

서비스 지향 임무 수행을 위한 온톨로지 기반 시맨틱 매칭 방법

Ontology-based Semantic Matchmaking for Service-oriented Mission Operation

송세현¹ · 이상일² · 박재현^{2*}

¹메타빌드(주) SW연구센터

²국방과학연구소

Seheon Song¹ · SangIl Lee² · JaeHyun Park^{2*}

¹SW Research Center, Metabuild.co.,Ltd, Seoul, 06708, Korea

²Agency for Defense Development, Seoul, 05661, Korea

[요 약]

다양한 무기체계가 활용되고 있는 전장공간은 자원이 제약되고 가변성이 높은 특징을 가진다. 이러한 전장환경에서 운용되는 각 자원들간의 접근성과 통합성의 한계를 극복하기 위한 방안 중의 하나가 서비스 지향 구조 기반의 기술이다. 임무 수행을 위해 필요한 각 서비스들은 기술된 전장에 배치된 자원과 적절한 형태로 군 임무 환경에서 활용되는 탐지/타격 무기체계를 포함하는 자원을 임무 수행 시에 임무 요구사항에 따라 적시에 적절하게 배치하여 사용하기 위해서 자원을 최적의 자원을 찾는 기술이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 임무 달성에 필요한 요구사항과 자원의 제공능력을 온톨로지 기반으로 모델링하여 능력기반 시맨틱 매칭 방법과 적용 결과를 통해 그 실효성을 보이고자 한다.

[Abstract]

There are technological, operational and environmental constraints at tactical edge, which are disconnected operation, intermittent connectivity, and limited bandwidth (DIL), size, weight and power (SWaP) limitations, ad-hoc and mobile network, and so on. To overcome these limitations and constraints, we use service-oriented architecture (SOA) based technologies. Moreover, the operation environment is highly dynamic: requirements change in response to the emerging situation, and the availability of resources needs to be updated constantly due to the factors such as technical failures. In order to use appropriate resources at the right time according to the mission, it needs to find the best resources. In this context, we identify ontology-based mission service model including mission, task, service, and resource, and develop capability-based matching in tactical edge environment. The goal of this paper is to propose a capability-based semantic matching for dynamic resource allocation. The contributions of this paper are i) military domain ontologies ii) semantic matching using ontology relationship; and (iii) the capability-based matching for the mission service model.

Key word : Service-oriented architecture, Mission service, Semantic matching, Capability-based, Ontology.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.3.238>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 27 May 2016; Revised 3 June 2016

Accepted (Publication) 29 June 2016 (30 June 2016)

*Corresponding Author; JaeHyun Park

Tel: +82-2-6901-3814

E-mail: forehand@add.re.kr

1. 서론

네트워크 중심전과 합동-연합작전의 소요가 증가함에 따라, 현재의 C4I (command, control, communication, computer, and intelligence) 체계를 중심으로 탐지체계와 타격체계가 강하게 결합된(tightly coupled) 플랫폼 중심의 형태로는 변화하는 전장 상황에 신속하게 대응하는 데에 한계가 발생하고 있다[1]. 미군과 NATO를 포함한 주요 선진국의 군 관련 연구기관에서는 웹 서비스 표준 기반의 서비스 지향 아키텍처(SOA; service oriented architecture) 기술을 모든 전장 환경에 적용하기 위한 연구를 수행하고 있으며, 특히 탐지체계, 타격체계, 전투원 등이 무선으로 연결되어 있는 열악한 전술 중단 환경에 적용하기 위한 연구가 중점적으로 수행되고 있다[2].

임무 수행 과정은 최초 임무(mission)를 수령하고, 임무와 관련된 정보를 분석하여 과업(task)을 식별하고, 자원(resource)에 과업을 할당하는 등의 과정으로 구성된다. 이때, 임무환경이 다양하게 변화할 수 있으므로 임무 수행을 위한 서비스 기반 접근을 위해서는 다양한 상황정보를 고려해야 하고(context-aware), 변화하는 환경 및 상황에 따라 가용한 서비스 또는 자원들이 가변적이므로 임무 수행 환경에 가변적으로 적응(adaptable)해야 한다.

또한, 전술 환경은 자원 제약적(SWaP; size, weight, and power)이고, 열악한 통신환경(DIL; disconnected, intermittent limited, and limited bandwidth)을 가지고 있다. 이에 서비스 기반으로 전투객체를 통합 및 운용하기 위해서는 임무에 투입되는 탐지/타격 무기체계를 비롯한 전투자원을 임무 요구사항에 맞춰 적시적소에 배치하여 사용하기 위한 최적 자원 매칭 기법이 필요하다. 즉, 임무가 실제 수행되는 전술 제대에서는 임무 실행 환경의 제약사항에 따라 상위에서 기술된 요구사항을 100% 만족시키는 경우를 찾기 어렵다. 이러한 조건을 만족도 수준에 따라 정확하게 일치하는 자원이 없는 경우에는 매칭 결과가 수행할 수 있는 자원이 없는 것으로 결과가 나올 수 있다. 이를 극복하기 위해 검색 요구사항을 100% 만족하지 않더라도 요구사항 만족도의 수준(level)을 유연하게 설정하고 일부 조건 혹은 특정 수준 이상의 만족도를 보이는 자원을 찾아 제공하는 환경에 적용할 수 있는 가변적인 매칭 방법을 제안한다.

본 연구에서는 서비스 지향 접근 방법을 위해 임무 계층 모델을 제안한 기존 유사 연구를 수정 및 확장한 서비스 지향 아키텍처 패러다임을 접목시킨 임무서비스 모델을 제안하고, 임무 달성에 필요한 서비스의 요구사항과 자원의 제공능력을 온톨로지 기반으로 모델링하여 능력기반 시맨틱 매치메이킹 방법을 통해 동적인 자원 재배치를 통해 임무를 달성하는 군 시나리오 기반의 시스템 구현을 통한 적용 결과를 통해 그 실효성을 보이고자 한다[13].

이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 군 관련 온톨로지 및 자원 관련 온톨로지 개발 현황과 시맨틱 매치메이킹 연구에 대해 기술한다. 3장에서는 제안하는 임무서비스 모

델을 소개하고, 동적인 환경을 고려하여 온톨로지를 통한 능력기반 서비스 매칭 방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 군 도메인 시나리오를 기반으로 개발된 시스템을 설계 및 구현을 통해 제안 방법에 대해 검증한 후 5장에서 결론을 맺는다.

II. 군 온톨로지 및 시맨틱 매치메이킹 방법

2-1 온톨로지 관련 현황

MMF (mission and means framework)는 군사 임무를 명세하고 수행하기 위한 수단을 마련하고 임무수행을 평가하기 위한 모델을 제공하기 위해 제안되었다[3]. MMF는 임무 수행을 조직하고 규정하기 위해 7개의 그룹의 총 11개의 기본 요소(mission, purpose, environment, context, location&time, index, operation, tasks, capabilities, functions, forces, and components)로 표현된다.

Preece 등은 MMF를 기반으로 임무를 수행하기 위한 과업과 정보·감시·정찰(ISR; intelligence, surveillance, and reconnaissance)을 제공하는 자산(asset) 간의 관계를 표현하는 MMF 온톨로지를 정의하였다[4]. 이 온톨로지에서는 임무는 수행하는 최소 단위인 과업들로 구성되고 각 과업은 구체적인 능력 요구사항(예, 넓은 범위 감시)을 자산(asset)이 제공하는 능력과 매칭 방법을 제안하였다.

이와 함께 센서 및 센서 플랫폼, 전투 자원 등을 표현하기 위해 다양한 온톨로지 연구가 진행되어 왔다. MMI device ontology는 해양 디바이스를 위한 온톨로지를 개발하고, 센서 명세 모델을 통합하여 해양 데이터 통합, 사용, 교환을 위해 개발되었다[5]. OntoSensor는 공통 개념 및 관계를 정의한 IEEE SUMO (suggested upper merged ontology)를 참고 및 확장하였고[6], [7], 공통 개념과 센서 간 관계 및 속성을 정의하기 위해 SensorML에 기반하였다[8].

2-2 시맨틱 매치메이킹 방법

매치메이킹은 크게 구조적 방법, 통계적 방법, 논리적 방법이 있다. Preece 등은 제한적이고 제약된 ISR 자원들을 효과적으로 배포하는 것이 현대 NCW (net-centric warfare) 작전의 핵심 이슈라고 판단하여, 하나의 과업 또는 임무에 대해 proactive한 자원 배포를 목표로 매칭하는 방법을 제안했다[9]. 이를 위해 임무 요구사항과 수단을 분석하고 MMF를 기반으로 한 온톨로지를 구축하고 연역 추론(deductive reasoning)을 사용한 센서와 임무와의 시맨틱 매칭 방법을 적용했다. Paolucci 등은 웹서비스 프로파일에서 기술된 서비스의 정보(input/output) 간의 포함관계를 통해 서비스를 매칭하는 연구를 수행했다[10]. 시그니처 기반 시맨틱 매치메이킹 기술은 서비스 명세에 기술되어 있는 어노테이션 정보를 해석하여 서비스 요청과 서비스의 입력/출력의 시맨틱 시그니처(signature)를 매칭하는 방식이다.

Fenza는 시맨틱 웹서비스의 매치메이킹을 위해 에이전트 기반 패러다임과 퍼지 모델링을 결합한 하이브리드 구조를 제안하였다[11]. Cassar는 LSA (latent semantic analysis)를 사용한 통계학적 서비스 매치메이킹과 논리적 시그니처 매칭 기반의 가중치 링크 분석을 결합한 하이브리드 시맨틱 매치메이킹 방법을 제안하였다[12].

임무 환경은 전투자원들이 넓은 지역에 걸쳐 분포되어 있고, 임무를 생성 또는 수행하는 사용자마다 자신이 원하는 전투 자원을 검색하기 위해 서로 다른 형태의 요구사항을 담고 있는 질의문을 작성한다. 이때 요구사항은 일반적인 시맨틱 매칭은 서비스 요구사항에 대해 서비스의 시맨틱 입력/출력 시그니처를 매칭하기 위해 서비스 명세에 기계가 해석가능한 어노테이션을 추가하는 방법이 제안되었다. 하지만, 임무가 실제 수행되는 전술 제대에서는 임무 실행 환경의 제약사항에 따라 상위에서 기술된 요구사항을 모두 만족시키는 경우를 찾기 어렵다. 이러한 조건을 만족도 수준에 따라 정확하게 일치하는 자원이 없는 경우에는 매칭 결과가 수행할 수 있는 자원이 없는 것으로 판단될 수 있다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 능력 기반의 온톨로지 모델을 제안하고 이를 시맨틱 매칭 기법을 통해 적용함으로써 기존 한계를 극복하고자 한다.

III. 임무서비스 모델 및 능력기반 시맨틱 매치메이킹

3-1 임무서비스 모델

임무서비스는 그림 1과 같이 임무-과업-서비스-자원의 형태로 구성된다. 하나의 임무는 과업으로 구성되는 워크플로우 형태로 표현되고, 각 과업은 가용한 서비스들로 구성되고, 각 서비스는 실행단계에서 가용한 자원들이 제공하는 서비스 인스턴스들과 매핑되어 실행된다. 임무서비스 모델의 주요 개념은 다음과 같이 정의된다.

- 임무 : 군사적 목표를 달성하기 위해 개인, 조직단위 또는 부대에 부여된 주요한 과업임. 임무명세에는 누가(who), 언제(when), 어디서(when), 무엇을(what), 이유(why)를 포함하는 5W 요소를 포함해야 하며 어떻게(how)는 지정하지 않음
- 과업 : 임무를 달성하기 위해 수행되는 활동의 단위로, 본 연구에서는 합동과업목록 (UJTL; universal joint task list)과 육군공통과업목록 (AUTL; army universal task list)에 기술된 과업 계층 구조를 반영하여 사용[14],[15]
- 서비스(service) : 기능적인 의미를 지닌 SW컴포넌트로서 상위레벨의 비즈니스 개념을 내재하고 있는 것을 말할. SOA의 관점에서 서비스는 인터페이스를 통해 자신이 가진 비즈니스 프로세스를 처리할 수 있는 컴포넌트
- 자원 : 전장공간에서 임무 수행에 활용이 가능한 전투객체, 스마트객체를 포함
- 임무서비스 모델 (mission service model): 임무 계획 및 수

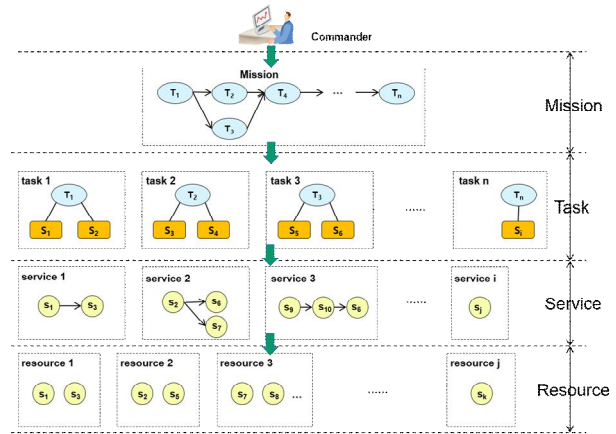


그림 1. 임무서비스 모델 추상 구조
Fig 1. A mission service model abstract architecture.

립에 소요되는 노력을 최소화하기 위해 임무 수행에 필요한 정보요소들을 분석하고 분석된 요소들을 기반으로 필요한 서비스를 식별하여 분산된 자원들이 제공할 수 있는 서비스들을 상황에 따라 동적으로 조합함으로써 성공적인 임무 수행을 보장할 수 있도록 사용하는 임무 표현방법. 임무서비스 모델은 임무-과업-서비스 간의 계층형 구조로 이루어짐. 임무는 과업으로 구성된 워크플로우 형태로 표현됨. 과업은 단일 서비스 또는 서비스 조합으로 구성된 복합서비스들 간의 프로세스로 표현

3-2 능력기반 매치메이킹 개념

임무서비스 모델은 그림 2에서 보는 바와 같이 각 상위레벨(임무)에서 하위레벨(자원)은 능력(capability)을 기준으로 분해된다. 하나의 임무는 과업의 워크플로우 형태로 구성되고, 각 과업은 하나 이상의 서비스와 매핑되고 각 서비스들은 단일/복합서비스들로 구성된다. 분해되는 과정에서 능력기반의 매치메이킹을 통해 상위레벨의 요구사항에 알맞은 능력을 제공할 수 있는 하위레벨 요소를 찾아 매핑이 된다.

임무가 수행되는 전술환경은 기술적/운용적/환경적으로 제약사항이 많기 때문에 현재 상황에서 최적의 해결책을 찾아 수행하거나 실패하는 경우가 발생한다. 따라서 환경에 맞춰 가장 적절한 형태로 최선의 방법을 선택하고 이를 실행하는 전략이 중요하다. 따라서 능력은 상황에 따라 100%를 제공하지 못하는 감소된 수준(reduced level)의 능력으로 대체될 수 있다. 이를 기준으로 임무가 5가지 타입의 요구능력을 필요로 한 경우에 각 능력은 임무서비스를 구성하는 과업들로 나누어지고, 각 과업은 요구능력을 만족시킬 수 있는 서비스의 조합으로 매핑된다. 각 서비스를 수행하기 위한 자원은 실행 단계에서 가용한 자원들이 제공할 수 있는 자원능력을 검색하게 되고, 수준별 매치메이킹을 통해 할당되는 형태로 구성된다. 각 수준별 매치메이킹 과정에서 온톨로지로 표현된 지식을 기반으로 논리적 시맨틱 매칭 작업이 이뤄진다.

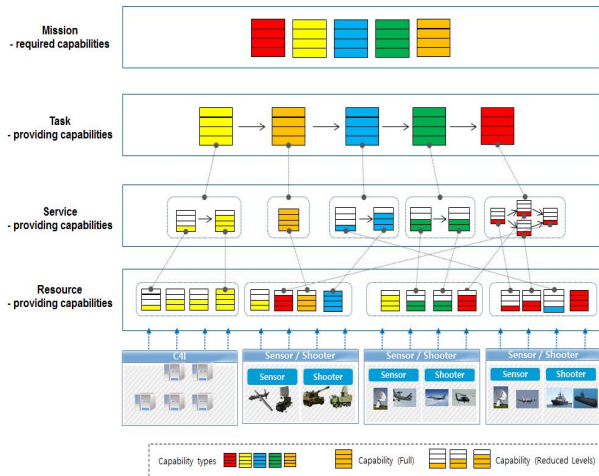


그림 2. 능력기반 매치메이킹 개념도
Fig 2. A capability-based matchmaking concept diagram.

임무, 과업, 서비스, 자원의 각 개념 간의 관계를 매칭하기 위해서는 각 단계별로 상위의 개념에서 요구하는 능력과 하위에서 제공할 수 있는 능력 간의 매칭 정도를 논리적 추론을 통해 판별하기 위해 각각의 개념과 능력에 대한 관계를 온톨로지 형태로 구축하여 추론을 통해 그 관계 정도를 찾아내는 방식을 적용한다.

능력기반 시맨틱 매치메이킹 방법은 다음과 같은 알고리즘을 사용하여 요구능력과 제공능력 사이의 시맨틱 포함관계를 통해 매칭을 수행한다. 서비스는 수행하는데 필요한 요구사항을 필요로 하고 요구사항은 요구 능력 (request capability)의 조합으로 구성된다. 자원은 제공하는 기능으로 표현될 수 있는 능력을 하나 이상 제공한다.

- Service = {service_capability₁, service_capability₂, ..., service_capability_N}
- Resource = {resource_capability₁, resource_capability₂, ..., resource_capability_M}
- Levels for capability i = {Li₁, ..., Li_m}

본 연구에서는 각 능력 간에 다음과 같은 시맨틱 관계를 따라 연관성을 파악한다.

- Exact match: 만약 자원 능력컨셉(concept)과 제공능력 컨셉(concept)이 정확하게 일치할 경우
- Plug-in match : 제공능력이 요구능력 중 최소 한 개를 제공하고, 이외의 능력을 가지고 있는 경우
- Subsume match : 제공능력이 요구능력을 포함하는 경우
- Mismatch : 연관성이 없는 경우

IV. 시스템 구현

4-1 도메인 시나리오

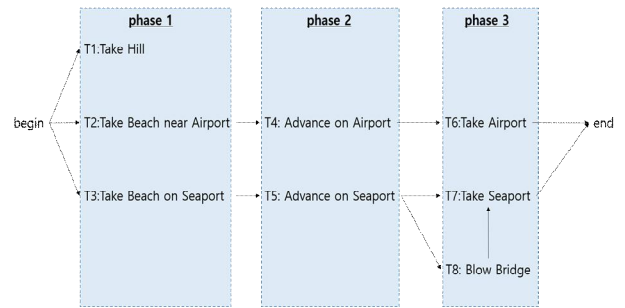


그림 3. 시나리오 기반 임무서비스 워크플로우
Fig 3. A scenario-based mission service workflow.

임무 실험을 위해서 합동 과업 작전 시나리오를 기반으로 임무서비스 모델을 적용할 수 있는 형태로 시나리오를 수정하여 적용하였다[16]. 본 시나리오는 후속 부대 침투를 위한 적 요충지인 항구와 공항을 점령하는 임무로서, 이를 수행하기 위해 그림 3과 같이 총 8개의 과업으로 구성되어 있다. 또한 시간 상의 흐름으로 총 3단계로 이루어지고, 각 단계에서의 과업 간의 방향이 있는 화살표는 각 과업간의 순서 및 의존성을 나타내는 것으로 이전 과업이 완료되어야 다음 단계로 순차적으로 수행된다. 모든 과업의 달성 조건을 만족한 경우에 임무가 성공적으로 종료되는 방식이다.

4-2 온톨로지 구축 시맨틱 기반 검색

자원 온톨로지 구축을 위해 공개된 군사 무기체계 자료를 기반으로 각 자원명과 체계 구조를 도출 및 적용하였다. 예를 들면, 가장 상위 개념은 weapon system 클래스는 지휘통제·통신, 감시·정찰, 기동, 함정, 항공, 화력, 방호, 기타 무기체계 등의 subclass로 구성된다. 자원 온톨로지를 비롯하여 서비스 온톨로지, 과업 온톨로지 등은 온톨로지 편집기 (Protege 3.5)를 사용하여 OWL 언어로 표현되었고, 과업, 서비스, 자원 온톨로지의 계층은 그림4와 같다[17],[18].

자원 온톨로지의 주요 구성요소로는 표 1과 같이 최상위 자

표 1. 자원 온톨로지 주요 개념 및 속성
Table 1. Main concepts and properties of resource ontology.

Concept	Type	Description
Resource	Class	Resource concept
WeaponSystem	Class	Weapon system concept
ResourceCapability	Class	Capabilities of resource
provideRC	ObjectTypeProperty	A resource provides resource capabilities
requireRC	ObjectTypeProperty	A service requires capabilities of resources



그림 4. 서비스 온톨로지 (a)와 자원 온톨로지 계층도 (b)
 Fig 4. (a) Service ontology hierarchy and (b) Resource ontology hierarchy.

원을 지칭하는 Resource 클래스, 무기체계를 나타내는 Weaponsystem 클래스, 자원 능력을 나타내는 Resource_capability 클래스 등과 자원이 제공하는 능력을 나타내는 provideRC 프로퍼티, 서비스 클래스가 요구하는 능력을 표기하는 requireRC 등 프로퍼티가 있다.

서비스와 자원 온톨로지는 표 2와 같이 DL (description logic)을 통한 시맨틱 관계로 표현되어 있어, 온톨로지 기반 추론 엔진을 통해 subsumption relationship에 대한 관계를 SPARQL 쿼리를 사용하여 표 4와 같은 결과를 추론할 수 있다 [19].

자원이 제공하는 능력 (resource capability)로는 표 3과 같은 항목을 선정하여 각 자원이 한 개 이상 제공할 수 있도록 하였다.

서비스는 자신이 제공할 수 있는 능력 (service capability)를 서비스를 수행하기 위한 자원 능력을 요구사항으로 기술할 수 있고, 서비스는 자신이 제공할 수 있는 능력을 기술한다. 자원

표 2. 서비스 온톨로지와 자원 온톨로지의 DL 표기
 Table 2. An example of service ontology and resource ontology in description logic expression.

```

...
IntelligenceService ⊑ (Service ⊓ ∃ providesCapability.Intelligence)
SurveillanceService ⊑ (Service ⊓ ∃ providesCapability.Surveillance)
ReconnaissanceService ⊑ (Service ⊓ ∃ providesCapability.Reconnaissance)
...
ManeuverWeaponSystem ≡ (WeaponSystem ⊓ ∃ providesCapability.Landing ⊓ ∃ providesCapability.Mobility)
FightingVehicles ⊑ ManeuverWeaponSystem
FightingVehicles ≡ (ManeuverWeaponSystem ⊓ ∃ providesCapability.Firepower)
Aircraft ≡ (Resource ⊓ ∃ hasRealm.Air)
    
```

표 3. 자원 능력
 Table 3. Resource capabilities.

Capability	Level
Anti-air Warfare	1~5
Anti-submarine Warfare	1~5
Anti-surface Warfare	1~5
Amour	1~5
Communication	1~5
Detection	1~5
Fire	1~5
Ground Assault	1~5
Landing	1~5
Mine Clearing	1~5
Mobility	1~5

은 최소 1개 이상의 자원 능력을 제공할 수 있다. 이 관계를 통해 서비스가 수행되어야 하는 시점에서 현재 가용한 자원 중에서 서비스를 부여받아 실행할 수 있는 자원을 찾을 때 자원능력이 결정요소로 사용된다.

특정 서비스 (S)가 필요로 하는 서비스 능력의 집합 (C)가 있고 subClassOf라는 오브젝트타입 프로퍼티가 transitive 속성을 가지고 있는 경우에, 서비스 S의 요구능력은 S가 필요로 하는 모든 능력의 집합 또는 S의 서브클래스에 의해 요구되는 모든 서비스 능력의 집합으로 정의할 수 있다.

서비스가 요구 능력 수준에 맞춰 특정 능력 및 수준에 따라 후보군을 표 4와 같은 온톨로지 쿼리의 결과를 통해 얻는다.

시맨틱 매칭 과정 중 자원 이상에 따른 동적 재구성성을 위해서는 자원이 제공하는 능력 요소 이외에도 자원이 가지고 있는 요소를 고려할 필요가 있다. 따라서 최종 자원 추천을 위해서는 다음과 같은 요소의 조합을 고려한 추천 순위 산정 공식을 식 (1)과 같이 개발하여 시스템에 적용하였다.

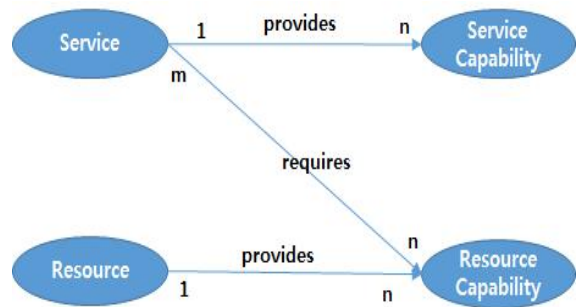


그림 5. 서비스, 자원 간 시맨틱 관계
 Fig 5. Semantic relationship between service and resource.

표 4. 온톨로지 쿼리 예제

Table 4. An example of ontology query.

```
// To find resources that provide fire capability and its level >=4
SELECT ?type ?entity ?rc
WHERE
{
    ?entity rdf:type ?type.
    ?type rdfs:subClassOf* resource:Weapon_System.
    ?entity resource:providesRC ?rc.
    ?rc rdf:type resource:firepower.
    ?rc resource:hasCapabilityLevel ?level.
    FILTER (?level >=4).
}
order by desc(?rc)
```

entity	name	capability
resource:ATARS_Aircraft_35	정보전지원기	resource:firepower_4
resource:ATARS_Aircraft_35	정보전지원기	resource:firepower_5
resource:ATARS_Aircraft_36	정보전지원기서비스	resource:firepower_4
resource:ATARS_Aircraft_36	정보전지원기서비스	resource:firepower_5
resource:Air_Combat_Support_Units_1	항공전투지원장비_1	resource:firepower_4
resource:Air_Combat_Support_Units_1	항공전투지원장비_1	resource:firepower_5
resource:Air_Combat_Support_Units_2	항공전투지원장비서비스_1	resource:firepower_4
resource:Air_Combat_Support_Units_2	항공전투지원장비서비스_1	resource:firepower_5
resource:Air_Weapon_System_1	항공무기체계	resource:firepower_4
resource:Air_Weapon_System_1	항공무기체계	resource:firepower_5
resource:Air_Weapon_System_6	항공무기체계	resource:firepower_4
resource:Air_Weapon_System_6	항공무기체계	resource:firepower_5
resource:Aircraft_24	C130_1	resource:firepower_4
resource:Aircraft_24	C130_1	resource:firepower_5
resource:Aircraft_30	C130서비스	resource:firepower_4
resource:Aircraft_30	C130서비스	resource:firepower_5
resource:Aircraft_31	CN-235	resource:firepower_4
resource:Aircraft_31	CN-235	resource:firepower_5
resource:Aircraft_32	CN-235서비스	resource:firepower_4
resource:Aircraft_32	CN-235서비스	resource:firepower_5
resource:Aircraft_33	HS-748	resource:firepower_4

식 (1)은 자원의 능력, 자원 타입, 자원 소속, 자원 활동 지역의 속성 간의 유사도를 각각 계산하여 총합을 계산한다. 자원의 능력은 한 개 이상을 제공할 수 있으므로, 모든 제공 능력의 유사도 합을 각 요소 간의 중요도를 고려하여 가중치를 서로 다르게 적용하였다.

$$score(i) = 5 \times \sum_{i=0}^N \frac{(RoCp - RiCp)}{k} + 3 \times equality(RoTp, RiTp) + 0.1 \times equality(RoAf, RiAf) + 0.01 \times equality(RoRe, RiRe) \quad (1)$$

- RiCp : 자원(R) i의 능력 집합 (단, i=0는 요구능력을 의미함)
- N : 자원의 수
- Cp : 자원이 제공할 수 있는 능력과 능력의 수준 능력은 1~5 단계로 기술됨
- Tp : 자원 타입(type)
- Af : 자원 소속(affiliation)
- Re : 자원 활동 지역(realm)
- K : 요구 능력의 수
- equality(a, b) : a와 b의 동일성 측정 함수

4-3 시나리오 기반 시스템 구현 상세 내용

제한하는 온톨로지 기반 시맨틱 매칭 방법의 효율성을 검증

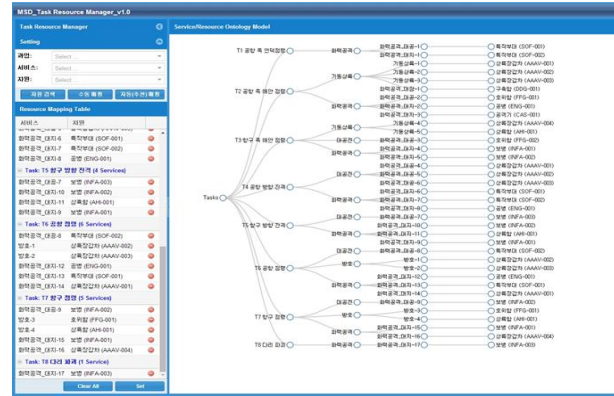


그림 6. 시맨틱 매치메이킹을 통한 임무서비스 실행 모델 결과
Fig 6. Results of a mission service model through semantic matchmaking.

하기 위해 도메인 시나리오 기반으로 구축된 온톨로지와 각종 자원이 임무 형태로 수행되는 시뮬레이션 환경을 구축하여 이를 검증하였다.

시스템은 크게 임무서비스가 실행되는 상태를 나타내는 기능, 각 과업이 수행되는 과정에 참여한 서비스와 자원의 진행 및 물리적 이상 유무 상태, 각 자원이 지도 상에서 작전을 수행하는 과정을 표현하고 있다. 또한, 서비스 및 자원에 이상이 발생한 경우에는 이상 표시와 함께 알람창을 통해 지휘관에게 이상 발생 대상 및 정보를 제공하는 형태로 개발하였다.

임무에 참여하는 자원(전투객체)의 종류와 각 자원들에게 정의된 자원 능력과 그 속성은 다음과 같이 정의되어 있다.

서비스 목록은 기동상륙, 화력공격(대공), 화력공격(대잠), 화력공격(대지), 방호(대공), 방호(대잠), 방호(대지), 기뢰제거 등이 있다. 자원으로는 특작부대, 공병, 보병, 상륙장갑차, 공격기, 구축함, 호위함, 상륙함 등이 있다.

그림 3에서 전체 과업들에 대해 각 서비스들에 기술된 요구 사항과 자원 제공능력 간의 시맨틱 매치메이킹을 통해 나온 결과와 이를 통해 연결된 자원 인스턴스 간의 결과가 그림 6과 같이 나온다.

그림 7과 같이 임무실행을 위한 프로세스의 두 번째 단계가 실행되는 도중에 과업7: 항구점령을 수행하던 자원(AAAV-004와 INFA-001)이 임무 시나리오 실행 중에 발생한 적의 공격 이벤트에 의해 더 이상 서비스를 수행할 수 없는 경우가 발생하였다. 이런 상황이 발생하면 현재 서비스 요구 능력과 위치 기반의 제약사항을 고려한 온톨로지 기반의 시맨틱 매치메이킹 과정을 다시 수행하게 된다. 이 과정에서 resource capability가 화력 능력을 제공하는 근처 가용 자원을 시맨틱 매치메이킹을 수행하여, 그림 8과 같이 1) 화력공격(대지)서비스-15는 SOF-001, 화력공격(대지)서비스-16은 AAAV-004에 배치, 2) 화력공격(대지)서비스-15와 SOF-001가 매칭된 두 가지의 결과를 얻을 수 있다.

지휘관이 추천받은 선택지 중 첫 번째를 선택하여 자원을 재배치 명령을 내리게 되면, 해당 자원들은 각자 새로운 서비스와

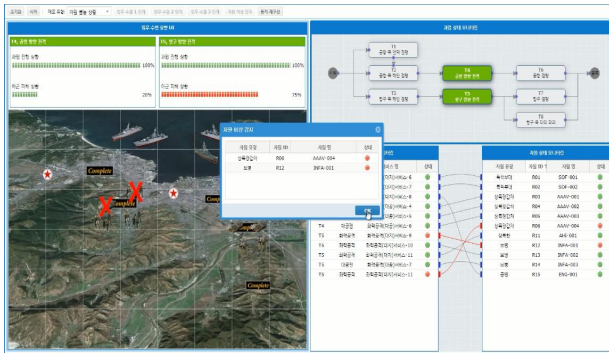


그림 7. 자원 이상 발생 감지
Fig 7. Detecting resources malfunction.



그림 8. 동적 자원 재배치를 위한 후보 추천
Fig 8. Candidates recommendation for dynamic resource allocation.

매핑되어 임무를 수행하게 된다. 이를 통해 과업 중단 위험을 극복하여 해당 과업을 성공적으로 수행할 수 있게 된다.

마지막 단계를 구성하는 과업 7~9에 대해 각 자원들이 해당 지역을 점령하게 되면 그림 9와 같이 최종적으로 임무가 성공적으로 완료된다.

V. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 서비스 지향 방법을 활용한 임무서비스 모델을 제시하고 임무서비스 모델을 구성하는 주요 요소인 과업, 서비스, 자원을 모델링하여 온톨로지로 구축하였고, 서비스와 자원간의 매칭을 위한 시멘틱 기반 매칭 방법을 제안하여 군 시나리오를 바탕으로 구현하여 검증하였다. 이 과정에서 전술 환경의 특성을 고려한 수준별 능력 기반 방법을 적용하여 동적으로 변화하는 전장 환경에 적응하여 임무 달성을 위해 구성되는 서비스들이 실제 수행되는 자원들을 찾기 위해 필요한 서비스 요구사항과 그 요구사항을 만족할 수 있는 자원들을 시멘틱 매칭을 통해 찾아 제공하는 방법을 제시하였다. 이 기술을 통해 임무 수행에 발생할 수 있는 노력의 낭비를 최소화하고 임무 효율을 높이는 데 도움을 줄 것이다.

현재 고려되지 않은 군 임무의 특성상 임무 종료 시간을 줄일 수 있는 속성, 자원의 소모량 감소 등과 같이 현재 서비스/자



그림 9. 동적 자원 재배치를 통해 임무 달성
Fig 9. Mission completion through dynamic resource allocation.

원 매칭의 요소로 고려하지 않은 능력 속성에 대한 고려 등을 통해 개선된 형태의 매칭을 위한 방향으로 개선하는 연구를 추가 진행할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 민군기술협력사업(UM13018RD1)으로 지원받았음.

참고 문헌

- [1] F. Dandashi, P. Glasow, D. Kaplan, W. Lin, S. Semy, J. Valentine, and B. Yost, Tactical edge characterization framework. vol 3: Evolution and application of the framework. MITRE Technical report, MTR080310, 2008.
- [2] T. Erl, *Service-oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, 1st ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 2005.
- [3] J. H. Sheehan, P. H. Deitz, B. E. Bray, B.A. Harris and A.B.H. Wong, "The military missions and means framework," in *Proceedings of the Interservice/Industry Training and Simulation and Education Conference*, Orlando: FL, pp. 655-663, 2003.
- [4] M. P. Johnson, H. Rowaihy, D. Pizzocaro, A. Bar-Noy, S. Chalmers, T. F. La-Porta, and A. Preece, "Sensor-mission assignment in constrained environments," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 21, No. 11, pp. 1692-1705, 2010.
- [5] C. Rueda, N. Galbraith, R. A. Morris, L.E. Bermudez, J. Graybeal, and R.A. Arko, The MMI device ontology: enabling sensor integration, AGU Fall Meeting Abstracts, Dec. 2010.
- [6] D. Russomanno, C. Kothari, and O. Thomas, "Building a sensor ontology: a practical approach leveraging ISO and

- OGC models,” in *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence*, Las Vegas: NV, pp. 637-643, 2005.
- [7] I. Niles, and A. Pease, “Origins of the standard upper merged ontology: a proposal for the IEEE standard upper ontology,” in *Working Notes of the IJCAI-2001 Workshop on the IEEE Standard Upper Ontology*, Seattle: WA, 2001.
- [8] A. Robin, S. Havens, S. Cox, J. Ricker, R. Lake, and H. Niedzwiaek, OpenGIS sensor model language (SensorML) implementation specification, Technical report, Open Geospatial Consortium Inc., 2006.
- [9] M. Gomez, A. D. Preece, M. P. Johnson, G. de Mel, W. Vasconcelos, C. Gibson, A. Bar-Noy, K. Borowiecki, T. F. La Porta, D. Pizzocaro, H. Rowaihy, G. Pearson, and T. Pham, “An ontology-centric approach to sensor-mission assignment,” in *Proceedings of International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management Knowledge Patterns(EKAW)*, Acitrezza: Italy, pp. 347-363, 2008.
- [10] M. Paolucci, T. Kawamura, T.R. Payne, and K.P. Sycara, “Semantic matching of web services capabilities,” in *Proceedings of the First International Semantic Web Conference (ISWC)*, Sardinia: Italy, pp. 333-347, 2002.
- [11] G. Fenza, V. Loia, and S. Senatore, “A hybrid approach to semantic web services matchmaking,” *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 48, No. 3, pp. 808-828, August. 2008.
- [12] G. Cassar, P. Barnaghi, W. Wang, and K. Moessner, “A hybrid semantic matchmaker for IoT services,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Green Computing and Communications*, Besancon: France, pp. 210-216, 2012.
- [13] S. Shin, H. Koo, and I. Ko, “A mission situation oriented dynamic service composition framework,” in *Proceedings of Korea Conference on Software Engineering*, Pyeongchang: Korea, Vol. 15, No. 1, 2013.
- [14] Universal joint task list(UJTL) [Internet]. Available: http://www.dtic.mil/cjcs_directives/cdata/unlimit/m350004.pdf
- [15] The army universal task list (AUTL) [Internet]. Available: www.apd.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/fm7_15.pdf
- [16] G. M. Levchuk, Y. N. Levchuk, J. Luo, K. R. Pattipati, and D. L. Kleinman, "Normative design of organizations. I. Mission planning,” in *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, Vol. 32, No. 3, pp. 346-359, May. 2002.
- [17] OWL web ontology language [Internet]. Available: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>
- [18] Protégé 3.5 [Internet], Available : <http://protege.stanford.edu/>
- [19] SPARQL Query language for RDF, W3C Recommendation [Internet]. Available : <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>



송 세 헌 (Seheon Song)

2013년 2월 : 아주대학교 정보통신공학과 (공학박사)
 2014년 1월 ~ 현재 : 메타빌드(주) 책임연구원
 ※ 관심분야 : 서비스컴퓨팅, 사물인터넷, 시맨틱웹



이 상 일 (Sangll Lee)

2010년 2월 : 성균관대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
 1999년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원
 ※ 관심분야 : 상호운용성, 사물인터넷, SOA



박 재 현 (JaeHyun Park)

1992년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1999년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원
 ※ 관심분야 : M&S, SOA, 사물인터넷