

연장마감시간 기반 분산-실시간 모자이크전쟁 시스템

이 순 승^{1*} · 박 정 원^{2*} · 남 치 현^{3*} · 박 상 혁^{4*}

^{1*} 공군교육사령부 항공우주통제학교 전자전교관

^{2*} 공군교육사령부 항공우주통제학교 위성감시체계정비교관

^{3*} 공군교육사령부 항공우주통제학교 위성감시실장

^{4*} 공군교육사령부 항공우주통제학교 전자전교관

DR-MWS: Distributed Real-Time Mosaic Warfare System based on Postponed Deadline

Soon-Seung Lee^{1*} · Jeong-Won Park^{2*} · Chi-Hyun Nam^{3*} · Sang-Hyuk Park^{4*}

^{1*} EW Instructor, ROKAF Aerospace School, Jinju 52634, Korea

^{2*} SSSM Instructor, ROKAF Aerospace School, Jinju 52634, Korea

^{3*} Chief of Satellite Surveillance Office, ROKAF Aerospace School, Jinju 52634, Korea

^{4*} Professor, ROKAF Aerospace School, Jinju 52634, Korea

[요 약]

"모자이크 전쟁"은 분산된 전투 자원을 네트워크로 통합하여 빠르게 변화하는 전장 요구에 대응하는 새로운 전쟁 이론이다. 이를 위해 강화된 분산 실시간 시스템이 필요한데, 본 논문에서는 분산 실시간 모자이크 전투 시스템(DR-MWS)을 제안한다. DR-MWS(Distributed Realtime-Mosaic Warfare System)은 여러 지역의 전투 자원(서비스 노드)이 네트워크를 통해 협력하여 동일한 표적(상대 서비스 노드)에 빠른 처리를 시도하고, 작전 지역 내에서 가용한 슈터들이 분산협업하여, 표적을 처리함으로써 전체적인 표적 처리율을 향상시킨다. 간단한 예를 통해 DR-MWS의 유용성을 입증하였다.

[Abstract]

"Mosaic Warfare" introduces a novel theory of warfare that centers around the integration of distributed combat resources through networking, allowing for rapid adaptation to the evolving demands of the battlefield. To achieve this, the development of an advanced distributed real-time system becomes imperative. This paper introduces the concept of the Distributed Realtime-Mosaic Warfare System (DR-MWS), wherein combat resources, represented as service nodes, from various regions collaborate through a network to efficiently engage identical targets, known as serviced nodes, for swift processing. Simultaneously, other resources in the operational area are responsible for handling feasible targets, collectively enhancing the overall target processing rate. The paper demonstrates the utility of DR-MWS through a simple example, highlighting its efficacy in addressing the dynamic and evolving needs of combat scenarios.

색인어 : 모자이크 전장, 네트워크중심전, 실시간 스케줄링, 우주작전, 연장마감시간

Keyword : Mosaic Warfare, NCW, Real-Time Scheduling, Space Operation, Postponed Deadline

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.10.2337>



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 21 August 2023; **Revised** 21 September 2023

Accepted 25 September 2023

‡ **These authors contributed equally to this work**

***Corresponding Author; Sang-Hyuk Park**

Tel: +82-55-750-4435

E-mail: airforce705@naver.com

I. 서론

컴퓨팅과 통신 기술의 빠른 발전은 현대 전쟁의 전략과 미학에 대한 재평가를 이끌었으며, 이는 '모자이크 전쟁'이라는 새로운 전쟁 패러다임을 도출하였다[1]. 이 패러다임은 전투 자원을 큰 '일체형' 시스템에서 다수의 작고 단순한 군집 시스템으로 분산, 그리고 이 분산된 시스템을 전장의 상황에 따라 신속히 재편하는 전략이다[2].

미국 국방 고등 연구 계획국(DARPA)은 이러한 패러다임의 중요성을 인식하고, 4차 산업혁명의 핵심 기술인 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등을 통합적으로 활용하여 모자이크 전쟁에 대한 연구와 개발을 촉진하고 있다[3],[4]. 본 연구에서는 모자이크 전쟁환경에서 다른 지역에 위치한 다수의 서비스 노드(Service Node : 전장환경에서는 슈터와 같은 전투자원이 될 수 있음, 이하 슈터)들이 네트워크를 통해 협업하여 상대 서비스 노드(Serviced Node : 전장환경에서는 슈터가 처리해야 하는 표적이 될 수 있음. 이하 표적)에 대해 가장 빠른 마감시간을 가진 표적을 먼저 처리하고, 작전지역 내에서 다른 슈터로 처리 가능한 표적을 늦추는 방법으로 전체 마감시간준수율(Deadline Meet Ratio : 전장환경에서는 슈터가 표적을 처리하는 표적처리율이 될 수 있음. 이하 표적처리율)을 높이는 확장된 분산 실시간 모자이크 전쟁 시스템((Distributed Realtime-Mosaic Warfare System, DR-MWS, 이하 : DR-MWS)이다.

DR-MWS은 전투 지역에 분산 배치된 각각의 슈터들이 동일한 표적에 대해 지역적으로 분산된 슈터의 선택에 따라 표적을 처리하는데 소요되는 마감시간이 다르다는 특수성을 활용하여, 분산된 슈터들이 실시간 상호 협력하여 전체 표적 처리율 더욱 높일 수 있는 방법을 제공한다[5],[6].

미군의 3차 상쇄전략 등 미래전 양상이 지능형 군집전으로 발전하는 것을 고려하면, 제한한 시스템은 기존의 네트워크 중심 전쟁 시스템에 비해 더 높은 표적처리율을 제공하며, 복잡하고 다변한 전투 환경에서의 유연성과 적응성을 향상시킬 뿐만 아니라 미래 전쟁 환경에서 더욱 효과적이며, 무기 시스템의 발전이 계속됨에 따라 이러한 효과가 더욱 증대될 것으로 예상된다[7].

DR-MWS의 유용성은 간단한 예시를 통해 확인했고, 특히, 무기체계의 성능이 향상됨에 따라 전체 표적처리율은 더욱 향상될 것이다. 이러한 결과는 제한한 시스템이 모자이크 전쟁 이론의 진보된 이해와 적용을 돕고, 현대 군사 작전의 복잡성과 변동성에 대응할 수 있는 더 효과적이고 유연한 전략을 제공하고, 이러한 전략을 구현하는 데 필요한 기술과 알고리즘을 개발하고 이해하는 데 중요하다.

본 논문의 구성은 첫 번째 섹션에서 연구 배경과 범위를 제시하고, 두 번째 섹션에서 전쟁이론과 실시간 시스템에 대한 관련 연구를 다룬다. 세 번째 섹션에서는 DR-MWS에 대한 전반적인 내용을 다루고, 네 번째 섹션에서는 수학적 분석과 시뮬레이션을 통해 시스템의 유용성을 검증한다. 마지막 섹션

에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 본론

2-1 네트워크 중심전과 모자이크 전쟁

현대 군사학에서 네트워크 중심 전쟁(Network Centric Warfare, 이하 NCW)과 모자이크 전쟁(Mosaic Warfare)은 현대 기술을 적극 활용해 군사적 우위를 확보하는 핵심 전략이다. 2003년 이라크 전쟁은 네트워크 중심 전략을 사용하여 정보 수집, 통신, 작전 계획을 향상시킨 대표적인 NCW로 평가되고 있고, 2022년 시작된 러시아-우크라이나 전쟁은 무인기를 활용한 모자이크 전쟁의 시작으로 평가되고 있다. 두 개념은 같은 목표를 추구하지만 접근 방식은 다르다[8].

NCW는 20세기 후반부터 21세기 초반 정보 기술의 발전과 관련이 있다[9],[10]. 이 개념은 강력한 네트워킹을 활용해 지리적으로 분산된 군사 자원을 통합하고, 정보 우위를 통해 상대방을 압도하는 전략을 제시한다[11],[12]. 정보 공유를 강화함으로써 상황 인식을 향상시키고 결정 과정을 가속화하는 것이 주요 목표이다. NCW의 성공은 다양한 군사 요소가 정보를 신속하고 정확하게 공유하고 처리하는 네트워크 능력에 크게 의존한다[13]. Metcalfe는 네트워크의 가치를 네트워크에 연결된 사용자 수의 제곱에 비례한다는 것을 주장하며, NCW의 중요성을 이론적으로 강조했다[14],[15]. 이론에 따르면, 네트워크에 더 많은 요소가 추가될수록 전체 효과는 기하급수적으로 증가한다[16]. 그러나 NCW는 네트워크 연결의 복잡성과 취약성 때문에 위험에 노출되어 있다. 네트워크가 복잡해지면 장애 가능성이 늘어나며, 이는 전체 네트워크 성능을 약화하므로, Metcalfe가 제시한 NCW의 네트워크 이론적 효과는 실제 적용에 제약이 있다[17].

반면, 모자이크 전쟁의 필요성은 Augustine의 16번째 법칙, Lanchester의 법칙을 통해 명확히 드러난다[18]. Augustine의 16번째 법칙에 따르면, 2054년에는 전체 국방 예산으로 하나의 전술 항공기만 구매할 수 있다는 우려로, 국방 예산이 선형적으로 증가하는 반면, 새로운 군용 항공기의 가격은 기하급수적으로 증가하여 새로운 전쟁이론이 필요하므로 강조하고 있다[19]. 이 때문에 고비용의 통합 시스템에 의존하는 방식의 네트워크 중심전 이론의 제한사항을 저비용, 소모성, 그리고 높은 자율성을 가진 시스템을 통해 분산 실시간 처리하는 방법의 모자이크 전쟁이라는 개념을 이 등장시켰다.

모자이크 전쟁은 단일, 중앙 집중적인 네트워크를 여러 개의 작고 독립적인 모듈('타일'이라고도 함)로 나누는 접근법이다. 각 모듈은 독립적으로 작동하며 필요에 따라 다른 모듈과 협력할 수 있도록 설계되어 있다[1],[3]. 이를 통해 네트워크의 일부에 문제가 발생하더라도 전체 시스템이 중단되지 않도록 보장한다. 또한, 이러한 모듈화 접근법은 각 '타일'이 적

의 공격으로부터 손상을 입어도 전체 작전에 미치는 영향을 최소화한다. 모자이크 전쟁은 '타일' 간의 효과적인 협력을 통해 네트워크의 전체적인 효과를 최대화하려고 한다. 예를 들어, 한 타일이 적의 위치를 파악했다면, 이 정보를 네트워크 내의 다른 타일과 공유하여, 모든 타일이 적의 위치에 대한 인식을 하게 하고, 실시간 협업하여 전체 작전의 효율성과 효과성을 높인다. 모자이크 전쟁의 효용성은 다양한 전투실험 결과로 입증되고 있다. 대표적인 전투실험 결과로는 DARPA의 군집전투와 미 해군대학원의 동시다발 전투 시뮬레이션 결과 등 여러 연구자료를 확인할 수 있다[20].

2-2 실시간 시스템

국방[21], 로봇 제어[22],[23], 비행 제어, 멀티미디어 시스템[10],[23] 등 실시간 시스템에서는 시간제약이 중요한 이슈이다. 이러한 제약을 극복하기 위해 다양한 실시간 스케줄링 방법이 연구되어, 아래의 표 1에서 보는 것처럼 RM[25],[26], EDF[26]-[28], LST[26],[28] 등의 방법을 통해 이러한 문제를 해결하려고 연구들이 진행되고 있다. 이들은 자원(CPU 및 네트워크 대역폭)의 분배와 스케줄링을 통해 실시간 성능(예: 마감 시간 준수율)을 최적화하려고 한다.

또한, 실시간 응용 프로그램이 복잡해지고 관련 작업과 자원이 널리 분산됨에 따라, 분산 컴퓨팅 인프라와 그리드에서의 실시간 스케줄링에 대해 연구도 활발히 진행되고 있다[29]. 저자의 기존연구에서 제시한 ELST는 실시간 서비스를 위해 서비스 제공 노드가 서비스 받는 노드로 이동해야 하는 사이버물리환경을 위한 대표적인 실시간 스케줄링 알고리즘이다[4],[5],[21].

표 1. 타스크 스케줄링 방법
Table 1. Task scheduling methods

Category	Contents	Note
FCFS	Tasks are performed in their arrival order (FCFS : First Come First Service)	Existing scheduling method
SJF	Perform the tasks taking the shortest time in advance (SJF : Shortest Job First)	
EDF	Perform the earliest deadline first (EDF : Earliest Deadline First)	
RM	Perform the tasks having the shortest cycle first (RM : Rate Monotonic)	
ELST	Scheduling Algorithm Considering Cyber and Physical Elements (ELST : Effective Least Slack Time First)	
P-EDF	Perform the tasks having the earliest deadline in advance by collaborating with other computing resources (P-EDF : Postponed Earliest Deadline First)	Proposed scheduling method

하지만 기존의 연구에서는 다른 컴퓨팅 자원과 협력하여 가장 빠른 마감시간을 가진 작업을 먼저 수행하고, 실행 가능한 작업을 늦추는 방법을 적용한 모자이크 전쟁환경에 적합한 스케줄링 방법에 대한 연구는 없다.

본 논문에서 제안하는 DR-MWS의 P-EDF(Postponed EDF) 스케줄링 알고리즘은, 전쟁환경에서 다양한 무기 시스템들이 실시간 협업으로 동일한 표적에 대해서도 표적처리 시간이 다를 수 있다는 사실을 고려한 개선된 EDF 스케줄링 방법이다. 모자이크 전쟁과 같은 분산 환경에서는 정보 처리 뿐만 아니라 IT 융합의 대상인 목표의 모니터링과 제어도 중요한 요소이다. 제한한 시스템에 대한 상세한 설명은 다음 섹션에서 다루겠다.

III. 연장 마감시간을 고려한 DR-MWS

DR-MWS는 모자이크 전쟁환경에서 다른 지역에 위치한 다수의 슈터(Service Node)들이 네트워크를 통하여 협업하여 동일한 표적(Serviced Node)에 대해 가장 빠른 마감시간을 가진 표적을 먼저 처리하여, 작전지역내에서 처리 가능한 표적을 슈터별 마감시간을 고려하여 표적을 처리함으로써 전체 표적처리율을 높이는 연장된 마감시간을 고려한 확장된 분산 실시간 시스템이다.

3-1 시스템 작전 절차

그림 1은 DR-MWS 시스템의 분산실시간 표적처리절차이다.

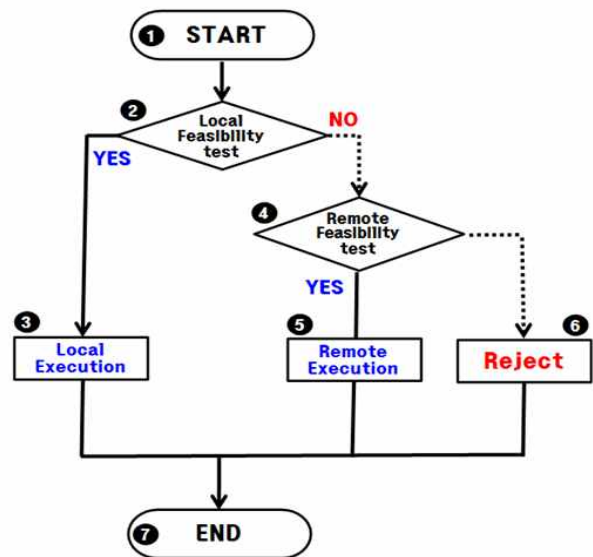


그림 1. DR-MWS 표적처리절차
Fig. 1. DR-MWS target processing procedure

- ① 표적출현 (타스크 발생)
- ② 표적에 대한 EDF 방법을 사용하여 로컬 컴퓨터에서 표

적처리가 가능한지 여부를 결정하기 위해 수용 테스트 실행. 수용 테스트 후 실시간 처리 가능하다면 #3을 실행. 그렇지 않다면, P-EDF 스케줄링 방법으로 작업을 관리할 수 있는 다른 슈터에 의한 분산 처리 실행.

③ 로컬 컴퓨터에서 EDF 방법을 사용하여 타스크 처리.

④ P-EDF 방법에 의한 수용 테스트 후 표적을 실시간 처리할 수 있는 원격 슈터에서 연장된 마감 시간을 사용하여 표적 처리.

⑤ P-EDF 방법에 의한 수용 테스트 후 타스크를 관리할 수 있는 원격 슈터가 없는 경우 거절 결과를 전파. 이를 통해, 처리 불가능 표적에 대한 대응 시간을 보장.

그림에서 보는 것처럼 DR-MWS는 서로 다른 지역에 위치한 다수의 슈터들이 네트워크를 통하여 실시간 서로 협업하여 분산연장마감시간을 고려한 실시간 스케줄링 방법을 적용한다. 다수의 슈터들 중 임의의 슈터가 자신의 서비스 구역(Service Area, 전장환경에서는 작전책임지역이 될 수 있음. 이하 작전책임지역)에서 이동하는 표적을 자신의 능력으로 상기 작전책임지역에 설정된 서비스 수행 마감시간 내에 표적을 처리할 수 있는가를 확인한다. 임의의 슈터가 표적처리를 마감시간 내에 수행가능한 경우 자신이 직접 표적을 처리하고, 수행가능하지 못한 경우 표적의 이동방향에 위치한 슈터들 중 표적의 이동시간을 기준으로 서비스 수행마감시간이 가장 긴 슈터에게 표적처리를 요청하여 표적처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 분산연장마감시간을 고려한 실시간 스케줄링 방법을 적용한다. 또한, 표적의 이동시간이 협업된 슈터가 처리가능 여부를 확인하는 과정을 포함하여 거절 여부를 전파하여 대응시간을 보장하는 절차를 포함한다.

표 2. 기존시스템과 DR-MWS의 주요한 차이점
Table 2. Key differences between the existing system and DR-MWS.

Category	Existing Systems (PCW, NCW)	DR-MWS
Shooting process	Target information →command & control →shooter	Target information →shooter (command & control automatization)
Information processing	In order of obtained information(FIFO)	Real-time scheduling(P-EDF)
Shooting system discretion	People-oriented	Real-time system (considering postponed deadline)
Shooting hour	Flexible according to situation (skill, environment)	Much faster than existing system
Coalition and Alliance	Used mainly with own military assets	Available to use assets in other military units
Real-time processing rate	Low	High

3-2 시스템 작전 절차

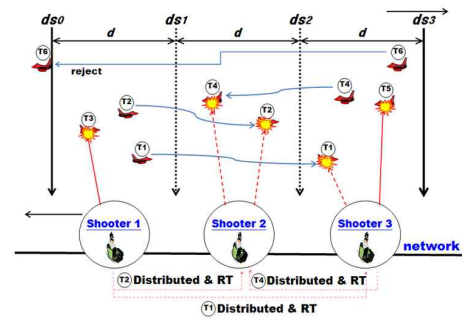


그림 2. DR-MWS의 표적처리 개념도
Fig. 2. Concept of target processing in DR-MWS

그림 2는 DR-MWS의 개념을 슈터와 표적 일부를 단순화한 구조도이다. DR-MWS에 사용된 변수는 아래와 같다.

- Shooter i : 정보를 실시간 공유할 수 있는 무기체계
- T_i : 슈터가 실시간 처리해야 하는 이동하는 표적
- ds_i : 슈터가 실시간 처리할 수 있는 좌우 한계선으로 작전책임지역. 예를 들어 슈터 1은 ds₀에서 ds₁ 사이의 표적을 처리할 수 있음.
- 붉은 실선 : 연장 마감시간을 고려하여 표적을 처리하고, 작전책임지역내 슈터로 직접 처리
- 붉은 점선 : 연장 마감시간을 고려하여 표적을 처리하고, 네트워크된 인접슈터가 마감시간을 연장하여 슈터가 처리
- 거절(Reject) : 연장 마감시간을 고려해도 처리할 수 없는 표적

그림 2는 DR-MWS이 연장된 마감시간을 이용하여 표적을 처리하는 개념을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, 슈터들은 표적의 움직임에 따라 동일한 표적에 대해 각각 다른 마감 시간을 가지는 고유한 환경을 가지고 있다. 이러한 독특한 특성은 모자이크 전투 개념에서는 다수의 군집 무기체계가 협업할 수 있어, 분산 처리와 같은 표적에 대한 연장된 마감 시간을 가진 슈터들 간의 협업에서 장점을 제공하여 마감 시간을 만족시키는 비율을 높일 수 있다. 표적이 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하면, 그 표적을 처리할 수 있는 한계는 슈터의 선택에 따라 ds₁, ds₂, ds₃로 변경된다. 기존 시스템에서는 고가의 일체형 시스템으로 위와 같은 교전개념의 적용이 쉽지 않지만, 모자이크 전투 개념에서는 저비용, 소모성, 그리고 높은 자율성을 가진 슈터들이 협업하여 실시간으로 마감 시간 내에 쓸 수 없는 표적에 대해 분산 처리를 실행할 수 있다. DR-MWS은 표적 처리를 위한 스케줄링 방법은 가장 빠른 마감 시간을 가진 표적을 먼저 처리하고, 그 다음에는 이전 마감 시간을 충족시키지 못한 표적을, 연장된 마감 시간을 가진 가능한 슈터를 통해 실시간으로 처리한다. 슈터 1을 예로 DR-MWS의 표적 처리 개념을 설명하겠다. 슈터 1의 오른쪽 경계를 가진 마감 시간은 ds₁이다. 마감 시간을 고려하면, 획득된 세 가지 표적 중 T₃만이 쓸 수 있고, T₁과 T₂는 모두

제한된다. 기존의 시스템에서는 T1과 T2 표적에 대한 사격이 제한되지만, DR-MWS에서 저비용, 소모성, 그리고 높은 자율성을 가진 슈터들이 협업하여 마감 시간을 충족시킬 수 있는 다른 슈터들이 표적을 처리할 수 있다. 즉, T1은 마감시간을 연장하여 슈터 3이 처리하고, 표적 T2는 슈터 2가 처리하여, 전체 표적처리율을 향상시킨다. 또한, T6처럼 네트워크에 연결된 슈터들이 협업하여 처리여부를 계산하여, 실시간으로 표적을 처리할 수 없는 경우, 거부 결과를 통보하여 거부된 표적에 대한 대응시간을 보장하는 기능도 포함된다.

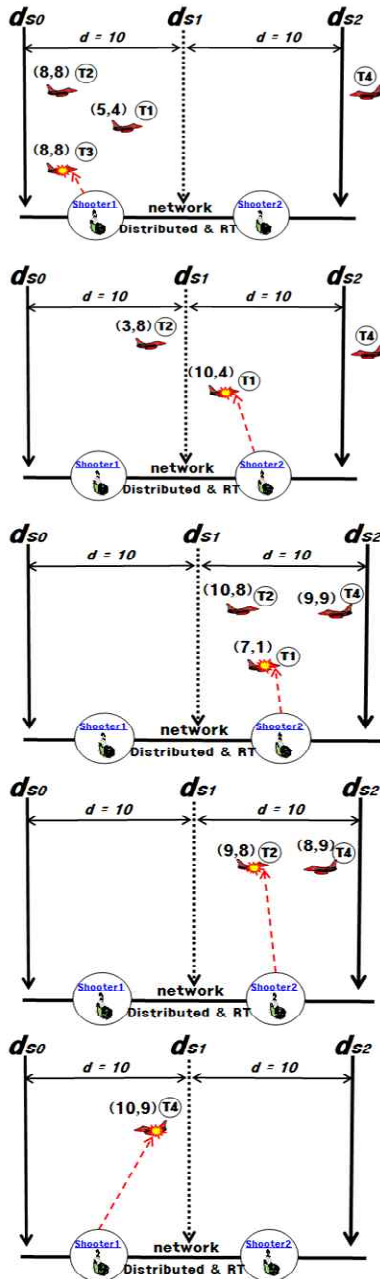


그림 3. DR-MWS의 표적처리 예
Fig. 3. Example of target processing in DR-MWS

그림 3은 표적과 슈터를 표적처리 가능여부를 판단하기 위해 위의 환경을 마감시간과 실행시간을 포함한 예시이다. 예시에 사용된 환경은 아래와 같다.

- Shooter i : 정보를 실시간 공유할 수 있는 무기체계임. 예시에서 슈터는 2개로 분산실시간 협업하여 표적을 처리함.
- T_i : 슈터가 실시간 처리해야 하는 이동하는 표적임. 예시에서 표적은 좌에서 우로, 우에서 좌로 이동하며, 표적은 슈터가 처리하는데 소요되는 실행시간과 마감시간 정보를 가진다. 예를 들어 왼쪽상단 첫번째 그림에서 T2(8,8)은 슈터 1이 표적 2를 처리할 때 실행시간과 마감시간을 의미함.
- ds_i : 슈터가 실시간 처리할 수 있는 좌우 한계선으로 작전책임지역임. 예시에서 슈터 1과 슈터 2의 작전책임지역의 전투지대 폭은 10으로 동일함.

그림 3은 상단에서 하단 그림으로 변화는 시간의 흐름에 따라 DR-MWS가 표적을 획득해서 처리하는 순서를 시간순으로 도식하였다.

DR-MWS는 그림 3의 상단 첫 번째 그림에서 보는 것처럼 T1(5,4), T2(8,8), T3(8,8) 3개의 표적 정보를 동시에 획득했고, 타 부대로부터 표적처리 거절된 T4 정보를 획득했다. 슈터 1, 2가 분산실시간 협업하여 T3 표적을 처리하고(표적 2를 처리해도 됨), T1과 T2는 슈터 2에게 전달한다.

DR-MWS는 그림 3의 상단 두번째 그림에서 보는 것처럼, T1은 슈터 2가 처리함으로써 10으로 연장된 마감시간의 이점을 얻어 처리한다.

DR-MWS는 그림 3의 상단 세번째 그림과 네번째 그림에서 보는 것처럼, T1을 처리하는 동안 T2(10,8)와 T4(9,9)를 추가적으로 처리해야하는 표적을 획득하여, T1 처리 후 T2를 처리한다.

DR-MWS는 그림 3의 마지막 그림에서 보는 것처럼, T4는 슈터 1에게 전달하여 연장된 마감시간의 이점을 통해 슈터 1이 처리한다.

간단한 예에서 보는 것처럼 DR-MWS는 기존의 EDF 스케줄링 방법으로 처리할 수 없는 4개의 표적을 모두 처리함을 확인할 수 있다. 향후, DR-MWS의 성능을 일반화 평가하기 위해 수학적 분석 방법과 시뮬레이션을 통해 확장된 유용성 평가가 필요하다.

IV. 결 론

본 연구는 DR-MWS를 제안하여 모자이크 전장에서 전투 효율성을 극대화하는 방법을 연구했다. 간단한 예시를 통해 제안된 시스템이 표적처리율이 높아짐을 확인하고 그 유용성을 평가했다. 특히, 무기 시스템의 성능 향상이 분산처리비용과 실시간성을 향상시켜 제안된 시스템의 중요성을 더욱 높

여줄 것을 확신한다. 향후 연구에서는 제안된 시스템이 다양한 모자이크 전쟁 시스템에 어떻게 적용될 수 있는지를 연구하고, 특히 비용 측면에서 더 큰 효과를 낼 수 있는 방법을 연구할 것이다.

본 연구 결과는 모자이크 전쟁 이론의 진보된 이해와 적용을 촉진하며, 현대 군사 작전의 복잡성과 변동성에 대응할 수 있는 더 효과적이고 유연한 전략을 제공할 것이다. 또한, 이러한 전략을 구현하는 데 필요한 기술과 알고리즘을 개발하고 이해하는 데 중요한 출발점이 될 것으로 확신한다. 향후 다양한 작전 환경에서 이 체계를 적용하여 민첩하고 효과적으로 대응함으로써 미래 군사 작전에서 중요한 경쟁력을 확보할 수 있을 것을 기대한다.

참고문헌

- [1] N. A. O'Donoghue, S. McBirney, & B. Persons, "Distributed Kill Chains : Drawing Insights for Mosaic Warfare from the Immune System and from the Navy," *United States Department of Defense*, pp. 3-8, 17-26, 2021.
- [2] J. Jang, "A Study on the Prediction of Future Warfare Changes and the Development Direction of the R.O.K. Army: Focusing on the Relationship between War Components and Forms of War," *Korean Journal of Military Arts and Science*, Vol. 78, No. 3, pp. 3-25, 2022.
- [3] J. Ellman, L. Samp, and G. Coll, "Assessing the Third Offset Strategy," *A Report of the CSIS International Security Program*, 2017.
- [4] H. R. Park, "An Introduction to the Third Offset Strategy of the U.S. and Implications for South Korea," pp. 3-25, 2015.
- [5] S. Park et al., Patent No. 1014216030000, "Real Time Scheduling Method of Cyber Physical System," 2014.
- [6] S. Park et al., Patent No. 101421601000, "Real Time Scheduling Method of Cyber Physical System," 2014.
- [7] R. Cohen, N. Chandler, S. Efron, B. Frederick, E. Han, K. Klein, ... and Y. Shokh, "The Future of Warfare in 2030: Project Overview and Conclusions," Santa Monica: RAND, pp. 5-9, 2020.
- [8] D. Nam, T. Im, D. Lee, and S. Cho, "Mosaic Warfare of the Fourth Industrial Revolution U.S. Military Innovation Direction and Implication for the ROK Military," *JAMS*, Vol. 63, No. 3, pp. 141-147, 2020.
- [9] S.-H. Park and J.-H. Kim, "Real-time NCW Systems Using Distributed Processing," *Korea Computer Congress*, Vol. 36, No. 1, pp. 245-249, 2009.
- [10] S.-H. Park, J.-H. Kim, and C.-H. Han, "The Extended-military Multimedia Systems Based on Real-time Scheduling Scheme," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea 48-Ci (1)*, Pp. 26-32, 2011.
- [11] S.-H. Park, J.-H. Kim, C.-H. Han, and K.-S. Kim, "Effective One-to-One Correspondence Method of $O(N^2 \log(N))$ Complexity Between Distributed Units," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 9, pp. 1-7, 2012.
- [12] P. T. Mitchell, "Network Centric Warfare and Coalition Operations (The New Military Operating System)," pp. 1-8, 14-17, 2009.
- [13] D. A. Lambert and J. Scholz, "A Dialectic for Network Centric Warfare," pp. 2-8, 2005.
- [14] D. S. Alberts, J. J. Garstka, and F. P. Stein. "Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority," pp. 2-16, 1999.
- [15] E. A. Smith, "Network-centric Warfare: What's the Point?," *Naval War College Review*, pp. 7-20, 2001.
- [16] Office of Force Transformation. "The Implementation of Network-centric Warfare. Department of Defense," pp. 7-12, 2005.
- [17] B. Briscoe, A. Odlyzko, and B. Tilly, "Metcalfe's Law Is Wrong-communications Networks Increase in Value as They Add Members-But by How Much?" *IEEE Spectrum*, pp. 5-16, 2006.
- [18] J. Brauer, K. Hartley, and S. Markowski, "Rethinking Augustine's Law: Armament Costs and Evolving Military Technology," *New Frontiers in Conflict Management and Peace Economics: With a Focus on Human Security*, Vol. 29, February 2021.
- [19] N. R. Augustine, Augustine's Laws, pp. 102-117, 1997.
- [20] T. H. Chung, Offensive Swarm-enabled Tactics (Offset), Darpa, 2021.
- [21] S. Park, J.-H. Kim, and G. Fox, "Effective Real-time Scheduling Algorithm for Cyber Physical Systems Society," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 32, pp. 253-259, 2014.
- [22] B. Gerkey, S. Chitta, M. Beetz, and L. E. Kavradi, "Real-time Guidance under Mri, IEEE," *Engineering in Medicine and Biology Magazine*, Vol. 29, No. 2, pp. 78-86, 2010.
- [23] C. Domínguez, H. Hassan, and A. Crespo, "Real-time Embedded Architecture for Improving Pervasive Robot Services," *International Journal of Software Engineering and Its Application*, Vol. 2, No. 1, pp. 79-90, 2008.
- [24] W. H. Yuan and K. Nahrstedt, "Energy-efficient Soft Real-time CPU Scheduling for Mobile Multimedia Systems," in *Proceedings of the Nineteenth ACM Symposium on Operating Systems Principles*, Vol. 37, No. 5, pp. 149-163, 2003.

[25] C. L. Liu and J. Layland, "Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hardreal-time Environment," *Journal of the ACM*, Vol. 20, No. 1, pp. 46-61, 1973.

[26] A. Burns, "Scheduling Hard Real-time Systems: A Review," *Software Engineering Journal*, Vol. 6, No. 3, pp. 116-128, 1991.

[27] Z. R. M. Azmi, K. A. Bakar, M. S. Shamsir, W. N. W. Manan, and A. H. Abdullah, "Performance Comparison of Priority Rule Scheduling Algorithms Using Different Inter Arrival Time Jobs in Grid Environment," *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 4, No. 3, pp. 61-70, 2011.

[28] J. W. S. W. Liu, *Real-time Systems*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

[29] T. Ferrari and L. Gaido, "Resources and Services of the Egee Production Infrastructure," *Journal of Grid Computing*, Vol. 9, pp. 119-133, 2011.



이순승(Soon-Seung Lee)

2017년 : 영진사이버대학교 (전문학사)
 2023년 : 서울사이버대학교
 기계공학전공(학사)

2000년~2022년: 공군 항공통제 부사관
 (E-737 항공통제사, 레이더 담당)
 2022년~현 재: 공군 교육사령부 항공우주통제학교
 전자전교관 (전문군무경력관 나군)
 ※ 관심분야 : 기술데이터링크, 인공위성, 공통작전상황도, 합성
 개구레이더



박정원(Jeong-Won Park)

2022년 : 서울디지털대학교(학사)

2017년~2022년: 공군 사이버정보체계운용기사
 (ACMI/EWTS, 전자광학위성감시체계 운용)
 2023년~현 재: 공군 교육사령부 항공우주통제학교
 위성감시체계정비교관
 ※ 관심분야 : 우주작전, 우주감시체계



남치현(Chi-Hyun Nam)

2016년 : 한국교통대학교 (학사)

2016년~2022년: 공군 정보통신 장교
 (중대장, 운영통제실장)
 2022년~현 재: 공군 교육사령부 항공우주통제학교
 위성감시교관실장
 ※ 관심분야 : 우주작전, 정보통신기술



박상혁(Sang-Hyuk Park)

2013년 : 아주대학교(공학 박사)

2000년~2020년: 대한민국 해병대 장교
 (드론봇 전투체계 등 연구)
 2019년~2020년: 아주대학교 유비쿼터스 연구소
 특별연구원
 2020년~2021년: 아주대학교 장위국방연구소
 선임연구원
 2021년~2022년: Sim-net 국방분석실험실 책임연구원
 2022년~현 재: 공군 교육사령부 항공우주통제학교
 전자전교관(전문군무경력관 가군)
 ※ 관심분야 : 분산-실시간 시스템, 모자이크 전쟁, 인공지능,
 인공위성