

전장 인식 지능화를 위한 전장상황 다중추론 기술에 관한 연구

진 소 연[°], 이 우 신^{*}, 김 학 준^{*}, 조 세 현^{*}, 강 유 리^{*}

A Study on Multiple Reasoning Technology for Intelligent Battlefield Situational Awareness

So-yeon Jin[°], Woo-sin Lee^{*}, Hack-joon Kim^{*}, Se-hyeon Jo^{*}, Yu-ri Kang^{*}

요 약

감시정찰 분야와 통신 분야의 기술 발달로 인해 전술 정보량이 급증하고 있으며, 합동 지휘체계로 운용성이 높아짐에 따라 복합적인 상황 인식 서비스가 필수적으로 요구되고 있다. 그러나 우리 군은 감시정찰체계에서 수집된 정보를 정보분석관에 의해 분석하여 시스템에 저장하고, 수집된 상황 정보를 교범에 따라 상황을 평가하여 지휘관에게 단순한 규칙 기반으로 지식을 제공하고 있다. 그러나 다량의 정보원으로부터 수집되는 상황 정보를 저장하는 전장 지식베이스를 기반으로 규칙 기반에서 벗어나 지휘관이 즉흥적인 질의를 통해 복합적으로 상황을 인지할 수 있도록 지원하는 시스템이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 연관된 질의를 자동으로 생성하고 구체화하여 전장 지식베이스에서 복합적인 추론 결과를 도출할 수 있는 기술을 제시하였으며, 전장상황 다중추론 구현 사례를 통해 제안 기술이 지휘관의 지휘 결심을 지원할 수 있음을 검증하였다.

키워드 : 상황인지, 전장상황인지, 지능형 추론, 다중추론

Key Words : Context awareness, Battlefield Situational Recognition, Intelligent reasoning, Multiple reasoning

ABSTRACT

Due to technological advances in the surveillance and reconnaissance field and the communication field, the amount of tactical information is rapidly increasing, and as a joint command system increases operability, a complex situational awareness service is required. However, our military analyzes the information collected from the surveillance reconnaissance system and stores it in the system, and evaluates the situation according to the manual for the collected situation information to provide the commander with knowledge based on simple rules. But, there is a need for a system that supports the commander to recognize the situation in a complex manner based on the commander's impromptu query based on the battlefield knowledge base that stores situation information collected from a large number of sources. To this end, this paper presented a technique that can automatically generate and refine related queries to derive complex inference results from the battlefield knowledge base. Through examples of multiple reasoning implementation, it was verified that the proposed technology can support the commander's decision.

[°] First and Corresponding Author, Corresponding Author : HanwhaSystems, soyeon.jin@hanwha.com, 수석연구원, 정회원

^{*} HanwhaSystems, woosin.lee@hanwhasystems.com, 수석연구원, 정회원; hjn.kim@hanwhasystems.com, 수석연구원; shn.jo@hanwhasystems.com, 전문연구원; yuri.k54@hanwhasystems.com, 연구원

논문번호 : 202003-070-C-RU, Received March 30, 2020; Revised May 15, 2020; Accepted May 25, 2020

1. 서 론

현대/미래 전장은 전통적인 전면전에서 벗어나, 테러나 사이버전 등 불확실한 위협과 같은 복잡하고 새로운 전장상황으로 변화하고 있다. 그리고 감시정찰 분야 센서 기술과 통신 기술의 발달로 인해 전술 정보량이 급증하고 있으며, 육군, 공군, 해군 등의 합동 지휘체계로 운용성이 높아짐에 따라 실시간적이면서 복합적인 상황 인식 서비스가 필수적으로 요구되고 있다. 이에 따라 우리 군은 지휘관의 전장 인식을 지능화하기 위해 전장관리체계(KJCCS, JFOS-K, ATCIS, MIMS 등)를 구축하여 사용하고 있으나, 전장 정보 분석가들에 의해 수작업으로 감시 정찰체계에서 수집된 정보를 분석하고 정리하여 시스템에 저장 관리하는 실정이다¹⁾. 이를 극복하기 위해 육군 전술 C4I 체계 지원을 위한 “상황 위협 평가 전문가 시스템(STAFS)”를 연구^{2,3)}한 사례가 있다. 또한, 국방 온톨로지를 이용하여 육군전술지휘정보체계(ATCIS)에서 사용되는 정보의 의미를 기계에 이해시키고, 이러한 온톨로지를 기반으로 장교들의 군사 지식을 저장하여, 규칙 기반으로 군사적 상황 지식을 제공하는 연구⁴⁾가 진행되었다. 이 연구에서는 단편적인 상황 정보들이 수집되면 시스템에서 미리 정해진 쿼리를 수행하여 규칙 기반으로 위협한 상황을 인지하여 지휘관에게 알림을 제공함으로써 지휘관에 지휘 결심을 도와주는 방식이다. 그러나 육, 해, 공의 복합적인 상황 정보들이 수집되고, 적의 계약에 의한 허위 상황 정보들이 수집될 수 있으므로, 모든 상황 정보들이 사실임을 간주하고, 규칙 기반으로 지휘관의 의사 결정을 수행하기에는 위험성이 크기 때문에, 지휘관은 시, 공간적 측면, 사회적 관계 측면 등 상황 정보를 복합적으로 확인하고 최종적인 지휘 결심을 할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 규칙 기반에서 벗어나 지휘관의 즉흥적인 질의에 따라 관련된 연관 질의를 자동으로 생성하고, 전장 지식베이스 내에서 다각적인 상황추론을 도출하는 기술에 대해 제시하고자 한다.

상황추론에 관한 최근의 연구로는 그래프 탐색을 통한 방법⁵⁾, WCSP(Weighted Constraint Satisfaction Problem)를 이용한 추론 방법⁶⁾이 있다.

그래프 탐색을 통한 상황추론을 제시한 연구는 사전에 예상되는 사용자 상황 질의에 대해 질의 간 연관성을 저장하고 있는 질의 DB를 생성한 후, 사용자의 상황 질의가 정보 요구서 형태로 입력되면 질의 DB에서 입력 질의와 관련된 연관질의를 서브 그래프 형태로 추출하고, 연관질의에 대한 답을 찾기 위해 전장

상황을 저장하고 있는 전장 지식베이스에서 지식요소를 추출하여 상황추론을 수행한다. 정보 요구서에는 사용자가 알고 있는 정보에 대해 한 개 이상의 그래프 DB의 탐색 진입점이 기술되어 있으며, 주어, 서술어, 목적어의 트리플 형태로 사용자가 알고자 하는 사건 정보가 무엇인지에 대해 세분되어 XML 형태로 기술되어 있다. 이와 같은 환경 조건에서 추가적인 상황/사건 파악을 위해 별도 질의 DB를 구성하여 정보 요구서의 진입점을 기반으로 추가적인 서브 질의를 생성하는 과정을 수행한다. 생성한 서브 질의들은 진입점을 기준으로 다시 상황 정보들을 담고 있는 지식베이스의 그래프 노드와 일치시키고, A* 알고리즘을 사용하여 지식 그래프에서 진입점을 언급한 근처를 탐색한다. 탐색 과정에서 사건과 관련된 개체 정보와 관계정보를 추가하여 로컬 그래프를 확장한다. 이렇게 생성된 로컬 그래프들은 상황 추론된 가설들이 된다. 이 연구는 질의를 구체화해 놓은 정보 요구서와 사전에 구축된 연관 질의 그래프를 통해 추론 가설을 다양하게 도출할 수 있는 장점을 갖고 있지만 연관질의를 생성하기 위한 질의그래프 DB를 별도 관리해야 하는 한계가 있다.

WCSP는 CSP(Constraint Satisfaction Problem)의 일반화로 일부 제약 조건의 위반정보를 찾는 방법으로 WCSP를 이용한 추론 연구에서는 전장 지식베이스에 새로운 정보를 저장할 때마다 온톨로지의 위반정보를 찾아내서 신뢰도 점수를 주고, 다중추론 시 신뢰도 점수를 이용해 가설을 도출해 내는 방법이다. 그래프 기반의 전장 지식베이스에서 질의에 포함된 정보를 중심으로 지정한 수 만큼 홑 수 이내의 지식요소를 탐색하여 추론을 수행한다. 이 연구에서는 질의에 포함된 개체 정보를 검색 진입점으로 전장 지식베이스에서 연결된 다른 개체에 대해 탐색을 수행하기 때문에, 다른 사건과의 연결성을 고려하지 않는 한계가 있다.

본 논문의 2장에서는 전장상황 인식용 온톨로지를 이용하여 사용자의 상황 질의에 대해 자동으로 연관하는 질의를 생성하고, 생성된 질의를 사용하여 전장 지식베이스에서 사용자 상황 질의와 관련된 지식요소를 추출하여 단위가설들을 생성하고, 생성된 단위가설들에 대해 정제하고 집합화하여 여러 가지 독립적 전장상황을 나타내는 최종가설들을 생성하는 기술을 제시한다. 3장에서는 제안하는 기술에 대해 실험을 통해 검증하고, 마지막으로 4장 결론을 통해 본 연구에 대한 의미와 향후 연구를 살펴본다.

II. 본 론

전장상황에 대해 다중추론한 가설들을 생성하는 과정은 그림 1과 같이 두 가지 과정으로 구성된다. 첫 번째 과정은 다양한 부대로부터 수집된 전장상황들이 전장 지식베이스(Battle Field Situation Knowledge Base)로 구축되어 있고, 전장상황 인식용 온톨로지 스키마에 대해 하이퍼그래프(Battle Field Situation Ontology Schema Hypergraph DB)로 구축한 상황에서 사용자 질의(User Query)가 입력되었을 때 전장 지식베이스에서 관련된 지식 요소를 검색하기 위한 진입점을 추출(Query Entry Point Extraction)하고, 진입점을 기준으로 하이퍼그래프의 이웃 노드를 찾아 질의와 관련된 추가로 알아야 하는 지식 요소들이 무엇인지 추출하는 과정(Neighbor Node Extraction)과 이를 통해 전장 지식베이스의 SPARQL쿼리로 변환하는 과정(SPARQL Conversion)으로 구성된다. 두 번째 과정에서는 앞서 생성한 SPARQL쿼리를 사용하여 전장 지식베이스에서 사건 지식요소와 그 사건의 역할을 맡은 개체 지식요소들을 추출하는 과정(Related Event/Entity Extraction)을 수행한다. 추출된 사건 지식요소를 중심으로 단위가설들을 생성(Generation Unit Hypothesis)하고, 단위가설들 중에 중복되는 단

위가설들을 삭제(Remove Redundancy Unit Hypothesis)하고, 남은 단위가설들에 대해 군집화 과정(Clustering Related Unit Hypothesis)을 통해 독립적인 전장상황으로 분류한다. 그리고 분류 별 소속된 단위가설들의 지식요소 조합을 통해 분류 별 하나의 전장상황으로 추론하여 최종 가설을 생성하고 가설별 신뢰도를 평가하는 과정(Ranking Final Hypothesis)을 수행한다. 각 과정별 세부 과정은 다음과 같다.

2.1 전장 지식베이스 구축

감시정찰 활동과 첩보 활동을 통해 전장상황 정보는 다양한 소스로부터 수집된다. 이러한 전장상황 지능화를 위해서는 다양한 소스로부터 수집된 상황 정보들을 전장상황 온톨로지를 기반으로 전장 지식베이스로 구축되어야 한다. 기계적으로 전장상황 추론을 위해서는 시스템에서 사용할 개체, 개체 간의 관계, 사건이 정의되어 있어야 한다. 여기서 개체, 개체 간의 관계에 대한 지식베이스는 RDF(Resource Description Framework) 트리플 형태로 기 연구된 사례들^{7,8)}을 활용하여 기반이 되는 전장 지식베이스를 구축한다. 여기에 수집되는 사건 상황 정보들에 대한 지식요소를 RDF 트리플 형태로 전장 지식베이스에 추가할 수 있도록 구축한다. 특히 사건 지식요소 별 여러 가지 사건의 역할들로 사건을 설명할 수 있으며, 사건의 역할로 개체 지식요소들이 채워질 수 있다. 따라서 기계적으로 사건들에 대해 표현할 수 있도록 온톨로지 스키마로 사건들을 정의해야 하며, 사건 별로 사건역할을 정의해야 한다. 또한, 사건역할 위치에 올 수 있는 개체 유형에 대한 정의도 온톨로지 스키마에 포함되어야 한다.

2.2 연관질의 생성

연관질의 생성과정은 상황을 질문하는 사용자 질의 내에 포함된 개체 인스턴스와 개체의 사건역할을 찾아내고, 이를 기반으로 개체 인스턴스와 관련된 사건들의 세부 정보들을 찾을 수 있는 질의를 생성하는 과정이다. 사건과 사건들은 독립적으로 이뤄질 수 있기도 하지만 인과 관계가 있을 수 있다. 예를 들어 그림 2와 같이 공격 사건(Attack EVENT)에서 공격이 이뤄진 지역은 파괴 사건(Damage Destroy EVENT)의 장소가 같을 수 있으며, 이러한 파괴사건의 지지자는 이동 사건(Movement EVENT)의 이동한 사람과 같을 수 있다. 이와 같은 연관된 상황정보를 추출하기 위해서는 사용자 질의 속에 언급된 B 지역 개체 인스턴스와 “공격.장소”라는 사건역할을 이용하여 “파괴.장소”,

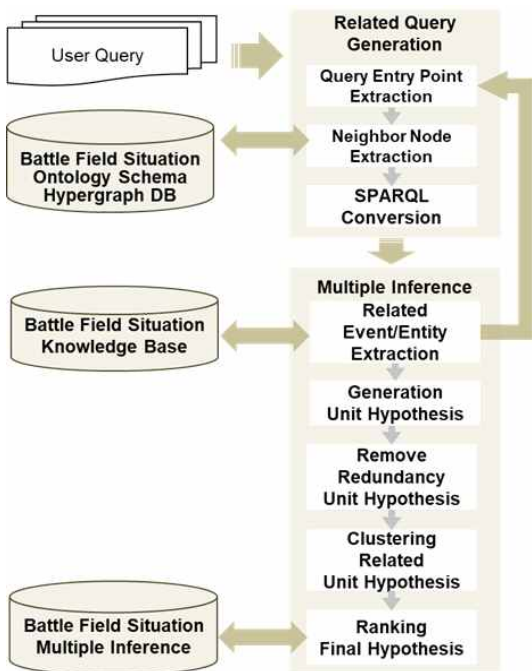


그림 1. 전장상황 다중추론 과정
Fig. 1. Battle Field situation multiple inference process

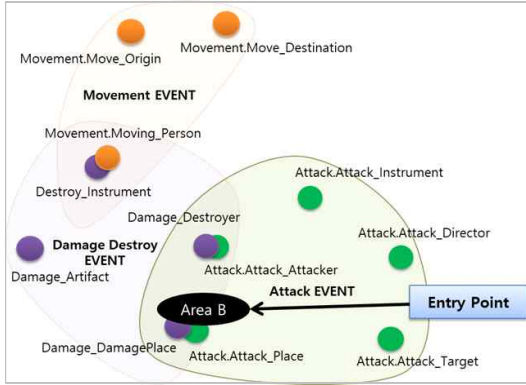


그림 2. 사건 간 관계 사례
Fig. 2. Example of events relationship

“이동.장소” 등 지리적 개체 유형의 B가 맡을 수 있는 다른 사건역할들이 존재하는지 찾아내야 하며, 존재하는 경우, 해당 사건에 관련된 다른 개체 지식요소들이 존재하는지 찾을 수 있어야 한다. 또한, 진장상황은 여러 가지 감시정찰 센서로부터 수집되기 때문에, 진장 지식베이스에는 동일한 상황정보, 상충되는 상황정보, 적의 기만 정보들이 포함되어 있을 수 있다. 따라서 우선으로 사용자 질의와 관련된 모든 진장상황 지식요소들은 추출되어야 한다. 이를 위해 진장 지식베이스에서 사용자 질의와 관련된 연관질의를 생성할 수 있어야 한다. 예를 들어 앞서 설명한 그림 2의 사례와 같이 사용자 질의가 “B 지역의 공격 상황은?”인 경우 “B 지역의 파괴사건이 있는가?”, “B 지역의 이동한 사건이 있는가?”라는 연관질의를 생성해야 한다. 그리고 파괴사건이 존재한 경우, “파괴사건의 파괴자는 누구인가?” “파괴사건의 파괴된 인공물은 무엇인가?”라는 연관질의를 생성해야 한다.

이를 위해 연관질의를 생성하기 위한 준비 과정으로 진장 지식베이스의 온톨로지 스키마의 정보를 이용하여 그림 3의 사례와 같이 개체 유형(Entity Type) 별 맡을 수 있는 사건역할(EventRole)이 무엇인지 하이퍼그래프(T_{en})를 생성해야 하며, 그림 4의 사례와 같이 각 사건(Event)의 특징 별 사건 역할들이 무엇인지 하이퍼그래프(T_{ev})를 생성해야 한다.

T_{en} 은 개체 유형들(ent)을 edge로 사건역할(r)을 node로 하는 하이퍼그래프로 표현할 수 있다. T_{ev} 는 사건(evt)을 edge로 사건역할(r)을 node로 하는 하이퍼그래프로 표현할 수 있다. 각 하이퍼그래프는 아래와 같은 수식으로 표현할 수 있다.

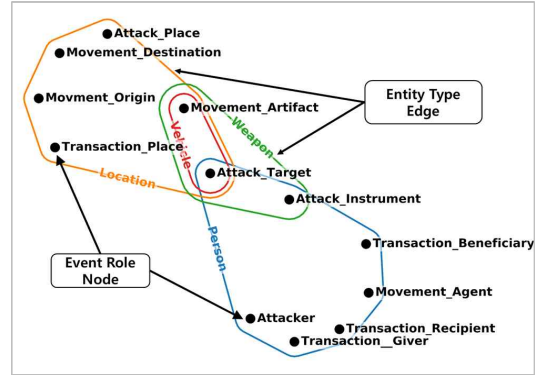


그림 3. 개체 유형/사건역할 하이퍼그래프 사례
Fig. 3. Example of Entity/EventRole hypergraph

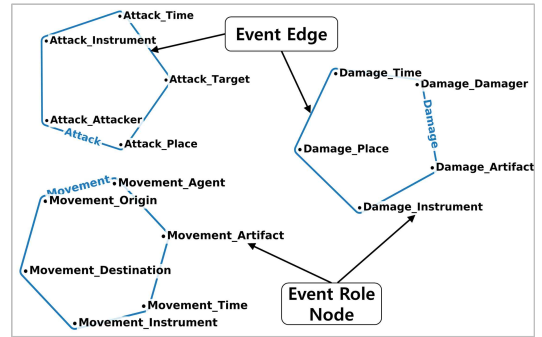


그림 4. 사건/사건역할 하이퍼그래프 사례
Fig. 4. Example of Event/EventRole hypergraph

$$T_{en} = \{ent_1, ent_2, ent_3, \dots, ent_m\} = \left\{ \{r_1, r_5, r_9, \dots, r_{l-2}\}, \{r_2, r_7, r_{10}, \dots, r_{l-1}\}, \dots, \{r_2, r_8, r_{14}, \dots, r_l\} \right\} \quad (1)$$

$$T_{ev} = \{evt_1, evt_2, evt_3, \dots, evt_l\} = \left\{ \{r_1, r_2, r_3, r_4\}, \{r_5, r_6, r_7\}, \dots, \{r_{l-2}, r_{l-1}, r_l\} \right\} \quad (2)$$

연관 질의 생성을 위해서는 T_{en} , T_{ev} 의 2개의 하이퍼그래프의 이웃 노드를 검색하여 생성할 수 있다. 하이퍼그래프의 이웃 노드는 주어진 노드에 속하는 edge 내에 포함되는 모든 노드이다. 따라서 진입점 사건역할이 r_k 일 때, T_{en} 와 T_{ev} 의 하이퍼그래프 상의 r_k 의 이웃 노드는 각각 $NT_{en}(r_k)$, $NT_{ev}(r_k)$ 로 표현하기로 한다.

연관질의 생성은 두 가지의 순차적인 과정으로 구성된다. 첫 번째는 진입점 개체 인스턴스와 진입점의 $NT_{en}(r_k)$ 를 사용하여 진입점 개체 인스턴스와 관련된 사건들을 찾아내는 질의를 생성하는 것이다. 예를 들어 최초 사용자 질의가 “연평도 지역의 공격 상황?”

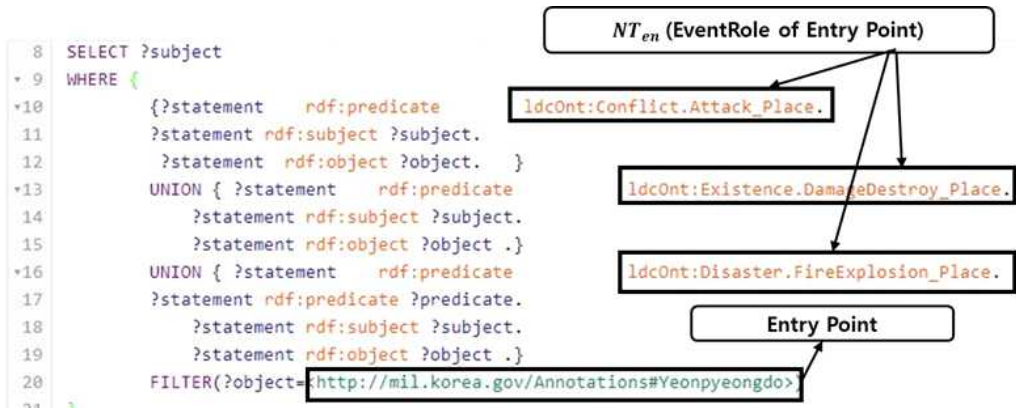


그림 5. 진입점을 기준으로 관련된 사건 추출을 위한 연관질의 사례
 Fig. 5. Example of related query for event extraction based on Entry Point

인 경우, 그림 5는 GraphDB를 사용하여 SPARQL로 연관질의를 생성한 사례로, 연평도라는 진입점 개체 인스턴스를 Filter로 사용하고 연평도와 같은 지리적인 장소 개체 유형에 대한 $NT_{en}(r_k)$ 를 찾아 질의 조건문으로 사용하는 SPARQL이다. 이 SPARQL은 “연평도가 공격 장소인 사건들이 있는가?”, “연평도가 파괴장소인 사건들이 있는가?”, “연평도에서 화재가 발생한 사건들이 있는가?”를 표현하는 질의이다. 이를 통해 진입점 개체와 관련된 사건들과 사건역할(r_s)들을 추출할 수 있다. 두 번째 과정은 첫 번째에서 추출된 사건과 사건역할(r_s)의 NT_{ev} 를 사용하여 앞서 추출된 진입점 개체와 관련된 사건 별 역할을 맡은 개체들을 모두 추출하는 질의를 생성하는 것이다. 그림 6은 GraphDB를 사용하여 SPARQL을 생성한 사례로 앞서 첫 번째 과정에서 추출된 특정 공격 사건을 Filter로 사용하고, NT_{ev} (공격,장소)를 질의 조건문으로 사용하는 SPARQL이다. 이 SPARQL은 “연평도가

공격 장소인 사건에서 공격자와 지지자는 누구인가?”를 표현하는 질의이다. 위와 같은 2가지 과정은 진입점과 직접 관련된 사건들을 추출하고, 추출된 사건에 대한 세부 상황 정보들을 추출하는 과정이다. 이와 같은 과정을 한 번에 그치지 않고, 두 번째 과정에서 추출된 개체요소를 새로운 진입점으로 생성하고, 연관질의를 추가로 생성하여 n번 수행함으로써 사용자 질의와 직접 관련된 사건 외에 이웃 사건들까지 정보들을 추출할 수 있다. 이를 통해 지휘관이 전장상황을 복합적으로 인식할 수 있는 연관 정보를 찾아서 제공할 수 있다.

2.3 전장상황 다중추론

전장 지식베이스는 다양한 감시정찰센서 또는 허부 다양한 부대의 상황 정보 보고 과정을 통해 수집된 정보들의 집합이다. 따라서 연관질의 과정을 통해 생성된 SPARQL을 전장 지식베이스에서 수행하면 다양한

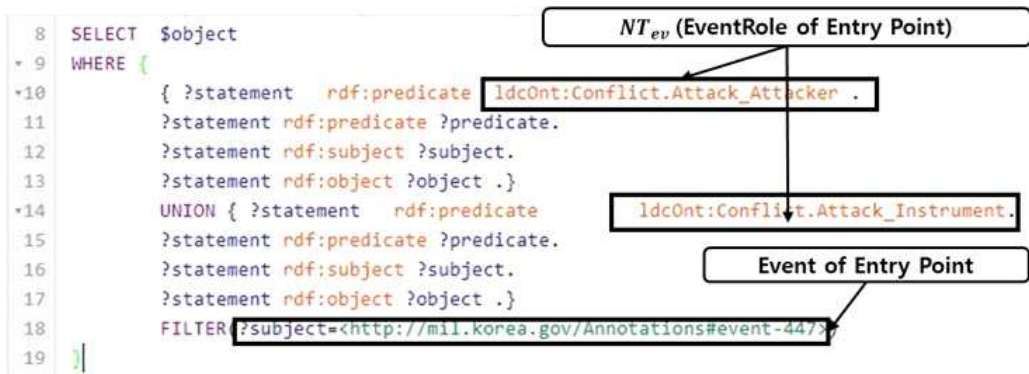


그림 6. 사건을 기준으로 관련된 개체 추출을 위한 연관질의 사례
 Fig. 6. Example of related query for entity extraction based on event

사건 지식요소들이 추출되며, 추출되는 하나의 사건 지식요소를 기준으로 전장상황을 표현하는 단위가설이 된다. 이와 같은 단위가설들은 중복될 수 있으며, 상반되는 내용을 나타내는 가설들이 존재할 수 있다. 따라서 최종적인 지휘관에게 제공하는 전장상황 정보들은 단위가설들에 대해 분석하고, 정제하여 제공해야 한다. 이를 위해 단위가설에 포함된 하나의 사건 지식요소와 여러 개의 개체 지식요소들을 Node로 구성하고, 사건역할 관계를 Edge로 구성되는 그래프를 생성한다. 중복되는 단위가설들에 대해서는 그래프상에서 하나의 대표 사건 지식요소로 치환하여 중복되는 단위가설을 제거한다. 중복되는 단위가설들을 제거하기 위해서는 단위가설 쌍의 Jaccard Similarity 분석을 통해 중복되는 단위가설들을 식별한다. 이 과정은 단위가설 별 중심이 되는 사건 지식 요소와 관련되는 사건 역할 개체 지식 요소 정보가 얼마나 동일한지 파악하는 데 의미가 있다. 이렇게 중복되는 단위가설들은 다양한 소스로부터 동일한 상황 정보가 중복되어 수집된 결과이다. 따라서 중복되는 단위가설들에 대해서는 일관성이 높은 가설로 볼 수 있어서 대표 단위가설로 치환하고 일관성 점수를 부여하여 배타적인 단위가설에 비해 신뢰도가 높은 가설로 취급되어야 한다. 따라서 대표 단위가설에 대해서는 중복된 단위가설의 수만큼 일관성 점수를 부여한다.

이후 단위가설들에 대한 분류를 통해 상충되는 상황이 없으며, 연관되는 단위가설들의 집합으로 전장상황 추론 결과를 제공해야 한다. 이를 위해 단위가설 간의 연관성이 있는 것들은 군집화하고, 상호 배타적인 단위가설들은 분리하여 부분집합을 생성하는 방법을 사용한다. 연관성이 있다는 것은 단위가설 간에 존재하는 개체 지식요소들 중 동일한 것이 존재함을 의미한다. 이러한 연관되는 단위가설들은 하나의 전장상황의 추론으로 집합화해야 한다. 이를 위해 단위가설 간에 동일한 개체 지식요소가 존재할 경우, 단위가설 간에 이웃 노드로 연결한 그래프 형태로 표현하고, 연관성이 있는 단위가설들로 구성된 부분집합을 추출하

기 위해서 Union Find 알고리즘을 사용한다. 알고리즘 결과로 단위가설의 분류를 통해 생성된 부분집합 단위가 독립적인 하나의 전장상황 추론 결과가 되며, 부분집합을 구성하고 있는 단위가설들은 집합가설이 되며, 집합가설 내에 포함된 사건과 개체 지식요소들로 하나의 독립적인 전장상황을 표현할 수 있다. 이와 같은 부분집합들은 1개 이상이 될 수 있으므로 각 부분집합 별 독립적으로 표현된 전장상황으로 도출할 수 있으므로 이는 전장상황에 대한 다중추론의 결과가 된다. 이때 앞서 일관성을 나타내는 신뢰도 높은 가설을 포함하고 있는 집합가설에 대해서는 신뢰도가 높은 전장상황의 추론으로 볼 수 있으며, 집합가설 내 포함된 지식요소 수가 많을수록 전장상황을 자세히 표현하고 있다고 볼 수 있다.

III. 구현 예시

제한한 전장상황의 다중추론 방법에 대해 검증하고자 전장 지식베이스 구축을 위해 TAC(Text Analysis Conference)의 SM-KMP(Streaming Multimedia Knowledge Base Population)^[9]에서 제공하는 온톨로지 스키마를 기반으로 가상의 RDF 트리플 형태로 약 3,000개의 개체 인스턴스, 약 1,000개의 사건 인스턴스를 생성하고, GraphDB를 사용하여 그래프 기반의 전장 지식베이스를 구축하였다. 또한, 연관질의 생성을 위해 온톨로지 스키마에서 정의된 사건과 사건역할을 이용하여 전장상황 온톨로지 하이퍼그래프를 생성하였다. 그리고 “공격.지역 연평도 상황?”의 모의 사용자 질의에 대한 전장상황 추론 수행을 통해 본 논문의 제안을 검증하기로 한다.

연관질의 생성과정에서 사용자 질의 입력으로부터 진입점 “연평도”와 사건역할인 “공격.장소”를 추출하고, NT_{en} (공격.장소)를 찾아 SPARQL변환하여 그림 7과 같이 전장 지식베이스에서 연평도와 관련된 RDF 형식의 subject 항목인 4개 사건 지식요소를 추출하였다. 그리고, 4개의 사건 지식요소 별 RDF 형식

	subject	↕	predicate	↕
1	http://mil.korea.gov/Annotations#Attack450		https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Conflict.Attack_Place	
2	http://mil.korea.gov/Annotations#Attack449		https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Conflict.Attack_Place	
3	http://mil.korea.gov/Annotations#Attack447		https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Conflict.Attack_Place	
4	http://mil.korea.gov/Annotations#Fire3431		https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Disaster.FireExplosion_Place	

그림 7. 진입점을 기준으로 관련된 사건 추출을 위한 연관질의 수행 결과
Fig. 7. Result of performing related query for event extraction based on Entry Point

	predicate	↕	object	↕
1	https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Disaster.FireExplosion_Place		http://mil.korea.gov/Annotations#Yeonpyeongdo	
2	https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2018/ontologies/SeedlingOntology#Disaster.FireExplosion_Instrument		http://mil.korea.gov/Annotations#Terrorist	

그림 8. 사건을 기준으로 관련된 개체요소 추출을 위한 연관질의 수행 결과
 Fig. 8. Result of performing related query for entity extraction based on event

의 predicate로 추출된 사건역할 r_s 마다 $NT_{ev}(r_s)$ 들을 찾아 SPARQL로 변환하여 진입점과 관련된 사건의 개체 지식요소들을 추출하였다. 그림 8은 그림 7의 “화재3431”사건 지식요소와 관련된 개체 지식요소를 추출한 결과이다. 이와 같은 연관질의 생성과정을 추가로 2회 수행하여 그림 9와 같이 사용자 질의와 관련된 8개의 사건 지식요소와 그 사건 요소들과 관련된 사건역할 개체 지식요소로 11개를 추출하였다. 그리고 전장상황 다중추론을 위해 추출된 지식요소들로 neo4j를 이용하여 그래프 형태의 8개 단위가설들을 생성하였다. 단위가설은 사건 지식요소와 개체 지식요소를 Node로 구성하였으며, 단위가설을 구성하는 사건 지식요소와 해당 사건역할 개체 지식요소 간에는 EventRole관계로 Edge를 구성하였다.

"Event_Role"
[{"name": "Attack447"}, {"weight": 1.0}, {"name": "T55"}]
[{"name": "Attack447"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Yeonpyeongdo"}]
[{"name": "Attack447"}, {"weight": 1.0}, {"name": "NorthKorea"}]
[{"name": "Destroy20495"}, {"weight": 1.0}, {"name": "T55"}]
[{"name": "Destroy20495"}, {"weight": 1.0}, {"name": "PublicBuilding_YP"}]
[{"name": "Destroy20495"}, {"weight": 1.0}, {"name": "BM21"}]
[{"name": "Fire3430"}, {"weight": 1.0}, {"name": "BM21"}]
[{"name": "Attack448"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Dynamite"}]
[{"name": "Attack448"}, {"weight": 1.0}, {"name": "nTerrorist"}]
[{"name": "Fire3431"}, {"weight": 1.0}, {"name": "nTerrorist"}]
[{"name": "Fire3431"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Yeonpyeongdo"}]
[{"name": "Move25892"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Dynamite"}]
[{"name": "Move25892"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Civilians"}]
[{"name": "Attack449"}, {"weight": 1.0}, {"name": "China"}]
[{"name": "Attack449"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Yeonpyeongdo"}]
[{"name": "Attack450"}, {"weight": 1.0}, {"name": "Yeonpyeongdo"}]
[{"name": "Attack450"}, {"weight": 1.0}, {"name": "T55"}]
[{"name": "Attack450"}, {"weight": 1.0}, {"name": "NorthKorea"}]

그림 9. 연관질의 생성을 통한 단위가설의 지식요소 추출 결과
 Fig. 9. Result of knowledge factors extraction

이후, 동일한 단위가설들을 식별하기 위해 Jaccard Similarity 분석을 수행하였다. 그림 10은 전장상황 지식베이스에서 단위가설 유사성 분석 결과이며, “공격 447”과 “공격450”은 유사성이 1.0으로 동일한 단위가설임을 나타내었다. 또한, 그림 11과 같이 단위가설 그래프를 시각적으로 표현한 결과 “공격450”과 “공격 447”은 동일한 종류의 사건으로 사건역할 별 동일한 개체 지식요소로 구성되었음을 확인할 수 있었다. 따라서 “공격450”과 “공격447” 단위가설에 대해 “공격 447” 대표 가설로 치환하고, “공격450” 중복 단위가설로 삭제하였다. 그리고 대표가설인 “공격447”에 대한 신뢰도 점수는 중복된 단위가설 수만큼 2.0을 부여하였다.

남은 단위가설들에 대해서는 독립적인 전장상황으로 추론하기 위해 사건 역할 개체가 1개 이상이 동일한 단위가설 간에는 Neighbor 관계로 Edge를 추가로 구성하였다. 그리고 Union Find 알고리즘을 수행하여

"from"	"to"	"similarity"
"Attack447"	"Destroy20495"	0.2
"Attack448"	"Fire3431"	0.3333333333333333
"Attack449"	"Fire3431"	0.3333333333333333
"Attack449"	"Attack447"	0.25
"Attack450"	"Attack447"	1.0
"Attack450"	"Attack449"	0.25
"Attack450"	"Destroy20495"	0.2
"Destroy20495"	"Fire3430"	0.3333333333333333
"Destroy20495"	"Attack447"	0.2
"Fire3431"	"Attack448"	0.3333333333333333
"Fire3431"	"Attack450"	0.25

그림 10. 단위가설에 대한 자카드 유사성 분석 결과
 Fig. 10. Result of performing Jaccard Similarity

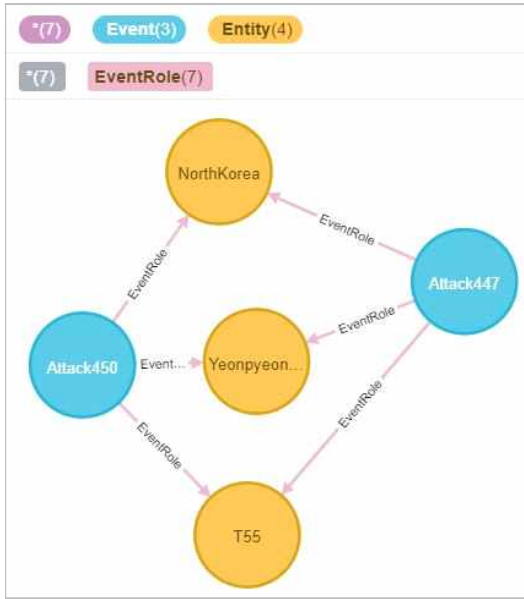


그림 11. 동일한 단위가설
Fig. 11. The same hypotheses

그림 12와 같이 단위가설들에 대해 3개의 부분집합을 생성하였다. 그림 13은 Neo4j를 사용하여 “연평도” 개체를 중심으로 그래프 형태 단위가설들의 연결 관계를 확인한 결과, 3개의 부분 집합들은 그림 13의 Subgraph 형태로 집합가설이 생성된 것을 확인하였다. 그리고, 집합가설은 각 집합 내 포함된 지식요소들을 사용하여 표 1과 같이 3가지 진장상황으로 추론하였다. 이를 통해 지휘관에게 상호 독립적인 진장상황 다중추론 결과를 제공하고, 각 추론 결과 별 일관성을 포함하고 있는 신뢰도에 대한 정보, 포함된 지식

표 1. 진장상황 다중추론 결과
Table 1. Result of multiple reasoning about battle field situation

Set	Confidence Score	Number of Event	Number of Event Role	Hypothesis
1	2	3	7	{'Attack_Place':[Yeonpyeongdo], 'Attack_Attacker':[T55], 'Attack_Instrument':[NorthKorea], 'Destroy_Instrument':[T55], 'Destroy_Destroyer':[BM21], 'Destroy_DamagePlace':[Public Building at Yeonpyeongdo], 'Fire_Instrument':[BM21]}
2	0	3	6	{'Attack_Attacker':[Terrorist], 'Attack_Weapon':[Dynamite], 'Fire_Instrument':[Terrorist], 'FireExplosion_Place':[Yeonpyeongdo], 'Movement.Transport_Weapon':[Dynamite], 'Movement.Transport_Transporter':[Civilians]}
3	0	1	1	{'Attack_Place':[Yeonpyeongdo], 'Attack_Attacker':[T55], 'Attack_Instrument':[China]}

"name"	"componentId"
"Attact447"	0
"Destroy20495"	0
"Fire3430"	0
"Attact448"	3
"Fire3431"	3
"Move25892"	3
"Attact449"	6

그림 12. 집합가설 생성 결과
Fig. 12. Result of creating hypotheses set

요소 수와 같은 속성 정보를 고려하여 진장상황을 인식할 수 있도록 확인하였다.

IV. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 지휘관의 진장상황 질의로부터 연관 질의를 생성하여 관련이 있을 만한 상황 정보들을 추출하여 가설로 생성하고, 가설들에 대해 분석하고, 통합하여 상호 배타적인 진장상황 추론 결과를 제공하였다. 그리고 이를 검증하기 위해 가상의 진장 지식베이스와 진장상황 인식용 온톨로지 스키마 하이퍼그래프를 생성하고, 모의 사용자 상황 질의에 대한 다중추론을 수행하였다.

본 연구의 포괄적인 진장상황 질의에 대해 스키마 기반으로 구체화한 연관질의를 자동으로 생성하는 방

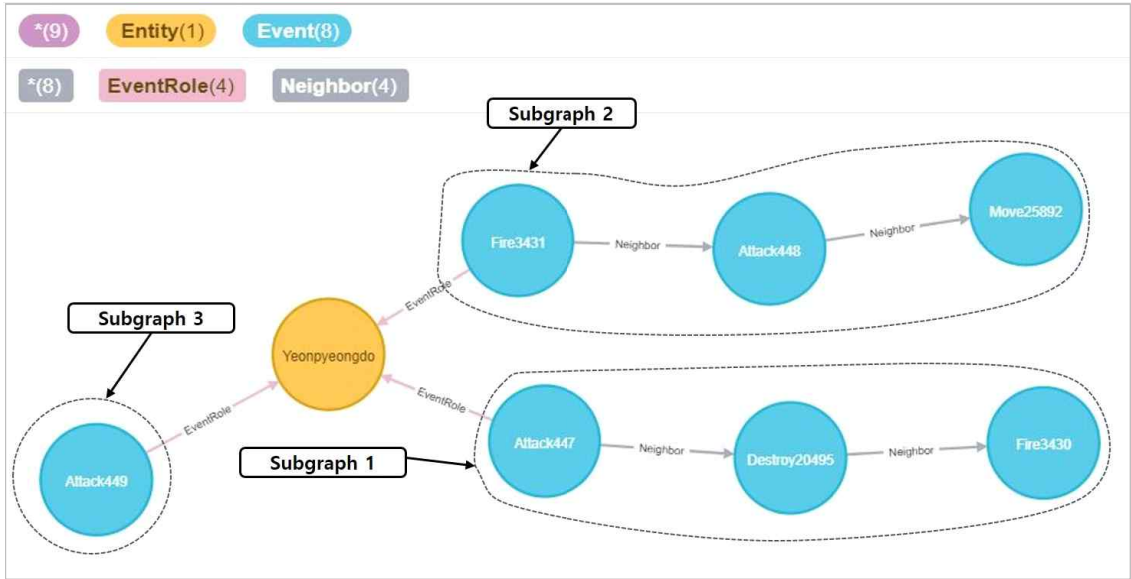


그림. 13. 단위가설 군집화 결과
 Fig. 13. Result of clustering unit hypotheses

법은 그래프 형태 DB를 구축하여, 연관질의를 검색하여 생성하는 기존 연구와의 차이가 있다. 또한, 본 논문에서는 다양한 소스로부터 수집되는 전장 환경에서 중복되어 불필요한 가설에 대한 정제 기능을 추가로 제안하고, 이 같은 가설에 대해서는 높은 신뢰도 점수를 부여하여 지휘관에게 추가 정보를 제공함으로써, 지휘관이 상충하는 추론에 대한 선택 시, 도움을 줄 수 있는 장점이 있다. 그리고, 본 논문은 정답만을 담고 있는 정보기반의 지식베이스에서 벗어나, 속고 속이는 변수가 많은 전장 환경으로 인해 상충적인 정보를 담고 있는 지식베이스에서 지휘관에게 설명 가능하며 신뢰성이 있는 전장상황 추론 결과를 제공하는 데 의미가 있다.

마지막으로 지휘관에게 더욱 정확한 전장 상황 인식 추론을 제공하기 위해서는 추론 결과의 신뢰도에 반영할 요소들에 대한 추가적인 식별이 필요하다. 이를 통해 다중추론 결과의 신뢰도 평가에 반영할 수 있도록 하는 방안이 필요하다. 앞으로는 이와 같은 점을 추가로 고려한 지휘관에게 설명 가능하며, 신뢰도 높은 전장 인식 추론 방안에 관해 연구할 계획이다.

References

[1] C. Han and J.-K. Lee, "A methodology for defense AI command & control platform construction," *J. KICS*, vol. 44, no. 4, pp.

774-781, 2019.
 [2] H. S. Kim, "Development of the knowledge-base module for the STAFS expert system using rule derivation methodology," *J. Intell. and Info. Syst.*, vol. 7, no. 2, pp. 65-80, 2001.
 [3] M. T. Kwon, "A case study on expert system framework for supporting army tactical C4I system," *J. Intell. and Info. Syst.*, vol. 12, no. 4, pp. 127-136, 2006.
 [4] D. Yoo, M. Ra, C. Han, J. Shin, and S. No, "Intelligent army tactical command information system based on national defense ontology," *J. Korea Soc. Comput. and Info.*, vol. 18, no. 3, pp. 79-89, Mar. 2013.
 [5] M. Li, et al., "GAIA at SM-KBP 2019 - A multi-media multi-lingual knowledge extraction and hypothesis generation system," *TAC SM-KMP*, 2019.
 [6] K. Sun, K. A. Maddali, S. Salian, and T. S. Kumar, "Top K hypotheses selection on a knowledge graph," *FLAIRS : The Florida AI Res. Soc. Conf.*, 2019.
 [7] S. Jeong, M. Choi, and H. Kim, "Construction of korean knowledge base based on machine learning from Wikipedia," *J. KIISE*, vol. 42, no. 8, pp. 1065-1070, 2015.

- [8] J. Kim and M. Lee, "Knowledge extraction methodology and framework from Wikipedia articles for construction of Knowledge-Base," *J. Intell. and Info. Syst.*, vol. 25, no. 1, pp. 43-61, 2019.
- [9] *TAC (Text Analysis Conference) Streaming Multimedia Knowledge Base Population (SM-KBP) 2019 guidelines*, Retrieved May 8, 2020, from <https://tac.nist.gov/tracks/SM-KBP/2019/ontologies/LDCOwlOntology>.

김 학 준 (Hack-joon Kim)



2004년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 졸업
2020년 2월 : 연세대학교 국방융합공학과 석사
2004년 1월~현재 : 화시스템 수석연구원
<관심분야> 인공지능, 공용/전술 데이터링크, 군용무인기체계
[ORCID:0000-0002-6809-3114]

진 소 연 (So-yeon Jin)



2003년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부 졸업
2002년 11월~현재 : 한화시스템 수석연구원
<관심분야> 인공지능, 공용 데이터링크, 군용무인기

[ORCID:0000-0002-1418-2314]

조 세 현 (Se-hyeon Jo)



2010년 2월 : 한양대 컴퓨터공학과 졸업
2010년 1월~현재 : 한화시스템 전문연구원
<관심분야> 인공지능, 자연어 처리, 데이터링크

[ORCID:0000-0001-8663-3690]

이 우 신 (Woo-sin Lee)



2001년 2월 : 광운대학교 컴퓨터 공학사 졸업
2003년 2월 : 광운대학교 컴퓨터 공학 석사 졸업
2007년 8월 : 광운대학교 컴퓨터 공학 공학박사 졸업
2008년 1월~현재 : 한화시스템 수석연구원

<관심분야> 인공지능, 군용 데이터링크

[ORCID:0000-0001-5196-0587]

강 유 리 (Yu-ri Kang)



2019년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학부 졸업
2019년 7월~현재 : 한화시스템 연구원
<관심분야> 인공지능, 통신공학

[ORCID:0000-0001-8065-6541]