

한미 연합연습 모의지원을 위한 다중 페더레이션 인터페이스 설계 및 효과분석

원경찬¹, 정석재^{2*}

¹광운대학교 방위사업학과, ²광운대학교 경영학부

Design and Effect Analysis of Confederation Interface for ROK-US Combined Exercises

Kyoungchan Won¹, Sukjae Jeong^{2*}

¹School of DAP, Kwangwoon University, ²School of DAP, Kwangwoon University

요약 현재 연합연습은 미군 주도 하 단일 페더레이션으로 모의지원을 하고 있다. 그러나 전작권 전환 이후에는 자국의 보안정책과 정보보호 등의 이유로 현재의 단일 페더레이션에는 많은 제약사항들이 수반된다. 이러한 문제점으로부터 파생되는 다양한 문제점들을 극복하기 위한 방법으로 다중 페더레이션 구성의 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

HLA(High Level Architecture) 규칙은 하나의 페더레이션에서 모든 페더레이트들이 같은 FOM(Federation Object Model)과 RTI(Run Time Infrastructure)를 사용하여야 한다. 현재의 단일 페더레이션에서는 이질의 FOM과 RTI를 적용하기에는 제한사항이 있다. 따라서 본 논문에서는 이질의 FOM과 RTI를 적용할 수 있는 연동 접속기(Confederation Interface)를 구현하여 전작권 전환 이후 현재의 단일 페더레이션 연동구조의 단점인 체계 구성의 확장성 미흡과 보안의 취약성을 극복할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 실제 연합연습 환경에서의 연동 시험결과, CI를 적용한 체계가 이질의 FOM과 RTI를 사용하여 다중 페더레이션을 구현 할 수 있었다. 결론적으로 CI를 통해 전작권 전환 이후 한국군이 주도할 수 있는 연합연습 모의체계 구축이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract Recently, the US commanded a wargame simulation system of a combined ROK-US exercise with single federation. However, after the OPCON transfer, many limitations to the single federation have been cited such as security policies and information protection. We suggest a hierarchical federation as a way to overcome these problems. Regarding HLA rules, the participants use the same FOM and RTI in single federation. There are limitations to implement CI in applying heterogeneous FOMs and RTIs in current single federation. Therefore, we propose implementing CI with heterogeneous FOMs and RTIs in a hierarchical federation. This system overcomes the weaknesses of the system structure, which is a disadvantage of the single federation. In the federation test, we can apply heterogeneous FOMs and RTIs and achieve similar performance to the current combined exercise simulation. In conclusion, ROK should lead the simulation system of combined exercises using the CI after the OPCON transfer.

Keywords : OPCON Transfer, High Level Architecture, Run Time Infrastructure, Confederation Interface, Combined Exercises, Modeling and Simulation

이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5B8060156).

*Corresponding Author : Sukjae Jeong(Kwangwoon Univ.)

Tel: +82-940-5294 Email: sjeong@kw.ac.kr

Received October 11, 2018

Revised (1st October 26, 2018, 2nd November 19, 2018)

Accepted December 7, 2018

Published December 31, 2018

1. 서론

2017년 10월 28일 제 49회 한미안보협의회의에서 전시 작전통제권 전환의 조속한 실현을 하겠다는 의제가 채택되었다.

전작권이 미군에서 한국군으로 전환되면 한미연합사령관에게 부여된 연합권한위임사항(CODA: Combined Delegated Authority) 중 하나인 『연합연습 준비 및 시행』에 대한 권한이 한국군으로 전환되는 것을 의미하며, 한국군은 전시를 대비한 공동연습의 기획, 계획, 실행의 책임을 가지게 된다. 즉, 현재까지 미군 주도하에 실시해 오던 연합연습을 전작권 이후에는 한국군이 주도하게 될 것이며, 전작권 전환이전에 작전계획의 수립과 검증뿐만 아니라 한국군이 주도적으로 모의지원체계를 구축할 수 있는 능력을 갖추어야 하는 중요한 시점에 직면해 있다.

현재의 연습지원 모의지원체계는 대규모 전쟁 연습을 위해 여러 가지 모델을 상호 연동하여 단일 페더레이션으로 구축되어 있으며, 미군이 관리하고 있다. 이러한 차원에서 미 국방성에서는 네트워크 환경 시물레이션의 상호운용성을 보장하고, 시물레이션 연동을 포함한 시물레이션 소프트웨어의 재사용을 촉진시키기 위하여 HLA(High Level Architecture)를 미 국방성의 표준으로 채택하게 되었다[1].

HLA는 페더레이션을 구성하는 각 페더레이트의 독립적인 시물레이션을 보장하면서, 구성되는 페더레이트 간 연동이 가능한 형태로 개발할 수 있도록 지원하는 아키텍처이다. 여기서 페더레이트는 페더레이션에 참여하는 각 군 위게임 모델을 의미하며, 페더레이션은 RTI(Run Time Infrastructure)라는 기반 소프트웨어에 의해 구동되는 페더레이트들의 집합체를 의미한다[2-4].

그러나 전작권 전환 이후에는 자국의 보안정책과 정보보호 등의 이유로 현재의 단일 페더레이션에는 많은 제약사항들이 수반된다. 이러한 문제점으로부터 파생되는 다양한 문제점들을 극복하기 위한 방법으로 페더레이션간의 연동이 연구되어 왔다[5-6]. 그러나 현재까지 제시된 방법들은 대부분 개념적 수준의 연구이며, 이를 실제 구현하여 활용할 수 있는 체계를 개발한 사례는 없었다. 현재의 모의구조인 미군 페더레이션에 한미측 모델들이 같이 참여하여 모의지원 구조에서 한미 각각의 페더레이션에과 모델들이 참여하는 다중 페더레이션을 설

계하고 구축한다면 한국군이 연합연습을 주도 및 통제할 수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 관련된 기존 연구들을 요약하고, 연동접속기의 설계개념과 구현 결과를 설명하고 실제 연합연습 운용환경 하에서 적용한 결과를 제시하여 미래 한국군 주도의 연습모의지원체계 가능 여부를 확인하고자 한다.

2. 페더레이션 유형별 연동 방안

페더레이션간 상호운용성 보장을 위한 연동 방식은 페더레이션 FOM과 RTI의 동질성과 이질성의 여부에 따라 페더레이션 Gateway, 페더레이트 Proxy, RTI Broker, Wire Protocol에 의한 연동으로 Fig. 1과 같이 대표적인 4가지 유형이 있다[7-10].

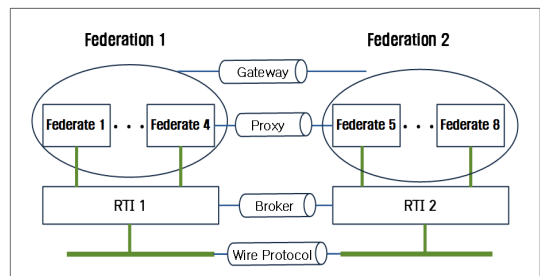


Fig. 1. Interoperability method of federations

페더레이션 Gateway 방식은 연동하고자 하는 페더레이션의 LRC(Local RTI Component)를 각각 대리자(Surrogate)로 취급하고, 대리자간에는 적절한 데이터 전달/변환으로 연동시켜 두 개의 페더레이션을 연동시키는 방식이다. 이 경우 두 개의 대리자간 연동을 위한 데이터 변환기는 어떤 특정 페더레이션에도 속하지 않게 되며, 정보변환/차단 기능을 구현할 수 있는 이점이 있다.

페더레이트 Proxy 방식은 상이한 페더레이션에 가입된 두 개의 페더레이트를 연동시키는 방법으로 페더레이트 API(Application Program Interface)의 서비스를 통해 상호 연동할 수 있도록 하는 방식이다. 이때 두 개의 페더레이트는 이질의 RTI를 사용할 수 있지만 연동하고자 하는 데이터의 객체 클래스의 정의가 동일한 FOM을 사용해야한다. 때문에 이 경우 데이터의 변환과 차단은 불가능하다.

RTI Broker는 각 페더레이션들의 RTI 간 직접적으로 연결되며, 페더레이트와 RTI 인터페이스 간에 정의된 범위 밖의 정보를 사용하거나 교환하기 위해 서비스 수준의 API를 사용한다.

Wire Protocol은 RTI 내부 상태정보 및 페더레이트 수준의 데이터를 다른 RTI들에 전달하기 위해 직접 연결하여 사용하는 방식으로 모든 개발자들의 RTI 간에 상호호환성과 운용성을 보장할 수 있다.

제시된 여러 가지 연동방식 중에 RTI Broker나 Wire Protocol에 의한 방식은 RTI 개발자 수준의 연동방식이며 이는 상용 RTI를 개발 제공하는 회사에서 특정 운용 환경에 부합되도록 개발되어야 하므로 RTI 사용자 입장에서 구현해서 활용하기는 제한된다. 그래서 RTI 사용자 입장에서 비교적 기술적으로 쉽게 접근할 수 있는 방법인 페더레이션 Gateway나 페더레이트 Proxy 방식으로 구현하는 것이 현실적인 방법이다.

페더레이션 유형별 상호운용성 방안들을 정리하면 Table 1과 같이 이질(Heterogenous) FOM을 적용할 수 있는 상호운용성 방안으로는 Gateway를 들 수 있으며, 이질(Heterogenous) RTI를 적용할 수 있는 상호운용성 방안으로는 Proxy, RTI Broker와 Wire Protocol 방안이 있다[5].

Table 1. Interoperability Method for Type of Federation Community

| Index | Heterogenous FOM | Heterogenous RTI |
|---------------|------------------|------------------|
| Gateway | Possibility | N/A |
| Proxy | N/A | Possibility |
| RTI Broker | N/A | Possibility |
| Wire Protocol | N/A | Possibility |

3. 다중 페더레이션 연동인터페이스 설계

매년 실시되는 연합연습간 참여 페더레이트는 점점 증가되어 2018년 현재 20여개의 페더레이트들이 하나의 페더레이션을 구성하고 있다. 단일 페더레이션에서는 동일 RTI를 사용해야 하므로 단순히 RTI 버전이 업그레이드가 되어도 각 페더레이트는 이를 준비하기 위한 시간과 노력을 투자해야만 한다. 또한 동일한 FOM을 운용

하다 보면 FOM에 정의되는 객체나 상호작용 클래스는 증가하고 이를 위한 API 구현을 위한 노력들이 수반되어야 한다.

이러한 문제를 해결하는 방법은 이질적인 FOM과 이질의 RTI 또는 다른 버전의 RTI를 사용할 수 있는 운용 환경이 보장되어야 한다. 그래서 이질의 FOM과 RTI를 수용할 수 있는 융통성 있는 체계 운용환경 구성을 위해 연합연습간 다중 페더레이션을 구축하여 연동하는 구조를 발전시켰다.

Fig. 2와 같이 CI(Confederation Interface, 연동접속기, 이하 CI)는 한국군 페더레이션과 미군 페더레이션, 이를 연동하기 위한 상위의 연합 페더레이션을 구축하기 위한 연동 체계를 의미한다. 이러한 다중 페더레이션에서 CI의 보강을 통해 한국군이 사용하는 FOM 1과 미군이 사용하는 FOM 2가 상이하더라도 공통적으로 연동하고자 하는 분야의 연합 페더레이션의 FOM a를 통해 이질의 FOM을 동시에 사용할 수 있게 된다. 또한 한국군 페더레이션 운용을 위한 RTI 1과 미군 페더레이션에 운용하는 RTI 2가 상이한 제품이거나 버전이 틀려도 연동이 가능한 구조가 된다.

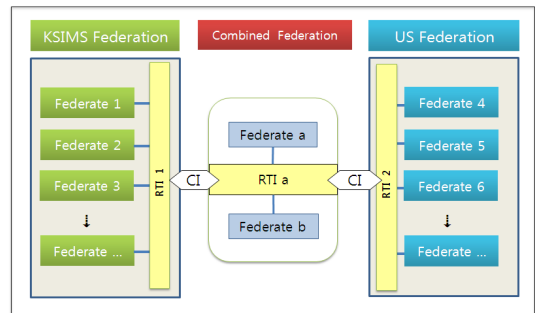


Fig. 2. Architecture of federations to support combined exercise

이러한 연동구조를 가능하게 하는 핵심 기술은 앞에서 제시한 페더레이션간 연동을 위한 다양한 방식 중에 페더레이션 Gateway와 페더레이트 Proxy 방식을 혼용한 방법이라고 할 수 있다. 그래서 연합연습간 요구되는 기능을 기준으로 설계한 특별한 형태의 연동방식을 구현한 페더레이트를 CI라고 명명하였으며, 이는 이질의 FOM과 이질의 RTI를 사용할 수 있는 기능을 포함하여 개발한 체계라고 할 수 있다.

다중 페더레이션의 연동을 위한 연동접속기 역할은

두 개 또는 다수의 페더레이션을 단일 페더레이션과 같은 구조로 현재의 한미 연합연습 수준의 모의지원이 가능해야 한다. 그러기 위해서는 필수적으로 HLA/RTI 서비스를 상호 중계하고 두 페더레이션간 연동데이터를 맵핑할 수 있어야 한다. 또한 서로 다른 수준 보안정책을 적용하기 위하여 다수준 보안관리가 가능해야 하며 이러한 기능들을 전반적으로 관리할 수 있는 역할을 할 수 있어야 한다[11].

3.1 HLA 서비스와 CI

CI의 설계를 위해 CI의 역할을 정의한다면 CI는 각 페더레이션에서의 중간자, 정보 제공자, 정보 소유자의 역할을 수행하여야 한다. CI를 구축하기 위해서는 HLA 6대 서비스 중 CI와 관련된 연관성을 찾아야 한다.

이를 위해 Fig. 3과 같이 HLA서비스를 2가지로 구분하였다. 1개의 RTI와 1개의 메시지 방식과 1개의 RTI와 n개의 메시지 방식을 검토하였다.

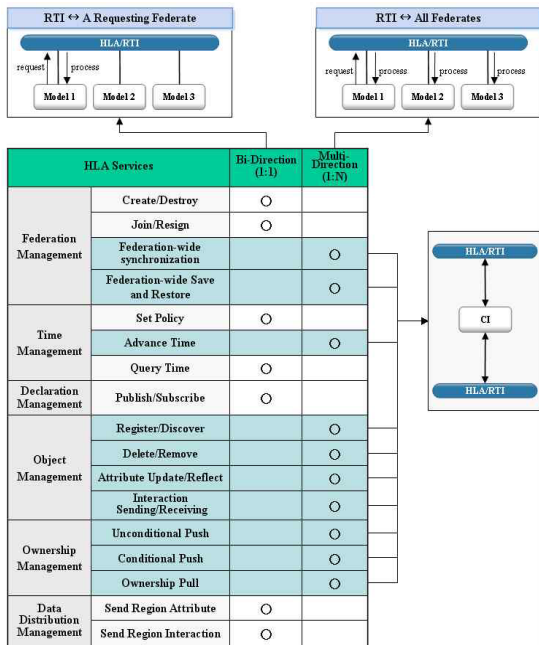


Fig. 3. HLA service relaying through CI

다중 페더레이션에서는 1대 n의 메시지 방식을 선정하였고, HLA 서비스와 관련된 사항을 도출하였다. 타 페더레이트와 정보 및 서비스를 교환하는 서비스가 CI를 통한 중계대상 서비스이며, 페더레이트가 단독으로

사용하는 함수는 중계가 불필요하다. 본 논문에서는 연합연습간 적용해야 할 HLA 서비스에 관련된 해결방안 중 1대 n의 메시지 방식의 서비스 적용 가능여부를 검토하였다.

3.2 CI 구조

Fig. 4는 CI의 전체적 구조를 나타내며 CI는 두 개의 Surrogate(대리자)와 한 개의 Transformation Manager(변환관리자, 이하 TM)로 구성된다.

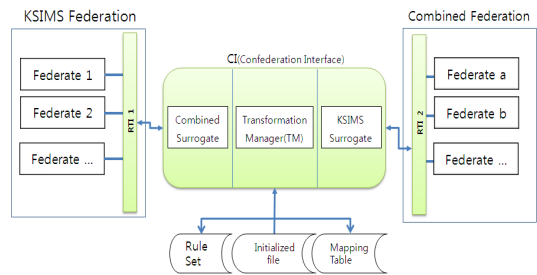


Fig. 4. Structure of CI

TM은 각 페더레이션의 서로 다른 FOM 간의 객체들 간의 매핑과 연동되는 데이터 교환을 실행한다. Surrogate는 일종의 페더레이트 역할을 수행하고 각 페더레이션에 가입되어 RTI서비스를 중계하고 객체 인스턴스, 객체간의 상호작용을 전달하는 역할을 수행한다.

TM은 두 개의 Surrogate사이에 위치하여 페더레이션간 전달되는 내용을 필요시 변환하거나, 변경되는 각종 핸들 값을 저장 및 매핑하고, 연동되는 데이터에 대하여 보안 수준을 평가하여 차단 또는 변경하는 역할을 수행한다. Surrogate는 두 개의 페더레이션에 각각의 LRC를 가지고 페더레이트 역할을 할 수 있어야 한다. 이때 대리자는 RTI 서비스를 중계하고 객체 인스턴스와 상호작용을 전달하는 역할을 수행하게 된다.

Table 2와 3은 본 논문에서 구현할 CI의 TM과 Surrogate의 모듈과 기능이다.

Table 2. TM (Transformation Manager)

| Module | Functions |
|-----------------|---|
| Process Manager | • Implement scheduling of each process of CIs |
| | • Control MLSG Process Module |
| | • Control whether to use MOM info. |

| | |
|-------------------|--|
| Surrogate Manager | <ul style="list-style-type: none"> Manage the participating information of each surrogate Set up federate initialization of each surrogate (pace of time advancing, game rate) Input initial setup file of each surrogate |
| Time Mgmt. | <ul style="list-style-type: none"> Manage Internal simulation time for the time synchronization |
| Mapping Process | <ul style="list-style-type: none"> Define internal mapping structure Process mapping of different FOM class and attributes |
| MLSG Process | <ul style="list-style-type: none"> Define the structure of the rule set read from the rule set file Implement filtering based on each class and attribute Update/delete the attribute |
| RTI Service | <ul style="list-style-type: none"> Relay HLA services by receiving & calling |
| Data Conversion | <ul style="list-style-type: none"> Type conversion Converse the unite of the attribute |
| File Loader | <ul style="list-style-type: none"> Load and internalize CID (CI environment file), mapping table and rule set |
| MOM Info process | <ul style="list-style-type: none"> Call MOM info of the federation the KFMT could not be participated Save MOM info on the shared memory Control federation if necessary instead of KFMT |
| User Interface | <ul style="list-style-type: none"> Display the status of CIs to the IME Control CI based on the user requirement inputted from the IME |
| Shared Memory | <ul style="list-style-type: none"> Save each federation's FOM structure Save the mapping info exchanging between each federation |

Table 3. Surrogate

| Module | Functions |
|---------------------------------|--|
| HLA Services Interface | <ul style="list-style-type: none"> Process Callback function of the LRC Call RTI function Implement the RTI services |
| FED (FOM) Parser | <ul style="list-style-type: none"> Interpret and manage FED file through FED file parser Register the subscription information as a shared memory area of the TM |
| Save/Restore Processing | <ul style="list-style-type: none"> Process the federation save/restore Save/Restore Object information of the Object Instance management area as a file |
| Object Instance Management Area | <ul style="list-style-type: none"> Manage Object information registered and discovered Manage attribute values per classes of objects defined in the FOM |

3.3 CI를 활용한 다중 페더레이션 구현

3.3.1 페더레이션 동기화 서비스 중계

동기화 포인트는 페더레이션에 참여한 페더레이트가

동시에 실시해야 하는 작업으로 객체 등록, 시간진행 시작 등을 동기화해야 할 경우 페더레이션을 통제하는 KFMT(Korea Management Tool, 모의통제도구)가 시작하는 서비스이다. CI는 하나의 페더레이션에 등록된 동기화 포인트를 중계하여 연동된 페더레이션이 동기화를 달성할 수 있도록 구현하였다.

Fig. 5는 CI에 의한 동기화 포인트 중계 순서와 동기화 포인트 중계 모듈 구조를 나타낸다.

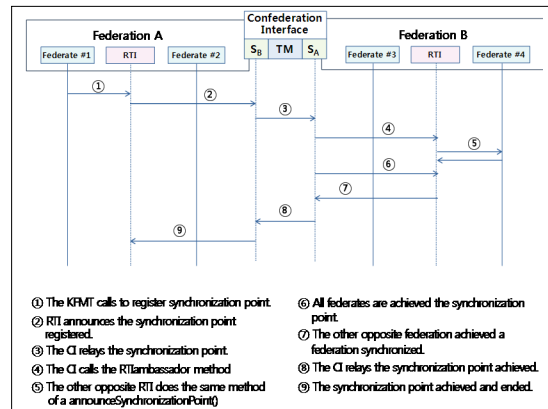


Fig. 5. Relaying Sequence and Module Structure

3.3.2 페더레이션 저장 서비스 중계

페더레이션 저장 서비스는 페더레이션 오류상황에 대처하는 가장 중요한 HLA 서비스이다. CI 설계시 Fig. 6과 같이 양 페더레이션이 동시에 저장되어 서비스를 중계할 수 있도록 설계하였다.

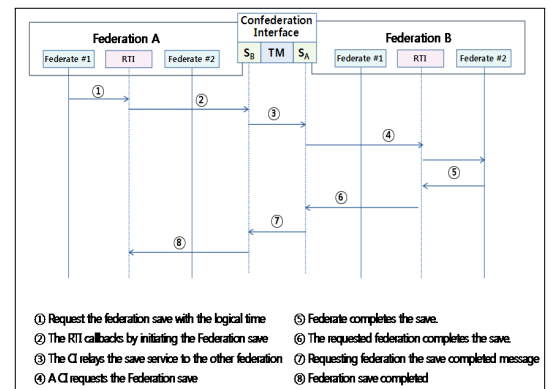


Fig. 6. Federation Save

3.3.3 페더레이션 복구 서비스 중계

복구 서비스는 저장된 특정 시점의 상태로 페더레이

선과 페더레이트를 복구하기 위한 서비스이다. CI는 KFMT에 의해 호출된 복구 시작을 RTI로부터 수신하여 양쪽 페더레이션이 동시에 복구될 수 있도록 서비스를 중계하도록 Fig. 7과 같이 설계하였다.

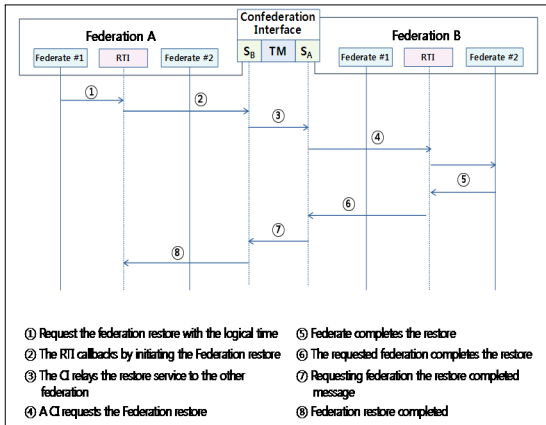


Fig. 7. Federation Restore

3.3.4 객체 관리(등록 및 삭제) 서비스 중계

CI는 페더레이션에 등록되는 모든 객체를 발견하여 상대 페더레이션에 동일 객체를 등록하고 모델에 의한 객체 삭제 시 상대 페더레이션에 자신이 등록한 객체를 제거하기 위해 Fig. 8과 같이 설계하였다.

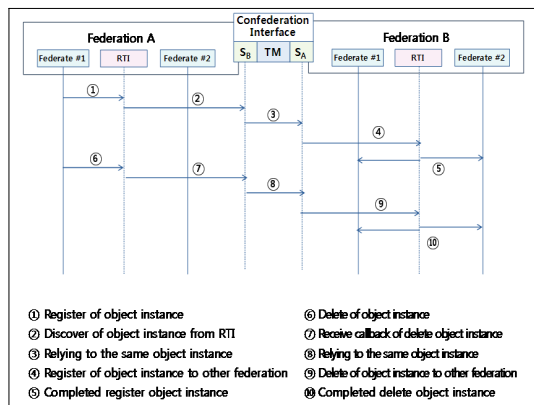


Fig. 8. Object Management

3.3.5 시간관리 서비스 중계

CI는 TAR(시간 진행 요청, Time Advance Request, 이하 TAR)과 TAG(시간 진행 승인, Time Advance Grant, 이하 TAG) 함수를 사용하여 양 페더레이션의 시간진행을 통제하면서 시뮬레이션 시간을 동기화할 수 있

도록 Fig. 9와 같이 설계하였다.

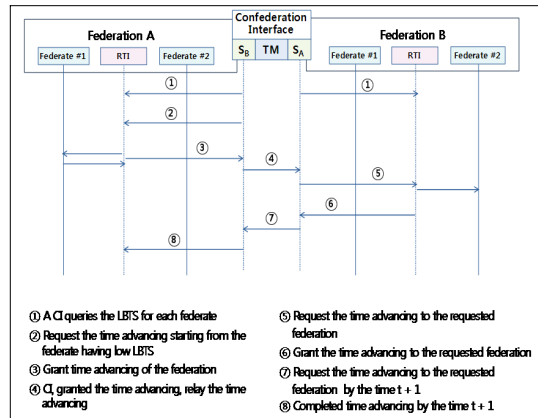


Fig. 9. Time Management

3.3.6 시간진행 중계 제한 해결방안

다중 페더레이션 구현시 현 RTI 상에서 시간진행 중계에 제한사항이 있다. TAR를 통해서만 RTI updates에 대한 Reflect Callback 수신이 가능하고, TAR 후 논리시간 증가로 인해 과거 Logical Time에 대한 Update가 불가하다. Surrogate A는 Surrogate B가 획득한 이벤트를 그 이벤트의 생성시간으로 전송하는 것이 불가하다.

CI는 RTI 내부 시간진행 상태를 파악할 수 있는 방법이 없다. CI는 TAG를 통해 획득한 시간만으로 RTI 내부 시간을 파악할 수 있으며 Fig. 10과 같이 시간 진행의 제한사항이 발생한다.

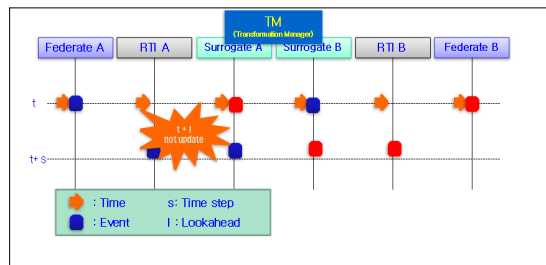


Fig. 10. Constraint of Time Advance

CI의 Surrogate는 time advance를 요청 한 후 reflect 메시지를 받을 수 있다. Surrogate의 LBTS가 증가하면서 time of received의 메시지를 업데이트 할 수 없다.

이를 해결하기 위해 Fig. 11과 같이 RTI 내부시간 관점에서 페더레이션에 참가한 Surrogate를 리더(Leader)

와 팔로워(Follower) 페더레이트로 구분하였다. 리더의 기능은 메시지를 보낼 때 보내는 시간이 그 메시지의 시물레이션 시간으로 업데이트 되는 것이다. 리더의 시간 진행 및 이벤트 전달의 제한사항은 없다. 팔로워는 시간 진행을 리더의 동작 완료 후 시간을 진행하며, 이벤트의 시간은 리더의 시간으로 보정하여 전달하게 된다. 팔로워는 리더의 시물레이션 시간을 비교한 후 시간을 변환한다.

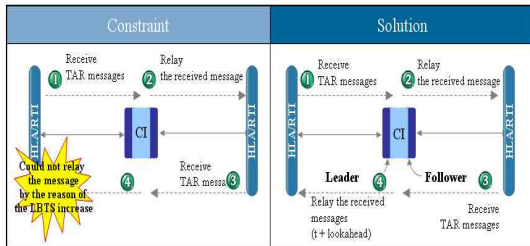


Fig. 11. Constraint and solution to time inversion

Surrogate의 Lookahead는 모델 발생 이벤트 시간의 변경을 유발한다. 다중 페더레이션의 경우 Surrogate의 Lookahead는 Double Lookahead를 유발한다. 이를 해결하기 위해 Fig. 12처럼 Surrogate의 Lookahead를 “0”으로 설정하여 페더레이트 발생 이벤트 시간을 보존하고, 선행 Surrogate는 페더레이트의 이벤트 시간을 그대로 전달한다. 후행 Surrogate가 수집한 이벤트의 선행 페더레이션에 전달시 시간 보정이 필요하다. 보정시간은 선행 Surrogate의 시물레이션 시간이다.

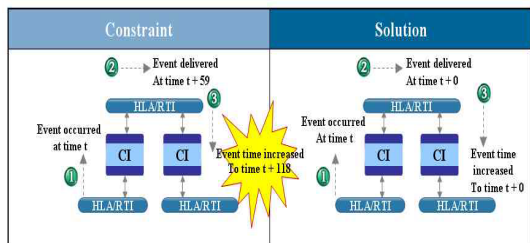


Fig. 12. Constraint and Solution to Double Lookahead

4. CI 연동시험 결과

우리는 위에서 제시된 CI의 설계 개념과 요구되는 기능을 구현하였다. 전작권 전환 이후 한국군 주도의 연합

연습 모의지원을 위한 다중 페더레이션을 구성하여 연동 시험을 하였다. 또한 연동접속기와 같이 중간 인터페이스 역할을 하는 체계를 개발할 때는 무엇보다도 전반적인 체계의 성능이 저하되지 않도록 개발해야하기 때문에, 그 성능을 확인하기 위하여 연합연습 운용환경과 유사한 환경을 Fig. 13과 같이 구축하여 다중 페더레이션의 연동시험을 실시하였다.

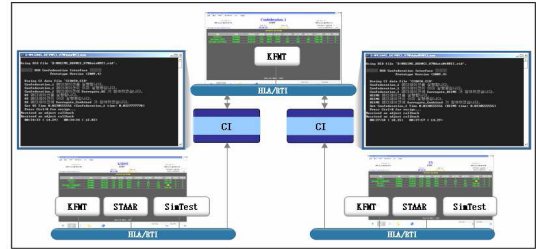


Fig. 13. System Configuration for Operational Test

시험환경 구성은 연동접속기를 활용하여 한국군 페더레이션과 미군 페더레이션을 구성하고 중간에 연합 페더레이션을 구성하여, 연합연습을 지원하기 위한 한미 모든 페더레이트가 참여한 상태에서 페더레이션 대 페더레이션 개념으로 연동될 수 있도록 계층적 다중 페더레이션을 구성하였다.

연동시험 결과 위에서 제시된 Table 4와 같이 단일 페더레이션은 최근 3년간 6회의 실제 연합연습의 데이터와 유사하게 구성된 연합연습 모의지원 환경에서 CI의 성능이 충족 여부를 비교 분석하였다. CI를 운용한 다중 페더레이션에서 단말기를 150대 접속시키고 26,000개의 객체를 등록하여 시험한 결과 게임진행 비율은 최대 1:1에서 5.9:1 수준을 유지할 수 있었으며 스텝당 이벤트 수는 평균적으로 5,000건 이상을 처리할 수 있었다.

Table 4. Results of Test

| Index | Single Federation (AS-IS) | Hierarchical Federation (Proposed) |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Game ratio | 1:1 ~ 3:1 | 1:1 ~ 5.9:1 |
| Event number per 1 step | 4,589 | 5,000 |
| Simulation objects | 18,958 | 26,000 |
| Number of Devices | 145 | 150 |

* experiment condition of single federation : 15~17 combined exercise data

연동시험 결과 확인한 다중 페더레이션의 CI성능은 현재의 단일 페더레이션 수준의 연합연습 모의지원 능력을 발휘 할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 5. Results of Statistics

| Statistics | Observation. | Avg. | Std. | Std. Error Difference |
|-------------------------|--------------|-------|--------|-----------------------|
| Single Federation | 50 | 44.02 | 11.778 | 1.666 |
| Hierarchical Federation | 50 | 55.62 | 11.937 | 1.688 |

| Index | Levene's test | | t-test Equality of Means | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|------|--------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|--------|
| | F | Sig. | t | Df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidential Difference | |
| | | | | | | | | Lower | Upper |
| Equal variances assumed | .025 | .876 | -4.048 | 98 | .000 | -9.6 | 2.371 | -14.306 | -4.894 |
| Equal variances not assumed | | | -4.048 | 97.982 | .000 | -9.6 | 2.371 | -14.306 | -4.894 |

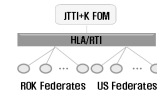
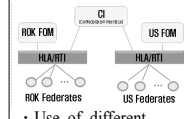
연습간 페더레이션을 2개 운영하여 단일 페더레이션은 실제 연습을 지원하고, 테스트 페더레이션에서 CI를 적용한 다중 페더레이션을 구축하여 총 6회의 시험을 적용하였다.

CI를 적용하는 다중 페더레이션과 미적용하는 단일 페더레이션의 성능을 비교하기 위해 Table 5와 같이 페더레이션 동기화 시간을 독립표본 검정을 통해 분석하였다. 독립표본 검정결과 CI를 적용하는 다중 페더레이션과 미적용하는 단일 페더레이션의 동기화 시간 비교 결과 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

결론적으로 전작권 전환 이후 CI를 적용한 다중 페더레이션이 현재의 단일 페더레이션을 대체하여 연합연습 모의지원을 할 수 있다는 것을 의미한다.

다중 페더레이션 구현을 위한 CI를 개발함으로써 전작권 전환 이후 현재의 단일 페더레이션 연동구조의 단점인 체계 구성의 확장성 미흡과 보안의 취약성을 극복할 수 있었다. Table 6은 CI를 적용한 다중 페더레이션과 단일 페더레이션의 체계구조, 확장성, 보안성 등에 대한 장단점을 비교하였다.

Table 6. Performance of Two Federations

| Index | Single Federation | Hierarchical Federation |
|----------------------------------|---|---|
| System Configuration |  <ul style="list-style-type: none"> • Use of the same interlinked protocol • Simple structure |  <ul style="list-style-type: none"> • Use of different interlinked protocols available • Add interface SW requirements |
| Scalability | <ul style="list-style-type: none"> • US-led FOM development & management • Difficulty to reflect add Rok-model | <ul style="list-style-type: none"> • Reflect of requirement dependently • Easy of data expansion & rule |
| Security | <ul style="list-style-type: none"> • All data in federation is open • Unable to block all sensitive information | <ul style="list-style-type: none"> • Selectable exchange data in federation • Able to block all sensitive information |
| Management & Operation | <ul style="list-style-type: none"> • Relatively stable structure • Suitable for centralized systems | <ul style="list-style-type: none"> • Relatively complicated of structure • Independent federates management |
| Federation Interoperability Rule | <ul style="list-style-type: none"> • Using same HLA & RTI | <ul style="list-style-type: none"> • Using different HLA & RTI available |

5. 결론

현 미군 주도의 연합연습 모의지원체계의 단일 FOM과 RTI를 적용해야만 하는 제한사항을 극복하고 이질의 FOM이나 RTI를 연동시킬 수 있는 체계를 개발한 것은 전작권 전환 이후 한국군이 모의지원을 주도적으로 할 수 있음을 시사한다. 이렇게 다중 페더레이션간 연동이 가능하게 된 것은 한국군의 연동접속기의 설계와 구현 기술이 미군을 선도할 수 있는 수준에 와있으며 단순한 데이터의 연동뿐만 아니라 서로 다른 도메인의 보안영역까지 확대하여 개발할 수 있는 능력을 구비하였음을 의미한다.

향후 추가적으로 연구할 분야는 연동접속기를 이용하여 RTI 변경시 약간의 인터페이스 수정을 통해 다양한 연습환경을 적용할 수 방법에 대한 연구가 필요하다. 예를 들면 연합연습 페더레이션에 페더레이트 자격으로 참여하고 있는 육군의 여러 가지 모델을 대신하여 이러한 모델들이 연동 운용되는 페더레이션을 구성하고, 새로 개발된 연동접속기를 활용하여 페더레이션 자격으로 연

합연습에 참여하는 방법도 가능하다. 또한 미군의 페더레이션과 한국군의 페더레이션을 각각 구성하여 두 개의 페더레이션간 연동으로 연합연습을 지원하기 위한 체계로 발전적 적용이 가능하기 때문에 이를 실행하기 위한 구체적인 연구도 진행되어야 할 것이다.

References

- [1] K. Fredrick, Creating Computer Simulation System, Prentice Hall, pp 19-26, 1999.
- [2] IEEE Std 1516.1-2000. IEEE standard for modeling and simulation (M&S) high level architecture (HLA) - framework and rules.
- [3] DMSO, High Level Architecture Run-Time Infrastructure RTI 1.3-Next Generation Programmer's Guide Version 5, 1999.
- [4] M. D. Myjak, D. Clark, T. Lake, "RTI Interoperability Study Group Final Report". Simulation Interoperability Workshop, 99FSIW-001, 1999.
DOI : <https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?showSearch=true>
- [5] G. M, G. Shanks, "Hierarchical Federations". Simulation Interoperability Workshop, 99S-SIW-085, 1999.
DOI : <https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?showSearch=true>
- [6] S. L. Cha, The hierarchical federation Architecture for the interoperability of ROK and US Simulation, IITSEC. 2004.
DOI : https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-30583-5_16
- [7] G. LI, S. TURNER, W. CAI, B. S. Lee, L. LIU, "An Event Based Design of a Gateway Federate". Simulation Interoperability Workshop, 03S-SIW-046, 2003.
DOI : <https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?showSearch=true>
- [8] J. Dingely, D. Garlanz, C. A. Damonx, feasibility study of the HLA bridge, 2001.
- [9] G. M, G. Shanks, "Hierarchical Federations". Simulation Interoperability Workshop, 99S-SIW-085, 1999.
DOI : <https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?showSearch=true>
- [10] M. D. Myjak, S. T. Sharp, "Implementaions of Hierarchical Federations", The virtual workshop and HLA Product, 2002.
- [11] L. Notagiacomo, B. Steven, A. Polliard, "The High Level Architecture Multilevel Secure Guard Project, Simulation Interoperability Workshop, 12S-SIW-025, 2012.
DOI : <https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?showSearch=true>

원 경 찬(Kyoungchan, Won)

[정회원]



- 1998년 3월 : 육군사관학교 졸업
- 2006년 3월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 석사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 방위사업학과 (박사과정)
- 2017년 6월 ~ 현재 : 육군본부 분석평가단 M&S계획장교

<관심분야>

M&S, 방위사업

정 석 재(Sukjae Jeong)

[정회원]



- 2002년 2월 : 한국해양대 졸업
- 2004년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 석사)
- 2009년 8월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학부 교수

<관심분야>

시물레이션, 경영과학, SCM