

## Multi-Domain Operation Environment QoS 소요식별 절차

박동석<sup>1)</sup> · 조봉익<sup>2)</sup> · 박태형<sup>3)</sup> · 임재성<sup>\*,4)</sup>

<sup>1)</sup> 합동참모본부 사이버·지휘통신참모부

<sup>2)</sup> 아주대학교 장위국방연구소

<sup>3)</sup> 연세대학교 기술경영학협동과정

<sup>4)</sup> 아주대학교 국방디지털융합학과

### Process for Identifying QoS Requirements in the Multi-Domain Operations Environment

Dongsuk Park<sup>1)</sup> · Bongik Cho<sup>2)</sup> · Taehyung Park<sup>3)</sup> · Jaesung Lim<sup>\*,4)</sup>

<sup>1)</sup> Department of J6, Joint Chief of Staff, DoD, Korea

<sup>2)</sup> Institute of Defense Research Jang Wi, AJOU University, Korea

<sup>3)</sup> Department of Management of Technology, Yonsei University, Korea

<sup>4)</sup> Department of Military Digital Convergence, AJOU University, Korea

(Received 29 September 2021 / Revised 22 December 2021 / Accepted 10 February 2022)

#### Abstract

A network QoS model for the joint integrated C4I structure<sup>[1]</sup> was proposed for the integration of network infrastructure and network operations(NetOps) for NCOE. Detailed QoS requirements process of the joint integrated C4I systems are needs in the Multi-Domain Operation Environment(MDOE). A process is proposed for identifying QoS requirements and establishing in the MDOE using JMT(Joint Mission Thread) reference architecture and solution architecture. Mission analysis identify JCOAs(Joint Critical Operational Activities) and related activities based on JMT & System architecture's OVs, and Information analysis identify QoS attributes using System architecture's SVs. Identifying QoS attributes will be registered at PPS Registry by pre-regulated process, and will be set-up by NetOps. MDOE QoS requirement Process will support efficiently MUM-T and smart defense platform users under the future uncertain battlefield circumstances.

Key Words : QoS(서비스품질), MDOE(다영역작전), DiffServ(차등서비스), PPS(포트, 프로토콜, 서비스), MUM-T(유, 무인복합운용체계), SDN(소프트웨어정의네트워크), Fourth Industrial Revolution(4차산업혁명)

#### 1. 서론

Multi-Domain Operation(MDO)이란 시간과 공간의 영

\* Corresponding author, E-mail: jaslim@ajou.ac.kr

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

역을 뛰어넘어 군사적 환경과 능력을 다중적으로 융합하여 여러 영역을 이용한 시너지 효과와 가용한 공격 형태를 이용해 적을 압도하는 효과가 최적화되도록 모든 영역과 환경에서 능력을 신속하고 지속적으로 통합하는 작전이다. 이러한 다차원 영역에서 실시간 정보공유 및 동시·통합 임무를 수행할 수 있는 Multi-Domain Operation Environment(MDOE) 구축을 위해 고려해야 할 특성은 토폴로지 변화에 따른 적시적인 대응으로 핵심 정보의 적시유통과 원활한 지휘통제가 가능해야 한다. 합동지휘통제 통합망 QoS모델(안)<sup>[1]</sup>에서는 한국군의 QoS 운용실태 및 문제점을 살펴보고 합동지휘통제 통합망 구조와 QoS 모델(안)을 제시한 후 단계별 네트워크 통합 및 추진방안에 대하여 제안하였다. 그러나 최근 대두되고 있는 MDOE지원을 위해 단위체계개발간 QoS 소요식별에 대한 세부적인 절차의 정립 필요성과 4차 산업혁명기술과 관련된 드론, 로봇, IoT 등과 연계된 첨단무기체계의 QoS지원에 대한 반영이 요구된다.

본 논문에서는 다차원 첨단무기체계와 수행해야 할 임무의 효과를 기준으로 지원체계의 QoS 소요를 식별하고 반영하는 MDOE QoS 소요식별 절차에 대해 제안한다. 특히, 작전임무수행에 대한 효과반영을 위해 참조아키텍처인 JMT를 기준으로 주요활동을 식별하고 연계된 단위 시스템아키텍처를 활용하여 관련된 체계 기능, 체계데이터 IER과 체계의 QoS 요구조건을 식별하고 PPS(Port, Protocol, Service)로 매핑하기 위한 양식을 제공한다. 매핑된 PPS는 향후 NetOps를 통하여 설정된다. 미 국방부는 PPS규격화 정책<sup>[18]</sup>을 수립하고 전군적으로 네트워크 QoS와 보안을 통합하여 관리하고 있으며 PPS는 비공개로 관리하고 있다. 2장에서는 4차 산업혁명 기술 관련 군 적용 현황 및 군 서비스별 Traffic 소요, 미군 GIG의 QoS 적용에 대해 알아본 후 한국군의 트래픽 분류체계와 제한사항에 대해 분석한다. 3장에서는 JMT와 단위아키텍처를 활용하여 임무수행에 필요한 효과에 기반한 MDOE적용 QoS 소요식별 절차를 정립하고 PPS 설정을 위한 양식을 제안하고 4장에서는 결론 및 향후 연구방안을 제시한다.

는 JMT와 표준화된 우선순위를 활용하여 개략적인 IER(Information Exchange Requirement)을 식별하는 적용방안을 제시하였으나 실제 수행임무에 따른 작전효과와 연계한 세부적인 절차와 방법은 발전이 필요하다. 특히, 드론봇, 로봇, IoT 등 5G 및 4차 산업혁명기술의 국방분야 적용에 따라 Fig. 1과 같이 초저지연 및 Deterministic Traffic에 대한 소요가 발생하고 있어 서비스클래스 분류 체계 및 QoS 소요식별 절차에 대한 발전의 필요성이 증대되고 있다.

2.1 4차 산업혁명관련 군 적용 및 QoS 요구사항

‘초연결·초지능’의 제4차 산업혁명 시대에는 전장의 생태계(battlefield ecosystem)도 국방사물인터넷(M-IoT)과 드론, 로봇 등 ‘저비용 고성능’의 무인 자율체계와 지향성 무기체계 환경이 구축될 것으로 예상된다. 스마트 국방은 5G, IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일, AI 등을 포함한 4차 산업혁명 기술로 구현되며 합참은 8대 핵심기술을 활용하여 확보해야 할 10대 군사능력을 선정하고 핵심전력소요 30개에 대한 중합발전계획을 수립하였다<sup>[2]</sup>. 이러한 스마트 국방 환경에서는 초연결·네트워크 환경에서 유·무인 복합체계간 효과적인 정보를 교환하면서 전투를 수행할 수 있는 QoS 지원이 필수적이며 5G 정책통신협의회의(2019)에서는 5G 이동통신 시대에 예상되는 다양한 서비스와 요구되는 QoS를 Fig. 1과 같이 제시하였다<sup>[3]</sup>.

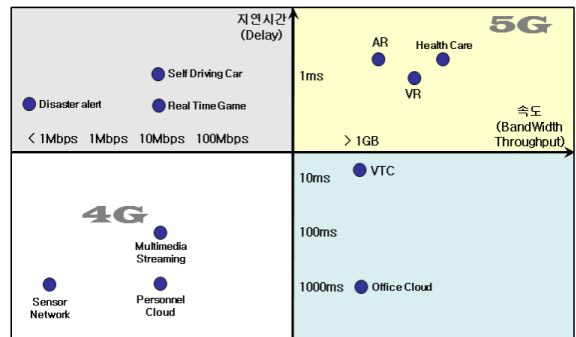


Fig. 1. 5G expected services features and QOS

2. 관련연구

합동지휘통제 네트워크를 포함한 군 기반체계에 대한 QoS 적용 방법 및 절차는 여러 논문에서 제시되고 있다. 합동지휘통제 통합망 구조 QoS 모델(안)<sup>[1]</sup>에서

2.2 미군 GIG네트워크 QoS적용

GIG QoS참조 프레임워크는 Fig. 2와 같이 ITU-T standard Y.1291<sup>[4]</sup>을 기초로 개발되어 PBAS(Precedence Based Assured Service)를 지원하고 있다. 데이터평면(Data Plane)에서는 혼잡회피를 위해 DiffServ<sup>[5,6]</sup>에 기반

한 ECN(Explicit Congestion Notification), Scheduling, 트래픽 Classification, 트래픽 Shaping, 패킷 Marking 등의 QoS 메커니즘이 적용된다. 제어평면(Control Plane)에서는 서비스 Class, 우선순위레벨 정보가 교환되어 자원예약, QoS라우팅, 수락제어를 위한 Signaling 메커니즘이 적용되며 관리평면(Management Plane)에서는 SLA(Service Level Agreement) 관리, 성능 모니터링, QoS 정책관리, 에러처리를 수행한다. SCL(Service Control Layer)에서는 호수락제어를 실시하고 사용자간의 연결을 지원한다<sup>7)</sup>.

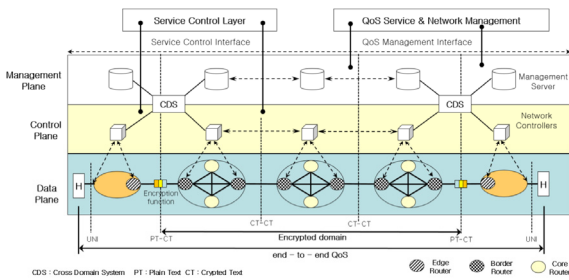


Fig. 2. GIG QoS reference framework

미군의 UC(Unified Capability) 정보교환서비스의 클래스화 및 네트워크에 적용은 Fig. 3의 개념도와 같다<sup>7)</sup>. 가입자 서비스는 Precedence 측면에서는 DiffServ와 Q-모델을 이용하여 각종 데이터 형태별 특성에 대한 정보교환성을 지원하고 Preemption 차원에서는 CAC(Call Admission Control) 및 Signaling을 이용하여 MLPP(Multi-Level Precedence & Preemption) 우선순위를 지원하고 있다. 음성(VoIP)과 영상통화(VVoIP)의 경우 CAC가 적용되는 보장형과 지원되지 않는 비보장형으로 구분된다.

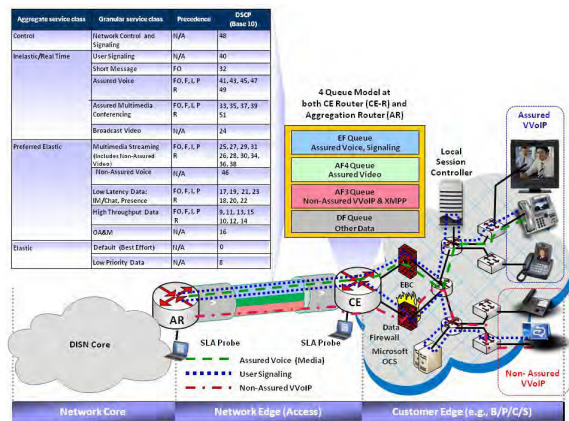


Fig. 3. GIG queuing design overview

DoD는 국방성 차원에서 정책적으로 체계간 정보전송 품질을 보장하기 위해 성능 요구사항을 응용의 형태, 트래픽 정보의 특성 및 중요도 등에 의해 서비스 클래스로 구분하였다. 또한 각각의 서비스는 클래스별 품질을 보장할 수 있도록 주요 성능기준과 중요도를 표준화하고 DSCP(DiffServ Code Point)에 Mapping한 후 Q모델에 적용하여 전군차원에서 구성관리를 시행하고 있다. QoS관련 주요문서인 UCR2013<sup>8)</sup>에서는 GIG종단간 성능요구 및 서비스 클래스를 정의하고 있으며 T300에서는 GIG의 서비스 품질보장을 위한 PBAS(Precedence Based Assured Service)방식 채택과 GIG 아키텍처에 적용되는 종단간 QoS표준을 제공하고 있으며 미 육군 UCRA(UC Reference Architecture)에서는 UC Application, Service Classes, Priority Level 등을 명시하고 있다. QoS와 관련된 요구조건 식별을 위한 절차와 세부적인 절차와 방법은 공개되지 않고 있으나 JCIDS (Joint Capability Integrated Development System)<sup>8)</sup>에 포함되어 시행되고 있는 NR-KPP(Net-Ready Key Performance Parameter) 절차를 적용하여 체계 개발간 임무수행 효과를 기준으로 QoS 소요를 도출하여 적용하고 있는 것으로 판단된다<sup>1)</sup>.

2.3 한국군 QoS 적용 및 제한사항

QoS 적용과 관련된 연구들은 “통합 무선 백본망 구축을 위한 네트워크 구조 연구”<sup>9)</sup>, “All-IP 전술네트워크 기반하 무기체계 정보유통 보장방안 연구”<sup>10)</sup>, “군 응용서비스를 위한 트래픽 클래스 분류 방법”<sup>11)</sup>, “TICN체계 QoS설계”<sup>12)</sup>, “합동지휘통제 통합망 구조 QoS 모델(안)”<sup>11)</sup> 등 다양한 분야에서 진행되고 있다. 우선, 군 응용서비스를 위한 트래픽 클래스 분류 방법<sup>11)</sup>에서는 Y.1541<sup>1)</sup>을 기반으로 하는 다양한 상용 표준들과 DoD의 제안을 기반으로 군통신 응용서비스에 대한 트래픽 클래스를 부여하고 전달요구 조건을 설정하기 위한 방법론을 제안하였다. 트래픽 클래스 분류를 위한 성능특징은 Table 1과 같이 지연, 손실, 전송용량을 기준으로 실시간, 근실시간, 손실민감, 대용량으로 분류하였으며 서비스는 대화형, 스트리밍 여부를 기준으로 설정하였다.

군 응용서비스를 위한 트래픽 클래스 분류는 응용서비스의 서비스특징과 성능특징을 기반으로 트래픽 클

1) ITU-T Recommendation Y.1541(2011), Internet Protocol Aspects - Quality of Service and Network Performance

래스를 분류한 후 전술적 임무수행의 긴급성을 반영하여 Fig. 4와 같이 7종의 응용트래픽을 식별하여 6개의 DSCP(EF, AF1, AF2, AF3, AF4, BE)에 매핑하였다.

Table 1. ITU-T commercial traffic criteria

	IPTD(Delay)		IPLR(Loss)		IPBW(Band width)	
	Range	Delay	Range	loss-sensitive	Range	throughput
1	0<IPTD≤100ms	Real Time	≤ 0%	highly	0<IPBW≤54kbp	lowly
2	100<IPTD≤150ms		0<IPLR≤1%	medium	64<IPBW≤384kpbs	low-medium
3	150<IPTD≤250ms		1<IPLR≤3%	low	384<IPBW≤500kpbs	medium
4	250<IPTD≤400ms	Near RT	3<IPLR≤NF	loss-insensitive	500k<IPBW≤2Mpbs	high
5	400ms<IPTD≤2s				2M<IPBW≤NF	highly
6	2s<IPTD≤10s	Near BT (Buffer)				
7	10s<IPTD≤NF	Non RT				

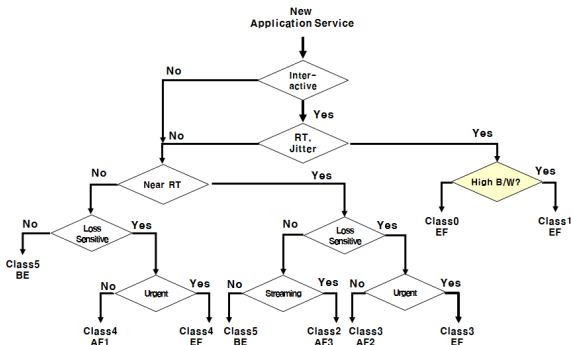


Fig. 4. Proposed procedure for the classification of traffic classes and PHBs

TICN체계 QoS<sup>[12]</sup>는 DSCP기반 IETF DiffServ 표준 방식을 적용하여 구현하였으며 음성통화, 영상통화, 망관리 등 총 9종류 트래픽에 8개의 DSCP(EF, AF1, AF2, AF3, AF4, CS3, CS5, CS6, BE)에 매핑하였다. 서비스(트래픽 클래스) 구분규칙은 서비스식별 → 실시간성 → 중요성으로 처리순서를 설계하였다. All-IP 전술 네트워크 기반하 무기체계 정보유통 보장 연구에서는 Fig. 5와 같이 TICN체계 DSCP Mapping과 트래픽 클래스 구분의 제한사항을 분석하고 ITU-T Y.1541 기준으로 클래스, 성능속성, 전송우선순위가 연계되도록 Mapping 하였다. 서비스 트래픽 클래스 구분규칙은 서비스 식별 → 동시성 → 중요성 → 실시간성으로 처리순서를 보완하였다<sup>[10]</sup>.

NCOE구현을 위한 합참중심 QoS모델(안) 연구에서는 한국군의 QoS 적용에 대해 C4I를 포함한 각 체계별 물리적으로 분리된 채널을 구성하여 QoS 적용없이 사용하고 있으며 MLPP 우선순위(Precedence) 설정과

우선순위에 따른 Preemption 지원을 위한 Assured와 Non-Assured의 구분이 없는 것으로 분석하였다. 또한, 네트워크 구조 재정립, Control Tower 구축, 각종 DB 구축 및 표준화 등을 통하여 합동지휘통제 통합망 구조 및 QoS 모델을 구축하고 실시간 정보 공유 및 유통에 대한 보장방안을 제안하였다.

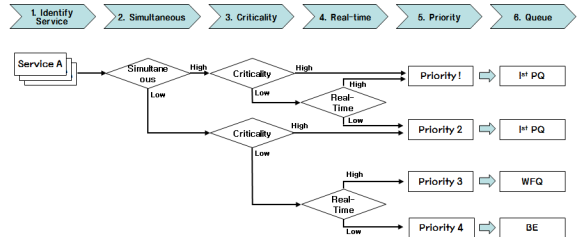


Fig. 5. Service(traffic) classification process(All-IP)

위에서 제시된 각종 QoS 관련연구 및 적용에 대해 종합한 결과 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 동일 서비스내 1-2개의 제한적인 PHB할당으로 우선 순위 지원 제한
- Traffic별 우선순위 선정에 대한 기준 정립 필요
- 세부적인 QoS 요구조건 식별 절차 미 정립
- 군 응용서비스 트래픽 클래스 구분과 TICN체계에서는 9종의 서비스를 분류하였으나 국방차원의 표준화된 서비스 분류 및 적용 필요
- 라우터에서 Traffic Classification을 적용하기 위한 서비스-Port Mapping 및 PPS에 대한 관리 필요
- 드론, 로봇, IoT 등 4차 산업혁명에 따른 스마트 국방 첨단무기체계에 대한 QoS 반영 필요

본 논문에서는 4차 산업혁명 국방분야 유·무인 복합체계 및 MDOE에서의 효과적인 임무수행을 위한 QoS요구조건 식별 및 QoS설정을 위한 PPS 레지스트리 등록방안을 제시한다.

### 3. MDOE에서의 QoS 식별

능력은 임무를 성공적으로 수행하기 위해 규정된 표준과 조건하에서 전투발전요소의 수단과 방법의 조합을 통해 요구되는 효과를 달성할 수 있는 역량을 말한다. JMT를 통한 임무수행은 Fig. 6과 같이 임무완수를

위해 수행되어야 할 과업을 선정하고 전투발전요소 수단인 체계를 이용하여 특정 조건과 표준에 의해 과업을 수행되게 된다. 각 분야별 평가는 체계측면에서 관련속성을 측정하고 과업측면에서는 MOP(Measure Of Performance) 수준으로 효과가 평가되어 진다<sup>[13]</sup>.

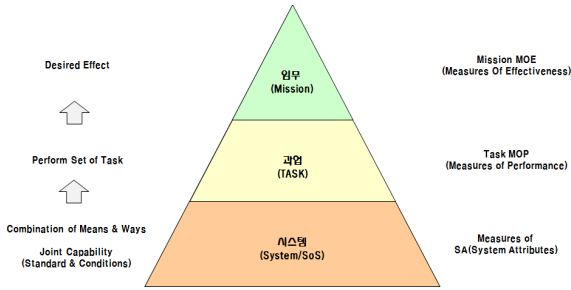


Fig. 6. Mission-task-system concept

임무에 기반한 QoS식별을 위한 절차는 Fig. 7과 같이 전략 및 전역목표를 분석하여 주요과업을 도출한 후 주요과업에 대해서 국방아키텍처를 활용한 상호운용성 시험 시나리오/케이스 개발방안 연구에서 제시한 한국군에 적합한 JMT 아키텍처를 작성하여 활용한다<sup>[14]</sup>. JMT는 작전, 체계, 기술적인 분야를 망라한 참조 아키텍처이며 합동임무(시나리오)와 관련된 단-대-단 (End-to-End) 활동 및 이를 지원하는 산출물(As-Is, To-Be)인 AV-1.2, OV-1.2.3.4.5b.6.10c, CV-6, SvcV-3a, 시나리오, 척도(Measures) 등으로 구성된다. JMT에 대한 평가는 주요활동을 식별한 후 MOE(Measure of Effectiveness), MOP를 설정하여 효과평가에 반영하고 수단인 체계에 대해서는 식별된 주요활동을 지원하는 체계기능을 식별하고 특정조건과 표준에서 관련된 속성을 측정한다.

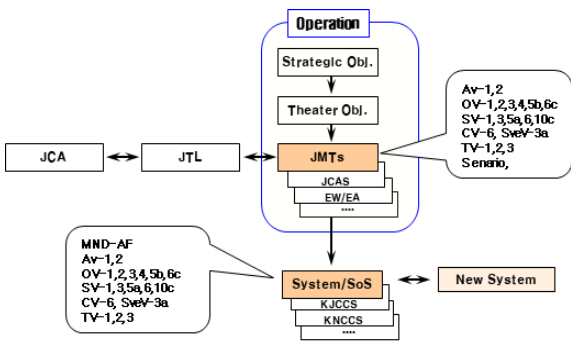


Fig. 7. QoS identification process based on mission

본 논문에서 제시하는 MDOE에서의 QoS 요구조건에 대한 식별절차는 Table 2와 같이 구축된 JMT를 참고하여 임무를 분석하고 식별된 임무를 기반으로 단위아키텍처를 활용하여 단위체계 측면의 작전활동(OV-5)과 관련된 정보교환(OV-3)을 식별한다. 정보분석은 작전활동 정보교환에 따른 소요되는 체계의 기능(SV-5)과 데이터정보교환(SV-6) 세부소요 내용을 식별하고 식별된 정보를 활용하여 QoS지원을 위한 Port/Service 등을 식별한다. 식별된 QoS와 관련된 세부특성은 QoS Table에 반영하고 승인절차(certification and accreditation)를 거쳐서 PPS Registry에 등록한다. 본 논문에서는 상호운용성 시험 및 평가를 위해 [15], [16]에서 제시한 절차와 환경에 유·무인 복합체계를 추가하고 이를 지원하는 임의의 체계에 대한 QoS 소요도를 측면에서 관련내용과 절차를 정립하였다.

Table 2. QoS identification process based on mission

Mission Analysis			Information Analysis		Identify QoS	Register PPS
Preparing	Operational Activities	Operational Info. Exchanges	Operational Activities to Sys. Function	Sys. Data Info. Exchanges		
Reference Architecture	System(Solution) Architecture				QoS Table	PPS Registry
JMT(OV,SV)	OV-5	OV-3	SV-5	SV-6		

### 3.1 임무분석(Mission Analysis)

JMT는 각 소요기관에 의해 구축 및 승인되며 JMT의 임무쓰래드는 임무수행을 위해 승인되어야 하는 활동으로 임무완수를 위해 관련된 UJT(Universal Joint Task)와 연계된다. JMT와 단위아키텍처의 OV를 활용하여 임무를 분석하고 임무수행 평가를 위해 합동작전 중요활동(JCOA-Joint Critical Operational Attribute)과 연계된 체계의 활동을 선정하여 활용한다.

#### 3.1.1 임무수행아키텍처

본 논문에서 JMT는 “Joint Close Air Support”<sup>[17]</sup>를 참고하여 유·무인 복합체계가 디지털 정보를 지원받아 지상작전을 지원하는 가상의 MUM-T CAS(Manned Unmanned Teaming CAS) 작전시나리오를 설정하여 구성하였다. Fig. 8은 MUM-T CAS의 운용개념을 보여주는 임의의 OV-1(High Level Operational Graphic)으로 ASOC(Air Support Operation Center)은 표적지역의 군 지형지도와 UAV의 영상정보를 조합하여 CAS에 참가중인 항공기에게 전송하고 작전지역에서는 UAV가

관련영상을 전투기 조종사에게 전송하여 타격효과를 극대화시키는 유·무인 복합체계인 MUM-T(Manned-Unmanned Teaming)를 반영하였다.

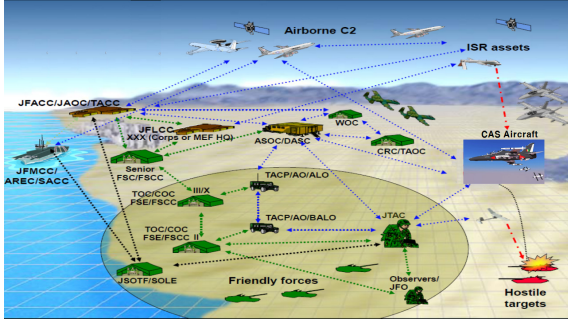


Fig. 8. JMT OV-1

MUM-T CAS의 OV-5인 Table 3에서는 다양한 운용 활동을 식별할 수 있으며 특히, ASOC 노드에서 임무 항공기를 지원하는 활동 중 Coordinate with FAC/CAS Aircrew 단계의 Receive Baseline Digital Topographic (DTOP) Data, Receive Current Imagery Feed 2가지 활동과 작전지역에서 UAV가 전투기의 통제를 받아 목표의 영상을 전송하는 Receive Current Imagery Feed 1가지 활동을 MUM-T CAS에 연계되어 효과평가에 영향을 미치는 것으로 설정하였다.

Table 3. JMT OV-5

A.0 Conduct CAS	A1 Planning	.....	.....	.....		
	A2 Preparation	.....	.....	.....		
	A3 Execute	A3.1 JTAC	.....	.....	.....	
		A3.2 JFO	.....	.....	.....	
		A3.3 ASOC	A3.3.1 Coordinate with TACP/TOC/...	.....	.....	.....
			A3.3.2 Find/Fix/Track Target	.....	.....	.....
			A3.3.3 Coordinate with FAC/CAS Aircraft	A3.3.3.1 Receive Baseline Digital Topographic(DTOP) Data	A3.3.3.2 Receive Current Imagery Feed	.....
		A3.4 CAS Aircrew	.....	A3.3.3.1 Receive Current Imagery Feed	.....	
	A3.5	.....	.....	.....		
	A4 Assessment	.....	.....	.....		

3.1.2 단위체계 아키텍처(System Architecture)

Fig. 9는 개발체계인 MCS(MUM-T CAS System)의 Sensor Site, ASOC(또는 HQ)를 구성하는 표적반, 정보반, 지도 및 영상제공노드, 유·무인 전투기 등으로 구성된 High Level OV-1 운용개념이다. Sensor Site에서 표적에 대한 정보를 관측하여 VMF(Variable Message Format)로 표적반에 제공하고 정보반은 관련 표적정보를 기준으로 지형정보 및 이미지 정보를 획득 및 가공 후 관련정보를 유·무인 전투기로 전송한다. 임무지역에서는 전투기 조종사가 UAV로부터 표적의 영상과 좌표를 Link-16을 통하여 수신한다<sup>15)</sup>. 향후, DetNet (Deterministic Network) 및 5,6G 적용시에는 DetNet 및 Slicing 기능을 활용하여 지연시간을 최소화 할 수 있다.

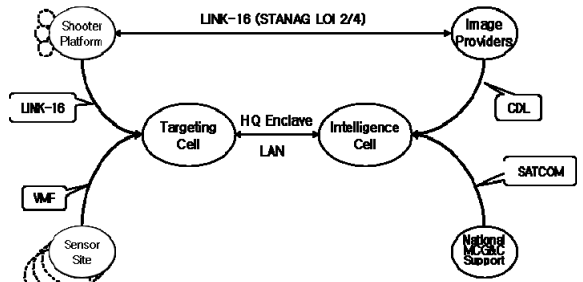


Fig. 9. MCS OV-1

MCS의 각 노드는 Fig. 10과 같이 연결되어 있으며 본부에는 표적반과 정보반이 위치한다. 전투기는 직접 UAV를 통제하여 이동하는 MUM-T 또는 임무지역에서 활동중이던 UAV로부터 영상정보를 수신받는 전투기로 가정한다. MUM-T는 STANAG LOI(Level of Interoperability) 4를 적용하고, 지역 UAV로부터의 단순영상정보 수신은 LOI 2를 적용한다.

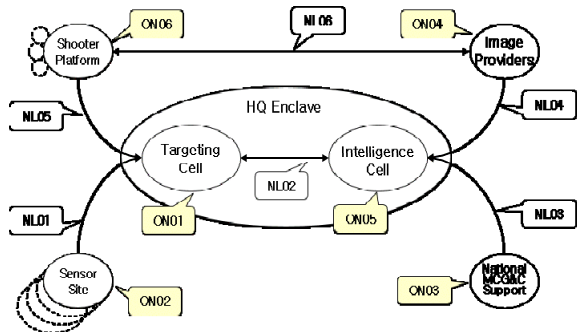


Fig. 10. OV- 2 operational node connectivity diagram

JMT는 다수의 작전활동들로 구성되며 새로운 체계의 개발간에는 임무분석을 통하여 개발체계와 연계된 다수의 JMT의 활동 및 능력을 식별하고 분석하여 임무수행에 결정적인 합동작전중요활동(JCOAs)을 식별한다. 본 논문에서는 OA2.1(Obtain Map Segment)과 OA6(Obtain Target Imagery)을 JMT와 연계하여 측정 및 평가 가능한 JCOA(Joint Critical Operational Attribute)로 선정하였으며 관련된 임계치, 목표치는 OV-6c(합동긴요임무스래드)에 포함된 체계의 성능표준 설정간 참고로 활용한다. 또한, 개발중인 체계는 JMT로부터 2가지 이상의 활동이 연계되어야 하는데 Fig. 11과 같이 Receive Baseline Digital Topographic(DTOP) Data, Receive Current Imagery Feed, Receive Current Imagery 가 개발중인 체계와 연계되는 것으로 간주하였다. 이러한 3개의 JMT 활동중 Receive DTOP Data는 개발체계 OA2.1(Obtain Map Segment) 활동으로, Receive Current Imagery Feed는 OA2.2(Obtain Available Imagery), Receive Current Imagery Feed는 OA6(Obtain Target Imagery) 활동과 연계되며 이러한 개발체계의 활동은 JMT의 능력을 지원한다<sup>[16]</sup>.

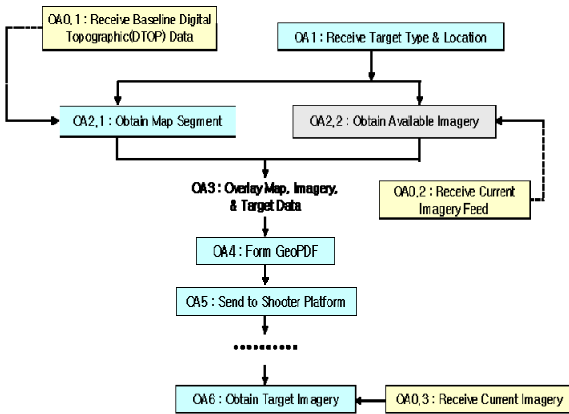


Fig. 11. OV-5 operational activity

OV-5에서 식별된 JCOA 활동을 지원하기 위해 요구되는 작전적 정보교환소요(IER)를 OV-3(운용정보교환 목록)를 통하여 식별한다. Table 4와 같이 정보 및 표적판 사이에는 OA2.1(Obtain Map Segment)을 위한 작전적 효과성 제한시간을 지형 데이터 요청 / 응신에 대하여 30초의 제한시간을 IER에 반영하여 설정하고 전투기와 UAV사이에는 영상 데이터 요청 / 응신에 대하여 3초의 제한시간을 설정하였다<sup>[16]</sup>.

Table 4. OV-3 IER(Operational Information Exchange)

Need line. ID	System Data Exch. ID	Sending OP		Receiving OP		Trigger Event	Media Type
		System	Activity	System	Activity		
NL02 NL03	IER020	ON5: Intelligence cell	OA2.1: Obtain map segment	ON1: Targeting cell	OA2.1: Obtain map segment	MCS User Request	LAN
NL06	IER021	ON6: Shooter Platform	OA6: Obtain Available Imagery	ON6: Image Provider	OA6: Obtain Available Imagery	MCS User Request	Link -16

Format	Accuracy	Security	Time-liness	Perio-dicity	Critical-ity	Contnet	TSN/ Det/Net
Automated map segment request/ response	Resolution 1:25,000	SIPRNET	<30s	Asneeded	Critical	Target Area topographic map segment	
Automated Image Data request/response	99.9%	Secure TDMA	<3S	Asneeded	Critical	Imagery & Targeting Data	Time Sensitive

3.2 정보분석(Information Analysis)

3.2.1 중요활동을 지원하는 체계기능(SV-5) 식별

OV-5에서 식별된 주요작전활동(JCOA)을 수행하는데 필수적인 Core Enterprise의 체계기능은 SV-5에 매핑하여 식별한다. Fig. 12와 같이 JCOA인 Obtain Map Segment와 Obtain Target Imagery를 Core Enterprise의 기능과 매핑할 수 있으나 MCS에서는 Core Enterprise Service에 Data/Service를 제공 및 사용하지 않으므로 별도의 요구조건과 표준을 식별하여 IER에 반영한다<sup>[17,21]</sup>.

Allocated System	System Function Number	Activities		Functions	
		Activities	Functions	Activities	Functions
LSMS	1.3.1.2	Conduct Instrument Approach	X		X
PPFS DTDS Hbr	1.2.3.1	Defeat Intelligence Function		X	
GCSSCFRE	1.2.3.3	Defeat Maintenance Function		X	
Digital Topographic Support System (DTSS)					X
TACAN: Collision Avoidance System	1.3.1.4	Execute Strategic Fueling			X
NAV, TACAN, GPS, LSMS	1.3.2.2	Execute Tactical Take-off and Landing	X	X	X

Fig. 12. SV-5 activity to system function traceability matrix

3.2.2 체계데이터교환(SV-6) 식별

도출된 작전 정보교환요소와 연계하여 SV-6에서는 IER020에서 설정한 30초를 SDE021 요청은 10초, SDE022 응신은 15초로 구체화하고 IER020에서 설정한 3초를 SDE031 요청은 1초, SDE032 응신은 1.5초로 구체화하여 세분화 하는 등 체계간 실제 교환되는 실

제 데이터의 요구사항과 요소를 구체화하여 체계내의 데이터 교환정보를 Table 5와 같이 도출한다<sup>[16]</sup>.

MCS관련 서비스는 Core Enterprise에 Data 및 Service를 제공하지 않으므로 Data 요청에는 SOAP을 사용한다. DTSS(Digital Topographic Supporting System)와 DISS (Digital Image Supporting System)의 Web Service를 지도정보와 이미지 제공에 사용하여 데이터 교환에 반영한다.

Table 5. SV-6 IER format

Info Exch ID	System Data Exch ID	System Interface Name/ID	Data Element Name	Content	Format Type	Media Type	Data Standards
IER 020	SDE 021	MCS link to MBcN LAN	Target areamap segment request	Target coord. map segment boundary length	SOAP	Electronic	W3C SOAP v1.2 W3C.XML1.0(5 <sup>th</sup> ed) IETF SRD 2616 1,1 IETF STD 7,9/91 IEEE Std 802.3 2008
IER 020	SDE 022	DTSS link to MBcN LAN	Target area TOPO map segment	TOPO map segment centered on Target coord	TFTP	Electronic	MIL-PRF-89037A,5/99 MIL-STD-2401,1/94 IETF STD 33,rev2 IETF STD 5,9/91 IEEE Std 802.3 2008
IER 021	SDE 031	MCS link to DISS	Target Image request	Target Image no.	SOAP	Electronic	MIL-PRF-89037A,5/99 MIL-STD-2401,1/94
IER 021	SDE 032	DISS link to MCS	Target Image	Imagery Data	TFTP	Electronic	STANAG7085

Sending System	Receiving System	Tran. Type	Triggering Event	Criticality	Periodicty	Timeliness	Throughput
MUM-T CAS	MAPS	Automated request	MCS request "Get Target Area"	C	Asneeded	≤ 10s	6req/min
MAPS	MUM-T CAS	Automated response	MCS target areamap request	C	Asneeded	< 15s	4req/min
MUM-T CAS	Imagery	Automated request	MCS request "Get Target Image"	C	Asneeded	< 1s	8req/min
Imagery	MUM-T CAS	Automated response	MCS target Image request	C	Asneeded	< 1.5s	6req/min

3.2.3 식별된 소요 종합 및 QoS Table 작성

SV-6, SV-4의 체계기능, TV-1을 이용하여 Table 6과 같이 QoS와 관련된 서비스, Port 등 Attributes를 식별하고 QoS Table을 완성한다.

QoS Specification Table에서 포트는 TV-1, Protocol항목을 이용하여 서비스를 식별한 후 GIG와 합동지휘통제 통합망 구조 QoS 모델(안)에서 제시된 6Q모델을 적용하여 DSCP를 선정한 후 Table 7과 같이 QoS Table을 완성한다.

Table 6. QoS attributes

	TV-1	PORT	Protocol
SDE 020	W3C SOAP v1.2	80	Messaging Framework
	W3C.XML1.0(5 <sup>th</sup> ed)		
	IETF RFC2616 1,1	80	HTTP
	IETF STD7, 9/91		RFC1112(Host Extension for IP multi-casting)
			RFC3168(IP ECN)
			RFC6093(TCP Urgent Mechanism)
			RFC6528(Defending against Sequence No. Attacks)
	IETF STD5, 9/91		RFC791(IP)
		1	RFC792(ICMP)
		32	RFC919(Broadcasting Internet Datagram)
		RFC922(Internet Standard Subnetting Procedure)	
		RFC1112(Host Extension for IP multicasting)	
IEEE Std 802.3 2008		Ethernet	
SDE 021	MIL-PRF-89037A, 5/99	90	DTOP(Digital Topographic Data)
	MIL-STD-2401, 1/94	45	WGS84(World Geodetic System)
	IETF STD 33, rev2	69	The TFTP Protocol
	IETF STD7, 9/91		RFC1112(Host Extension for IP multicasting)
			RFC3168(IP ECN)
			RFC6093(TCP Urgent Mechanism)
			RFC6528(Defending against Sequence No. Attacks)
	IETF STD5, 9/91		RFC791(IP)
		1	RFC792(ICMP)
		32	RFC919(Broadcasting Internet Datagram)
		RFC922(Internet Standard Subnetting Procedure)	
		RFC1112(Host Extension for IP multicasting)	
IEEE Std 802.3 2008		Ethernet	

Table 7. QoS table

SA	DA	PORT (Local)	PORT (Dest.)	Priority	TV-1	Protocol (Service)	DSCP
192.168.11.12	212.79.111.155	80		FO	W3C SOAP v1.2	Message	32
		80		FO	IETF RFC 2616 1,1	HTTP	
		1		FO	IETF STD 5	FC792(ICMP)	
		32		FO		RFC919	
212.79.111.155	192.168.11.12	90		FO	MIL-PRF-89037A, 5/99	DTOP(Digital Topographic Data)	23
		45		FO	MIL-STD-2401, 1/94	WGS84(World Geodetic System)	23
		69		FO	IETF STD 33, rev2	The TFTP Protocol	
		1		FO	IETF STD 5, 9/91	FC792(ICMP)	
		32		FO		RFC919	



3.3 PPS 작성 및 등록

식별된 QoS는 승인절차를 거쳐 Table 8과 같은 양식을 참고하여 PPS(Port, Protocol, Service) 레지스트리에 등록한다. PPS는 기존의 “포트, 프로토콜, 서비스”라는 의미로 사용되었는데 미 국방성 지침 DoDI 8551.01<sup>[18]</sup>에서는 DoDIN(DoD Information Network)에 접속되는 정보체계 또는 무기체계를 대상으로 프로토콜의 사용과 관리를 카탈로그화하여 등록절차를 규정하고 있다<sup>[18,19]</sup>.

Table 8. PPS(Port, Protocol & Service) format

Info. Sys Name	Version	DESCRIPTION	NETWORK ENVIRONMENT	IP Address	PERIMETER IP Address
MCS (Manned Unmanned CAS System)	Rel. No.1.0	MCS is based on the Kernel On Guard Security System that support Dital Aided CAS capabilities to battlefield.	SIPRNet	192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1
				192.168.100.0/24	192.168.100.1

RMF	Date of Register	Approved No.	Application (Data Services)	IP PROTOCOL	Service	PORT (L)	PORT (H)
	2020-10-14	8111	Message	TCP	Target Area mao segment Request	80	
	2020-10-14	8111	HTTP	UDP		80	
	2020-10-14	8111	FC792(ICMP)	TCP		1	
	2020-10-14	8111	RFC919	UDP		32	
	2020-10-14	8111	DTOP(Digital Topographic Data)	TCP	Target area TOPO amp Segment	90	
	2020-10-14	8111	WGS84(World Geodetic System)	UDP		45	
	2020-10-14	8111	The TFTP Protocol	TCP		69	
	2020-10-14	8111	FC792(ICMP)	UDP		1	
	2020-10-14	8111	RFC919	TCP		32	
	2020-10-14	8111		UDP		5060	5061

3.4 효과분석

효과평가는 본 논문에서 제시한 MDOE QoS식별절차와 기존의 군 통신망 응용서비스를 위한 트래픽 클래스 분류, TICN체계 서비스 구분규칙을 각각 별도의 모델로 선정하고 평가를 위한 세부 평가항목은 NCO 평가<sup>[20]</sup>를 위한 NCO-CF항목으로 선정하였다. 세부 평가항목에 대한 수준 평가는 연구소 및 해당분야에 근무하는 전문가로 구성된 팀의 집단토의를 거쳐 4단계로 계량화(very good = 4, good = 3, normal = 2, bad = 1)하여 평가하였다.

Table 9. Evaluation of QoS process

Domain	Top Level Concept	TICN	Military Traffic Class	Proposed Process
Quality of Networking	① Quality of Organic Information	—	—	—
	② Degree of Networking	△	⊙	⊙
	③ Net Readiness of Nodes	△	⊙	⊙
	④ Degree of Information “Share-ability”	⊙	⊙	⊙
	⑤ Quality of Individual Information	⊙	⊙	⊙
	⑥ Degree of Shared Information Cognitive and Social Domain	⊙	⊙	⊙
⑦ Quality of Interaction		⊙	⊙	⊙
Individual Information	⑧ Quality of Individual Awareness	⊙	⊙	⊙
	⑨ Quality of Individual Understanding	⊙	⊙	⊙
	⑩ Quality of Individual Decisions	⊙	⊙	⊙
Shared Information	⑪ Degree of Shared Awareness	○	○	⊙
	⑫ Degree of Shared Understanding	○	○	⊙
	⑬ Degree of Collaborative Decisions	○	○	⊙
Sync, Agility & Effectiveness	⑭ Degree of Decision/Sync. Physical Domain	○	○	⊙
	⑮ Degree of Action/Entities Synchronized	○	○	⊙
	⑯ C2 Agility	△	○	⊙
	⑰ Force Agility	△	○	⊙
	⑱ Degree of Effectiveness	△	○	⊙
Comprehensive Evaluation		△	○	⊙

(Legend : ⊙ very good, ○ good, △ normal, × bad)

평가결과를 분석해보면, Individual Information과 Shared Information 영역의 3개 모델에 대한 효과는 동일하였으나 Quality of Networking 영역의 Degree of Networking과 Net Readiness of Nodes항목에서 Military Traffic Class과 제안모델이 우수한 것으로 평가되었으며, Quality of Interaction영역과 Sync, Agility & Effectiveness영역의 C2, Force Agility 및 Degree of Effectiveness에서 제안한 모델이 우수한 것으로 평가되었다. 이는 작전수행 임무에 기반한 MDOE Process를 적용함으로써 네트워크의 수준과 네트워크의 준비도를 향상시키고 지휘통제와 부대의 민첩성, 행동통일이 전체적인 효과에 영향을 미침으로써 평가결과에 반영된 것으로 판단된다. 이를 종합적으로 판단한 결과 3개의 모델중 TICN → 군통신망 서비스 → 제안한 모델 순으로 효과가 우수한 것으로 평가되었다.

4. 결론

본 논문에서는 4차 산업혁명기술 국방분야 적용과 작

전임무 수행효과를 고려한 MDOE에서의 QoS소요식별 절차에 대해 제안하였다. 제안한 QoS 식별절차에 대해 NCO-CF를 적용하여 분석한 결과 기존 제시된 TICN 및 군 응용서비스를 위한 트래픽 클래스 분류 방법 대비 각 분야별 효과가 증대됨을 확인할 수 있었다. 향후, 군 내 전반적이고 효과적인 QoS적용을 위해서는 서비스 식별과 PPS에 관련된 양식통일, 레지스트리 확보 및 등록절차에 관련된 연구 및 보완이 필요하다. 또한, 기준 아키텍처인 JMT를 분야별로 선정 및 작성하고 지원체계 개발간 단위아키텍처와 연계하면 요구되는 성능소요와 PPS에 대한 구체화가 가능하며 PPSM을 정립하여 NetOps를 통한 정보교환품질보장과 함께 사이버 보안을 향상시키는데 큰 역할을 수행할 것으로 기대된다.

### References

- [1] D. S. Park, D. H. Oh, E. H. Choi, J. S. Lim, "A Network QoS Model for Joint Integrated C4I Structure," *Journal of the KIMST*, Vol. 23, No. 2, pp. 106-114, 2020.
- [2] K. J. Lee, "A Consideration about the Status and the Development Plans of MND Smart Defense Innovation," *Korea Society of IT Service*, 2021.
- [3] B. M. Kang, H. R. Jung, "Accounting Separation of 5G Services," *International Telecommunications Policy Review* Vol. 27, No. 1, pp. 27-54, Mar. 2020.
- [4] ITU-T Recommendation Y.1291, *An Architectural Framework for Support of Quality of Service in Packet Networks*, 2004.
- [5] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," *RFC 2475*, Dec. 1998.
- [6] *RFC 2474*, *Definition of the Differentiated Services Field(DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*, 1998.
- [7] US ARMY G-6, "U.S.Army Unified Capabilities(UC) Reference Architecture(RA) ver1.0," Oct. 2013.
- [8] ASD NII/DoD CIO, "DoD Unified Capabilities Reference ver1.0," 2013.
- [9] J. K. Shim, H. S. Lee, J. S. Lim, "A Study of Network Architecture for Building an Integrated Wireless Network," *Journal of the KIMST Conference*, 2015.
- [10] AJOU Univ., "A Research for Securing Weapon System Information Exchange at All-IP Tactical Network," *ROK Army Report*, 2014.
- [11] G. K. Choi, B. S. Kim, B. H. Roh, "Classification of Traffic Classes for Application Services in Military Communication Networks," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 37C, No. 1, 2012.
- [12] Agency for Defense Development, "TICN QoS Design Review Report," Aug. 2012.
- [13] Mark Fiebrandt, "Measuring System Contributions to System of Systems through Joint Mission Threads," *US JTEM-T*, 2010.
- [14] AJOU Univ., "A research for Interoperability Test Scenario / Cases Development Method," *ROK JCS Report*, 2016.
- [15] DISA Combat Support Agency, "Part-II Use of Architecture Products for Evaluating Info. Exchange," July 2010.
- [16] Danielle M. Koester, Shaina Williams, Kathleen Powers, Karen Vincent, "Net-Ready Key Performance Parameter : A Measurable, Testable, and Operationally Relevant Means of Assessing Joint Interoperability," *ITEA Journal*, pp. 485-494, 2010.
- [17] Andrew Balding, Booz Allen Hamilton, "Joint Close Air Support," *Air Force Research Laboratory*, Aug. 2011.
- [18] DoDI 8551.01(2017), "Ports, Protocols, and Services Management(PPSM)".
- [19] Sara Taverner, "How to Fill out a Port, Protocols and Services Management(PPSM) Registration Spreadsheet," [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.wbdg.org%2FFFC%2FNAVGRAPH%2F25-08-11.00-20\\_RMF\\_Step\\_2-Navy\\_PPSM\\_Instructions-PPSM\\_Registration\\_v1.1.pptx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.wbdg.org%2FFFC%2FNAVGRAPH%2F25-08-11.00-20_RMF_Step_2-Navy_PPSM_Instructions-PPSM_Registration_v1.1.pptx&wdOrigin=BROWSELINK), accessed 12 April 2021.
- [20] US Office of Force Transformation, "Network Centric Operations Conceptual Framework ver1.0," DoD, pp. 30-50, 2003.
- [21] Yun-Tung Lau, Walter J. Okon, David Kye, Michelle King, "Architecture Modeling Approach for Net-Centric Enterprise Services," *10th International Command and Control Research and Technology Symposium*, 2005.