartOf	Battlefield
	hasWeather	Weather
GeoLocation	hasLocation	Terrain
Weather	isPartOf	Battlefield
Time	isPartOf	Battlefield
Civil	isPartOf	Battlefield
Asset	isPartOf	Battlefield

같이 추출하고 필요한 개념은 추가하였다.

각 부대는 전장 상황에 따라 통신소 위치 선정의 기준과 임무 내용이 달라지기 때문에 사용자에게 맞는 위치를 찾기 위해서는 미리 정의한 추론 규칙인 Table 3에 의해 결과를 추론하게 된다. 예를 들어 규칙 1은 임의의 부대(Troops)의 임무(has Mission)가 전개(Deployment)를 부여받고, 전투력(CombatPower)이 0.8 이상일 때 해당부대는 가용부대(available Troop)라 한다. 규칙 6은 부대가 있는 위치(areLocated In)와 해당지역의 날씨(hasWeather)가 비 또는 먼지가 많을 때 부대의 임무는 통신망 점검(Check) 이며 규칙 8은 임의의 지역(GeoLocation)이 도로, 언덕 등에 있고 적의 반경(RadiusOfAction)이 10 km 이상 떨어져 있을 때, 이는 가용한 통신소 위치(Candidate Post)라 한다.

최종 설계된 온톨로지의 구조는 Fig. 2와 같다.

4. 실험 및 검증

구현된 온톨로지 검증을 위해 통신부대의 통신소 이동 임무수행을 위한 가상의 전장환경(부대, 위치)을 구성하고 국토지리정보원에서 제공하는 강원도 화천군 일대 지역의 정보를 적용했다. 스키마 검증을 위해 SPARQL 질의를 사용하여 “3소대가 담당하는

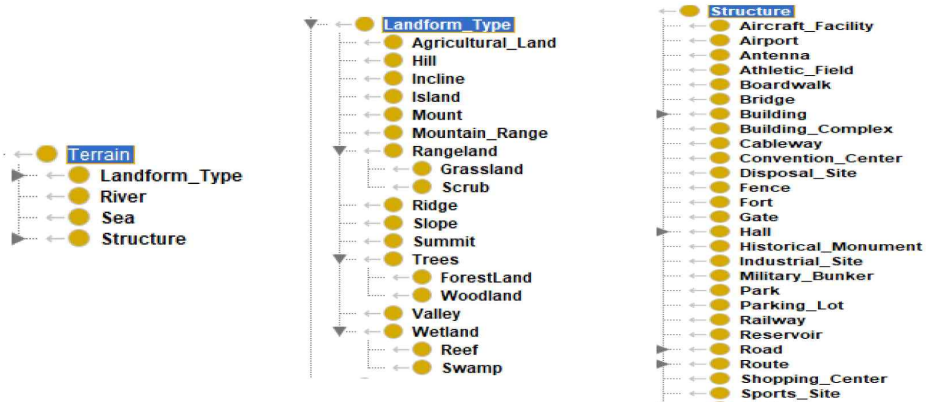

Fig. 1. Terrain class hierarchy.

Table 2. Considerations for selecting communication post location

구 분	고려요소	연관 클래스명
긍정 요소	· 통신소 노출이 되지않는 곳	Mountain, Ridge
	· 차량 기동로	Road, Highway
	· 소부대 지원(안테나 통달거리)	Coverage
	· 통신소 사이에 장애물이 없는 곳	Altitude, Building
부정 요소	· 적 예상 이동로, 활동범위 내	Enemy, Coverage
	· 통신소 노출이 되는 곳	Hill

Table 3. Rule sentences for communication unit mission

Rule	Rule sentence
Rule 1	Troops(?x)∧CombatPower(?x, ?a)∧[?a≥0.8]∧ID(?z)∧hasMission(?x, Deployment) → availableTroop(?x, ?z)
Rule 2	Troops(?x)∧hasMission(?x, Link)∧Link(?x, priority > 1) → supportTroop(?x, ?z)
Rule 3	supportTroops(?x)∧hasMission(?x, ?y)∧Mission(?y)∧missionType(?a)∧[?a=attack] ∧areLocatedIn(?x, ?z)∧Location(?z)∧Latitude(?v)∧Longitude(?w) → hasMission(availableTroop, Deployment)
Rule 4	AvailableTroops(?x)∧hasMission(?x, ?y)∧Mission(?y)∧missionType(?a)∧[?a=connect] ∧hasConnection(?x, SupportTroop(?z))∧[?z>Corps>Division>Battalion] → ConnectList(?x, ?z)
Rule 5	Troops(?x)∧attackedBy(?x, ?y)∧Enemy(?y)∨isnearBy(?y, ?x, ?d)∧ RadiusOfAction(?y, ?a)∧[?a≤20] → hasMission(?x, ReadytoWithdrawal)
Rule 6	Troop(?x)∧areLocatedIn(?x, ?y)∧Terrain(?y)∧hasWeather(?y, Rainy)∧ hasWeather(?y, Dusty) → hasMission(?x, Check)
Rule 7	Troop(?x)∧areLocatedIn(?x, ?y)∧Terrain(?y)∧hasWeather(?y, Lightning)∧ hasWeather(?y, Gale)∨Enemy(?z)∧hasGeoLocation(?y, ?w)∧ RaRadiusOfAction(?w, ?a)∧[?a<20]→ hasMissiont(?x, Disconnect)
Rule 8	GeoLocation(?x)∧isnearBy(?x, road)∧Terrain(?x, Hill)∧Enemy(?y)∧ hasGeoLocation(?y, ?z)∧RaRadiusOfAction(?z, ?a)∧[?a>10]∧hasWeather(?x, Sunny) → CandidatePost(?x, ?z)

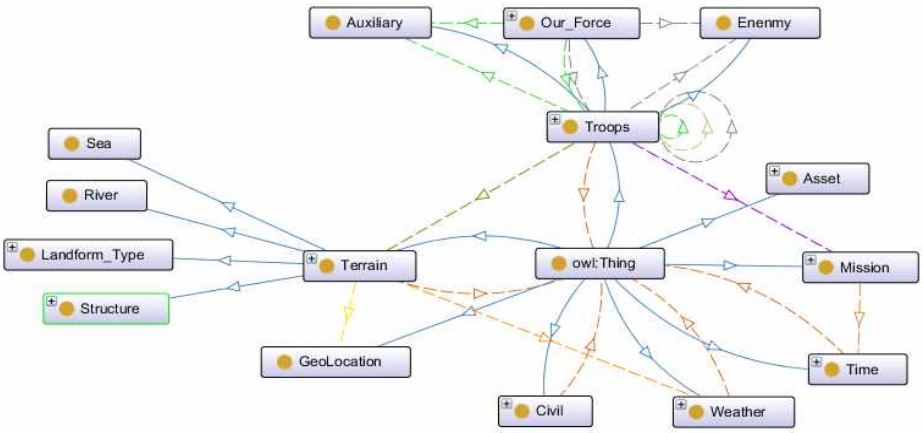

Fig. 2. Battlefield Ontology classes hierarchy.

통신소가 지원하는 부대는?"(통신망 정보) 질문에 부대명 정보가 반환되는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3).

가상의 전장 시나리오(Fig. 4)를 기준으로 A 통신소 위치는 사용자 원하는 지형평가 요소에 따라 결과가 다르게 나오게 된다. 총 3가지의 상황을 부여하여 온톨로지를 검증하였다.

첫 번째 상황은 "A 통신소 고도보다 낮은 산 중에서 도로와 인접하고 날씨가 맑고 지원부대와의 거리 10 km 미만인 지역"으로 설정하였다. 규칙 8번에 의해 후보지역은 해당 통신소 기준으로 10 km 반경내 지형평가를 만족하는 전체 후보지역 위치정보를 Fig 5의 (a)로 반환한다.

두 번째 상황은 (a)에서 반환한 후보 위치정보 5개 중에 mount 5 지역 일대의 적 특작부대 활동이 포착되었다. 적 활동반경은 5km로 설정하였으며 이론적으로 적 위치로부터 직선 반경거리 5km에 포함되는 후보지역은 제외되어야 한다. Fig. 5의 (b)를 통해 최초 5개의 정보로부터 1개 지역이 제외되어 총 4개의

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX btf: <http://www.semanticweb.org/icl/ontologies/2019/6/untitled-ontology-13#>

SELECT DISTINCT ?Link ?UnitName
where
{
    btf:CP3 btf:hasLink ?Link.
   ?Link btf:Unit ?UnitName
}
```

	Link	UnitName
1	:Link3-1	9corps_10sig_1co_4p
2	:Link3-2	9corps_10sig_1co_1p
3	:Link3-3	9corps_10div
4	:Link3-4	9corps_330reg
5	:Link3-5	9corp_303bn

Fig. 3. Schema verification result.

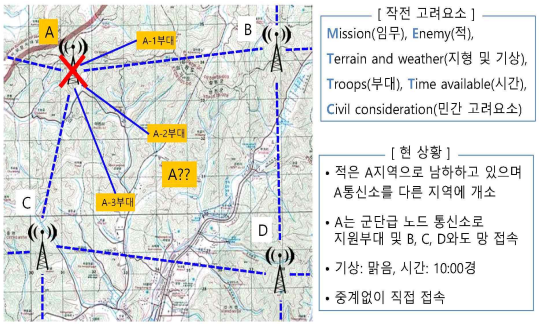

Fig. 4. Battlefield scenario.

위치정보가 반환되는 것을 확인할 수 있다.

세 번째 상황은 작전상황 변경으로 추가적으로 통신을 지원해야 하는 추가 지원부대 A-4가 생겼을 때로, 해당부대는 mount 13 지역에 전개할 예정이며 대대급이 보유하고 있는 통신장비의 안테나 통달거리를 고려하여 후보지역 좌표를 Fig. 5의 (c)로 반환한다.

실험결과를 종합해보면 전장상황이 변화함(작전반경, 적상황, 임무부여 등)에 따라 사용자에게 제안하는 결과가 다름을 확인할 수 있다. 이는 Battlefield Ontology를 통해 실시간 상황을 자동으로 인식하고 사용자가 원하는 질문에 해결방안을 제시한다는 점에서 복잡한 전장상황에서 지휘관에게 신속, 정확한 의사결정 지원이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 군사상황에서 지휘관이 작전수행을 하기 위해 전술적 고려요소(METT-TC)를 온톨로지로 설계하고 이를 바탕으로 통신부대가 임무수행에 필요한 최적의 위치 선정을 위한 지식모델(Knowledge Model)을 구현하였다. 전술적 고려요소(METT-TC: 임무, 적, 지형, 시간, 부대, 민간요소)로 전장상황을 조성 및 지형평가에 필요한 항목(건물 등의 인공구조물, 공간정보 등)을 개념화하고 개념들간의 관계를 전장 온톨로지(battlefield ontology)로 구현하였다. 제안된 모델은 강원도 화천의 실지형 데이터 정보를 적용하고 통신부대의 통신소 이동상황 시나리오에 기반하여 검증하였다. 실험결과를 통해 실시간 변하는 전장상황에 따라 정보를 종합하여 사용자의 의사결정에 도움을 주는 것을 확인하였다.

향후 연구로는 통신장비의 주파수, 극성 등을 고려하여 최종후보지를 우선순위별로 나열하는 것으로 확장이 가능할 것이다. 이를 통해 복잡한 작전상황에서 지휘관이 신속하고 정확한 지휘결심을 할 수 있도록 의사결정 지원에 도움을 줄 것으로 기대된다.

	Candidate	Altitude	Longitude	Latitude
1	:mount_13	"675.0"	"127.01021"	"38.0812"
2	:mount_2	"687.0"	"127.60416"	"38.15502"
3	:mount_22	"680.248"	"127.1119"	"38.0219"
4	:mount_5	"637.0"	"127.589226"	"38.182583"
5	:mount_8	"750.0"	"127.42144"	"38.02344"

(a) scenario 1

	Candidate	Altitude	Longitude	Latitude
1	:mount_13	"675.0"	"127.01021"	"38.0812"
2	:mount_2	"687.0"	"127.60416"	"38.15502"
3	:mount_22	"680.248"	"127.1119"	"38.0219"
4	:mount_8	"750.0"	"127.42144"	"38.02344"

(b) scenario 2

	Candidate	Altitude	Longitude	Latitude
1	:mount_13	"675.0"	"127.01021"	"38.0812"
2	:mount_2	"687.0"	"127.60416"	"38.15502"
3	:mount_22	"680.248"	"127.1119"	"38.0219"

(c) scenario 3

Fig. 5. Scenario verification results.

REFERENCE

[1] S.W. Shin, J.Y. Lee, S.M. Bae, C.M. Kim, "A Study on Simulation of Future Ground System Effectiveness Analysis Model with Communication Effects," *Journal of Applied Reliability*, Vol. 17, No. 2, pp. 168-180, 2017.

[2] T.R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220, 1993.

[3] F. John, "Distributed Mission Operations and Distributed Mission Training : A USAF Construct for the Live, Virtual, and Constructive Environment," *Military Technology*, pp. 24-29, 2004.

[4] K.S. Kim, "Synthetic Battlefield Training System Technology Trend and Development Direction," *Journal of The Korean Institute of Communication and Information Sciences*, Vol. 34, No. 11, pp. 27-35, 2017.

[5] B. Smith, M. Kristo, M. William, "The Ontology of Command and Control," *Proceedings of the 14th International Command and Control Research and Technology Symposium*, pp. 1334-1337, 2009.

[6] S. Wartik, "A JC3IEDM OWL-DL Ontology," *Proceedings of the 6th International Conference on OWL: Experiences and Directions*, pp. 248-251, 2009.

[7] W. Wang, F. Yang, W. Ma, X. Li, Y. Wu, "A Domain Ontology for Ballistic Missile Defense Conceptual Model," *Proceedings of the 48th Annual Simulation Symposium*, pp. 181-187, 2015.

[8] S. Kars, H. Qguztuzun, "An Ontology for Naval Wargame Conceptual Model," *Communications in Computer and Information Science*, pp. 1-11, 2011.

[9] C. Maathuis, W. Pieters, J. Berg, "A Computational Ontology for Cyber Operations," *Proceedings of European Conference on Cyber Warfare and Security, Academic Conferences and Publishing*, pp. 278-288, 2018.

[10] F. Mariano, G.P. Asuncion, J. Natalia, "Methontology: From Ontological Art Towards Ontological Engineering," *Proceedings of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence Spring Symposium Stanford*, pp. 33-40, 1997.

[11] Technical Report Project; *On - To - Knowledge Methodology-Final Version*, EU IST-1999-10132, 2002.

[12] Technical Report; *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, KSL-01-05, Stanford Knowledge Systems Laboratory, SMI-2001-0880, 2001.

[13] W.H. Jang, "A Study on Ontology Modeling for Weapon Parts Development Information," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 18, No. 7, pp. 873-885, 2015.

이 유 진

2008년 단국대학교 전자공학과 학사

2020년 연세대학교 컴퓨터과학과 석사

현재 군사안보지원사령부 안보지원팀장

관심분야 : 국방 M&S, 시맨틱웹

이 경 호

1995년 연세대학교 컴퓨터과학과 학사

1997년 연세대학교 컴퓨터과학과 석사

2001년 연세대학교 컴퓨터과학과 박사

현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

관심분야 : 지식그래프, 시맨틱웹