

논문 2011-48CI-1-4

# 실시간 스케줄링을 적용한 Extended-Military Multimedia Systems

( The Extended-Military Multimedia Systems Based on Real-Time Scheduling Scheme )

박 상 혁\*, 김 재 훈\*\*, 한 창 희\*\*\*

( Sang-Hyuk Park, Jai-Hoon Kim, and Chang-Hee Han )

## 요 약

효과적인 작전 수행을 위해 전장 상황을 실시간 모니터링하여 상황인식에 필요한 정보를 공유하는 것은 매우 중요하다. 이러한 상황인식은 멀티미디어 시스템을 통해 시각적으로 제공되며 공통상황도, UAV 영상 등 다양하다. 현대전의 수행양상이 네트워크 중심작전 체계로 빠르게 변모하고 있어 이러한 멀티미디어 시스템이 실시간 처리해야 하는 데이터의 양도 급증하고 있다. 이를 실시간 처리하기 위해서는 멀티미디어 시스템의 성능향상이 필요하다. 본 논문에서는 성능향상을 위한 방법으로 모니터링을 위해 수집된 정보를 실시간 멀티미디어 시스템이 처리할 때, 실시간 처리율이 가장 우수한 스케줄링 방법을 적용한 Extended-Military Multimedia Systems(E-MMS)을 제안한다. 제안한 시스템에 대해 유용성을 평가한 결과, 실시간 EDF(Earliest Deadline First)스케줄링 방법이 비실시간 FCFS(First Come First Service)스케줄링 방법에 비해 최대 20% 마감 시간 준수율이 향상됨을 검증했다.

## Abstract

It is very important for more effective military operation to share information required in recognizing a situation by monitoring battlefield. The recognition of situations is offered visually though multi-media systems such as a COP(Common Operation Picture), UAV etc. The operating method has rapidly changed into Network-Centric Warfare (NCW). As a result, the data that these Multimedia systems should control is increasing. Improved performance of Multimedia systems is required to deal with them. In this paper, we propose Extended-Military Multimedia System(E-MMS) applying the most excellent scheduling method in terms of meet-ratio in real time when Multimedia systems carry out assigned information in real time for monitoring as the method of improved performance. As a result of utility about proposed system, it is verified that realtime EDF(Earliest Deadline First) scheduling method is more improved up to 20% compared to non-realtime FCFS(First Come First Service) in terms of the deadline meet ratio.

**Keywords :** 멀티미디어 시스템, 네트워크 중심작전, 공통상황도, 실시간 시스템 스케줄링, 마감시간 준수율

\* 학생회원, 아주대학교 NCW학과

(Department of Network Centric Warfare Engineering, Ajou University)

\*\* 정회원-교신저자, 아주대학교 정보통신전문대학원

(Graduate School of Information & Communication, Ajou University)

\*\*\* 정회원, 육군사관학교 전자정보학과

(Department of Electronic and Information, Korea Military Academy)

※ 본 연구는 리얼타임비즈니스의 지원과(과제명: 자율지능형 가상군(CGF)을 위한 지식기반 행위추론 기술개발) 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업에 의해 지원을 받았음(No.2010-0028046). 또한 국방과학연구소 및 방위사업청의 지원에 감사의 뜻을 표합니다.

접수일자: 2010년12월3일, 수정완료일: 2011년1월7일



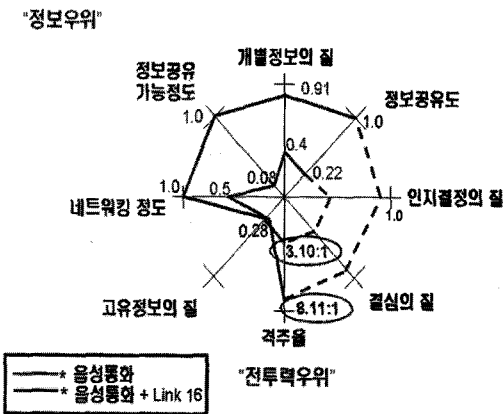


그림 2. 공대공 사례연구 결과<sup>[13]</sup>  
 Fig. 2. The result of Air-to-Air case study<sup>[13]</sup>.

를 네트워크로 연결하여 정보의 우위를 통해 전투력을 상승하는데 목적이 있다. (그림 1)은 이러한 목적을 달성하기 위한 미국의 구형 개념을 보여주고 있다<sup>[11~2, 12]</sup>. NCO의 효과를 극대화하기 위해서는 정보수집수단으로부터 획득된 실시간 전장상황을 멀티미디어 시스템을 통해 시각화하는 것이 중요하다. 이를 검증한 대표적인 사례로는 미국 RAND 연구소에서 수행한 공대공 교전 시 전투 개체간의 통신수단에 따른 전력분석 평가사례를 통해 알 수 있다. 공대공 교전훈련 시 통신수단이 음성일 경우와 음성과 동시에 LINK-16을 같이 사용한 경우의 피·아 손실비를 1만 2천여회의 소터를 통해 비교한 평가사례이다. 비교 결과 음성과 LINK-16을 이용한 경우가 주간에는 8.11:1, 야간에는 9.4:1의 피아 손실비를 보여줌으로써 각각 3.1:1과 3.62:1을 보여준 음성만 이용한 경우보다 훨씬 우월함을 나타냈다. 즉 LINK-16을 이용한 데이터 통신이 각 NCO 개념요소의 능력을 향상시키며 그 과정을 통해서 음성만 이용한 교전에서 보다 더 향상된 전력효과를 나타냄을 알 수 있다<sup>[13]</sup>.

(그림 2)는 데이터를 통한 멀티미디어 구현시 전투효과를 구체적인 분석을 위해 각 MCP(Mission Capability Package)에 따른 NCW 개념요소들의 측정치를 기존자료 및 수리적 계산, 그리고 적절한 추정을 통해 판단하여 비교한 결과다. 0.28이라는 동일한 수치의 편제수집 정보수준으로 출발했지만, 궁극적으로는 3.1:1과 8.11:1이라는 전력효과차이를 보이게 되며, 이것은 LINK-16이 제공하는 우월한 의사소통 및 정보공유능력에서 비롯됨을 알 수 있다<sup>[13]</sup>. 이러한 연구는 NCO에서 데이터를 통해 전장상황을 시각화하여 작전을 수행하는 것이 효과적임을 증명하고 있다.

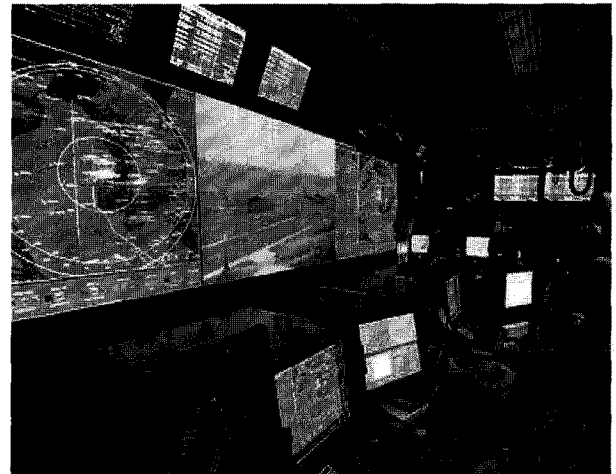


그림 3. 항공모함 내부의 멀티미디어 시스템  
 Fig. 3. Multimedia systems in aircraft carrier.

NCO에서 전장상황을 시각화하는 멀티미디어 시스템의 종류와 특성은 다양하다. 이들 중 공통상황도는 작전수행에 필수적인 멀티미디어 시스템이며, (그림 3)은 항공모함 내부의 모습으로 공통상황도를 포함한 멀티미디어 시스템들을 보여주고 있다. 그림에서 보는 것처럼 항공모함처럼 작전을 전반적으로 지휘·통제하는 제대에서는 예하부대 작전을 위한 화력통제도(FCT: Fire Control Picture)에서부터 작전지역 전반에 대한 상황인식을 위한 공통작전상황도(COP: Common Operation Picture)까지 필요한 모든 멀티미디어 시스템을 갖추고 있다. (표 1)은 이러한 멀티미디어 시스템에서 대표적인 공통상황도(Common Picture)에 관한 내용으로 종류별 특성과 주요 기능을 설명하고 있다.

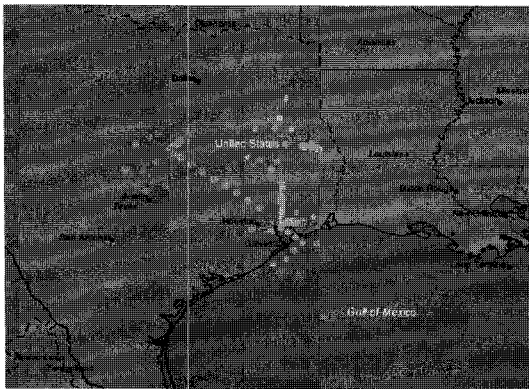
표 1. 공통상황도 비교  
 Table 1. The comparison of COP.

구분	내용	정보개신
공통작전상황도 (COP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전력관리 업무</li> <li>전략적 부대에서 주로사용</li> <li>전술정보, 방책, 전투서열 정보 등</li> </ul>	수 십초 ~ 수 분
공통전술상황도 (CTP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>작전지역정보 제공</li> <li>작전적 제대에서 주로사용</li> <li>목표물에 대한 정보</li> <li>무기체계와 연동</li> <li>기동 및 통제, 큐잉 등</li> </ul>	수 초대
화력통제상황도 (FCP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전술적 제대에서 주로사용</li> <li>플랫폼 중심적 위치인식</li> <li>화력의 발사 등 화력통제용</li> </ul>	수 밀리 초

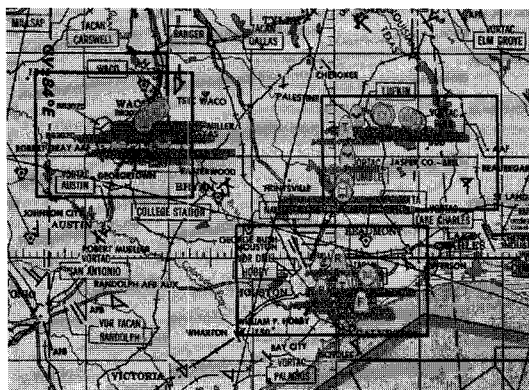
(표 1)에서 보는 것처럼 공통상황도의 종류는 크게 3가지로 구분되면 이들이 제공하는 주요 기능과 특성은 사용자의 필요성에 따라 정보의 내용, 정보 갱신을 등 많은 차이를 보이고 있다. 예를 들어 현재 전투를 수행 중인 지휘관에게 필요한 정보는 자신의 예하부대를 전술통제하기 위한 정보와 자신의 부대에 위협이 되는 적 표적에 대한 정보가 제공되어야 한다. 이러한 정보는 통산 초 또는 초 미만의 정보 갱신율이 필요하다. 하지

만 전략적 제대의 지휘관에게는 이러한 정보가 모두 실시간 제공될 필요는 없다. 특별한 경우에 국한하여 필요한 정보만을 실시간 제공하면 충분하다. (그림 4)는 COP, CTP, FCP의 예를 보여주고 있다<sup>[14]</sup>.

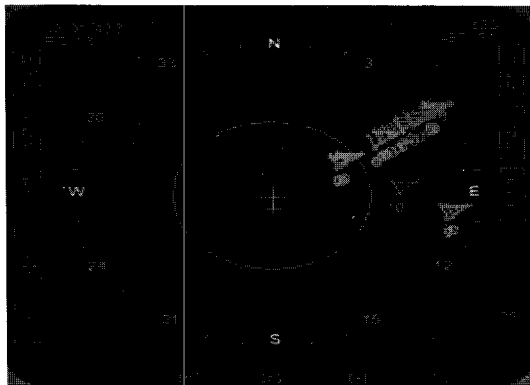
본 논문에서는 이러한 멀티미디어 시스템에 사용되는 데이터정보의 갱신율이 서로 상이함을 착안하여, 시스템의 성능 향상방안을 제안한다.



(가) 공통작전상황도(COP)



(나) 공통전술상황도(CTP)



(다) 화력통제상황도(FCP)

그림 4. NCO를 위한 멀티미디어 시스템 (예)  
Fig. 4. Multimedia systems for NCO.

다. 실시간 시스템 스케줄링

실시간 시스템(Real-Time Systems)은 일반적으로 시스템이 처리한 논리적인 결과의 정확도뿐만 아니라 임무수행에 대한 시간적 제약을 만족시키는 시스템을 말한다. 실시간 시스템에서 스케줄링 알고리즘(Scheduling algorithm)이란 스케줄링 정책(Scheduling policy)에 의해 할당된 태스크를 어떠한 시간에 어떤 태스크를 수행하는가를 결정하는 것이다. 태스크 스케줄링 방법은 아래 (표 2)와 같이 크게 구분할 수 있으며 본 논문에서는 비실시간(FCFS)와 실시간(EDF, RM)스케줄링 방법을 적용하여 성능을 비교한다<sup>[15~17]</sup>.

표 2. 태스크 스케줄링 방법  
Table 2. Comparison of scheduling schemes.

구분		내용
비 실시간	FCFS	○태스크가 도착한 순서에 의해 수행 (FCFS : First Come First Service)
	SJF	○수행시간이 짧은 태스크를 먼저 수행 (SJF : Shortest Job First)
실시간	EDF	○마감시간이 빠른 태스크부터 수행 (EDF : Earliest Deadline First)
	RM	○주기가 가장 짧은 태스크가 가장 먼저 수행 (RM : Rate Monotonic)
	LST	○여유시간(Slack Time)이 작은 값을 가질수록 우선 순위를 부여하는 방법 (LST : Least Slack Time First)

2. E-MMS(Extended-Military Multimedia System)

가. E-MMS 개요

E-MMS는 항공모함과 같이 제대별 사용되는 각종 공통상황도를 선택적으로 볼 수 있는 제대에서 사용되며, 크게 데이터 발생기, 수집/처리기, 표출기로 구성된다. (그림 5)는 E-MMS의 전체 개념도를 보여주고 있다.

그림에서 데이터 발생기는 전장상황 정보를 수집하는 각종 자산을 나타낸다. 여기에는 각종 센서 체계, 인간정보, 영상정보 등 다양한 수단이 있다. 데이터 발생

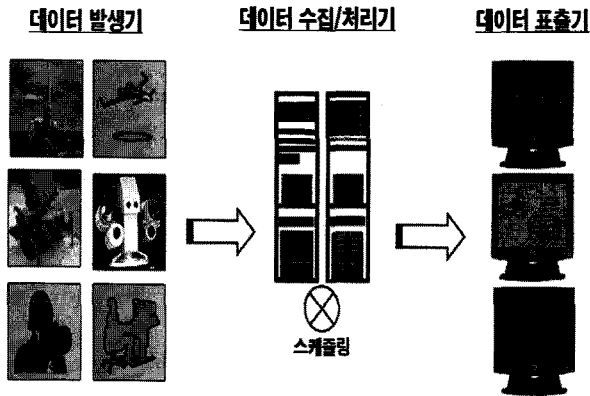


그림 5. E-MMS 전체 개념도  
Fig. 5. The conceptual diagram of E-MMS.

기로부터 수집된 데이터는 수집 자산별 데이터 생성 주기와 크기가 다양하다. 예를 들어 탐색 주기가 1분인 레이더는 1분을 주기로 데이터를 발생시키며, 표적을 추적하는 레이더 장비는 초 이하의 단위로 데이터를 생성한다. 이들로부터 획득된 데이터는 데이터 수집/처리기로 모이게 되며, 수집/처리기에서는 이들 데이터를 실시간 처리한다. 본 연구에서는 수집된 데이터를 처리하는 과정에서 데이터가 처리되어야 하는 실시간성을 고려하였다. 즉, 데이터 처리시 스케줄링 방법에 따라 성능차이를 비교하여, 가장 우수한 성능을 보인 스케줄링 방법을 시스템에 적용한다. 표출기에서는 처리된 데이터를 영상화하여 보여주며, 이때 사용자의 요구에 따라 COP, CTP, FCP, 기타 보조수단 등을 선택적으로 볼 수 있다.

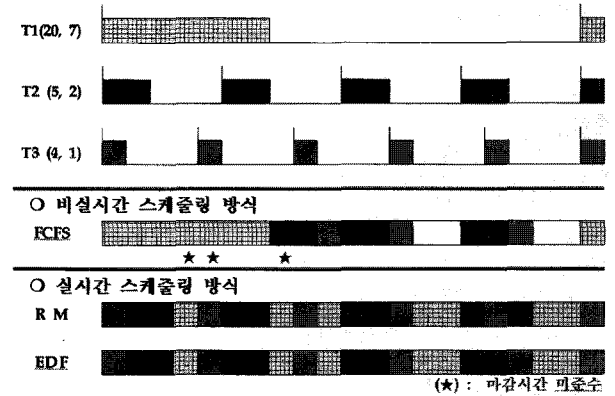
나. E-MMS의 스케줄링

E-MMS는 실시간 EDF 스케줄링 방법을 적용하며, 그 방법은 (표 3)과 같다. (표 3)은 각각의 스케줄링 방법으로 간단한 데이터에 대한 스케줄링 결과를 보여주고 있다. 표에서 사용된 태스크는 모니터링을 위해 획득된 데이터정보를 의미하며, 이를  $T_i$  로 가정하면,  $T_i (P_i, E_i)$ 이다. 여기서 데이터정보  $T_i$ 는 데이터정보가 획득되는 주기가  $P_i$  이고, 그 데이터정보가 처리되는데 소요되는 실행시간이  $E_i$ 임을 나타낸다.

표와 같이 주기와 실행시간이 각각 (20,7), (5,2), (4,1) 3개의 데이터정보(태스크)가 순차적으로 발생했을 때, 각각의 방법으로 스케줄링하면 다음과 같다.

데이터정보가 획득된 순서대로 처리하는 비실시간 스케줄링 방법의 FCFS의 경우  $T1 \rightarrow T2(\text{미스}) \rightarrow T3(\text{미}$

표 3. 실시간, 비 실시간 스케줄링 결과 비교  
Table 3. The comparison of scheduling result.



스)  $\rightarrow T2 \rightarrow T3(\text{미스}) \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow T3$  순으로 데이터정보가 처리된다. 즉, 데이터정보 T1 을 처리하고, 이 데이터를 처리하는 동안 획득된 T2와 T3 데이터는 마감시간 안에 처리하지 못하게 된다. 이후 T1 처리가 완료된 후 T2 정보를 처리하게 된다. 동일하게 T2 정보를 처리하는 동안 획득된 T3 정보는 처리하지 못하며 T2정보 처리가 완료된 후 T3, T2, T3, T2, T3 정보를 순차적으로 처리하게 된다. 이처럼 비실시간 스케줄링 방법은 3개의 주기적인 데이터정보에서 한 사이클을 마치는 동안 3개의 데이터정보를 처리하지 못하게 된다. 이에 반해 제안하는 E-MMS의 실시간 EDF 스케줄링 방법으로 데이터정보를 처리하면  $T3 \rightarrow T2 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T3 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T2(\text{일부}) \rightarrow T3 \rightarrow T2(\text{종료}) \rightarrow T1(\text{종료}) \rightarrow T3$  순으로 처리되고, RM은  $T3 \rightarrow T2 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T3 \rightarrow T2 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T3 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T1(\text{일부}) \rightarrow T2 \rightarrow T3 \rightarrow T1(\text{종료}) \rightarrow T3$  순으로 처리되어 모든 데이터에 대해 처리하여 모니터링이 가능하다. 여기에서 일부의 의미는 모니터링을 위한 멀티미디어 시스템이 데이터정보를 일부 처리하는 것을 의미한다. 이후 마감시간이 빠른 데이터를 먼저 처리하고 이어 이를 다시 처리한다.

이런 현상은 모니터링을 위한 데이터정보별 처리에 필요한 시간의 차이를 고려하여 스케줄링 함으로서 얻는 이점이다. 스케줄링 결과에서 보는 것처럼 간단한 태스크에서도 정보처리율(마감시간 준수율)의 차이를 볼 수 있다. 즉, 스케줄링 방법을 통하여 시스템 성능향상을 기대할 수 있고, 이를 NCO 작전을 위한 멀티미디어 시스템에 적용할 수 있다.

### III. 실험

#### 1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 환경은 전장상황을 모니터링하는 COP, CTP, FCP가 모두 필요한 제대이며, 이들을 시각화하기 위한 각각의 데이터정보가 실시간 획득한다. 이를 통해 모니터링을 하는 부대는 자기 부대의 COP을 포함하여, 예하부대의 CTP, FCP도 필요시 선택적으로 확인한다.

시뮬레이션에 사용된 변수는 다음과 같이 가정한다. 실행시간은 CPU가 데이터를 처리하는데 소요되는 시간으로 2000~9000 마이크로 초 범위에서 랜덤하게 발생시켰다. 이는 데이터 종류별 CPU가 처리하는 시간의 차이를 고려했다. 주기는 각각의 멀티미디어 시스템이 정보를 갱신하는 시간을 고려하여 COP는 평균 30초, CTP는 평균 2초, FCP는 평균 6밀리 초로 가정한다.

#### 2. 시뮬레이션 결과 및 분석

(그림 6)은 데이터 수집기로부터 획득된 데이터정보가 늘어남에 따라 스케줄링 방법별로 이를 처리한 결과를 보여주고 있다.

그림의 X축은 모니터링을 위한 데이터정보에 관한 내용으로 데이터정보는 시간이 지남에 따라 COP, CTP, FCP 모니터를 위한 데이터가 추가되어 실시간 처리해야 할 데이터정보가 늘어나며, 이는 활용도가 증가함을 보여주고 있다. Y축은 데이터정보가 증가함에 따라 스케줄링 방법별로 스케줄링한 결과인 마감시간 준수율을 보여주고 있다. 그림에서 보는 것처럼 활용도 증가에 따른 마감시간 준수율은 일정수준까지는 모두 100%를 만족하나, 데이터정보 T4가 추가된 시점부터는 비실시간 FCFS 스케줄링 방법의 마감시간 준수율은 급격히

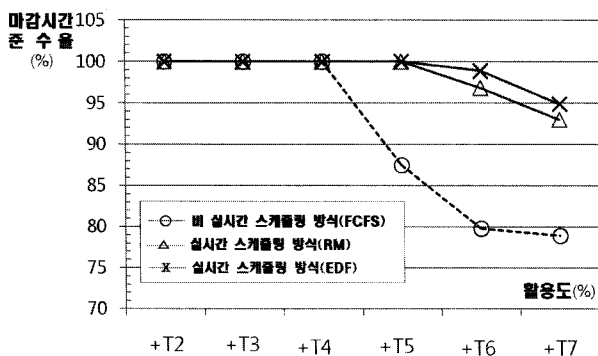


그림 6. 스케줄링 방법별 마감시간 준수율 비교  
Fig. 6. The comparison of deadline meet ratios according to scheduling schemes.

떨어짐을 볼 수 있다. 즉 실시간 스케줄링 방법을 통해 데이터정보 처리 시 획득된 전체 정보에 대해 모니터링이 가능하나, 비 실시간 스케줄링 방법은 획득된 정보 중 약 87%만을 처리함을 알 수 있다. 이후 데이터정보가 증가함에 따라 마감시간 준수율 차이가 더 커져 실시간 스케줄링 방법이 비 실시간 스케줄링 방법에 비해 최대 20% 마감시간 준수율이 우수하고, 실시간 EDF스케줄링 방법은 RM방법과 좀 더 높은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

### IV. 결론

본 논문에서는 군사력 전환의 큰 틀인 NCW 환경에서, 전장상황을 실시간 모니터링 하는 멀티미디어 시스템에 EDF 스케줄링 방법을 적용한 E-MMS를 제안하였고, 이를 각종 모니터링 체계(COP, CTP, FCP)에 적용하여 성능을 비교했다. 그 결과 EDF스케줄링 방법이 적용된 E-MMS는 FCFS방법에 비해 최대 20% 마감시간 준수율이 우수함을 확인했다. 이를 NCO를 위한 멀티미디어 시스템에 적용함으로써 전장의 승수효과를 기대할 수 있다.

향후 연구 과제로는 NCW 환경에서 제안하는 방법을 적용할 수 있는 더 많은 시스템을 찾아 이를 접목시키는 노력과, 실제 센서로부터 획득된 데이터를 이용하는 연구가 더 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] 박휘락, “네트워크 중심전의 이해와 추진현황”, 국방정책연구, 2-4쪽, 2005.
- [2] 노훈, 손태중, “NCW : 선진국 동향과 우리 군의 과제”, 주간국방논단, 1046호, 2005.
- [3] 박상혁, 김재훈, “분산 처리를 통한 NCW 시스템”, 한국정보과학회, 컴퓨터종합학술대회 논문집, 제36권 제1호(B), 245-249쪽, 2009.
- [4] Cebrowski, Arthur K. and Garstka, John J, “Network-Centric Warfare: Its Origin and Future.” U. S. Naval Institute Proceedings, pp. 1-6, 1998.
- [5] Edward A. Smith, “Network-Centric Warfare: What’s the Point?”, Naval War College Review, p 7, 2001.
- [6] Paul T. Mitchell, “Network Centric Warfare and Coalition Operations (the new military operating system)”, pp. 1-8, 14-17. 2009.

- [7] T Grant, B Kooter, "Comparing OODA & other models as Operational View C2 Architecture", RNM Academy-ICCTS, 2005.
- [8] R Corbin, C Dunbar, M Payne, Q Zhu, "Tailored Information Delivery and Service for Network Centric C2 Support", Proceedings of 12th ICCRTS, Citeseer. 2007.
- [9] Curtis W. Davis III, James M. Flavin, Robert E. Boisvert, Kyle D. Cochran, Kevin P. Cohen, Timothy D. Hall, Louis M. Hebert, and Ann-Marie T. Lind, "Enhanced Regional Situation Awareness", Volume 16, No 2, LINCOLN LAB JOURNAL, 2007.
- [10] David S Alberts, JJ Garstka, FP Stein, "Network Centric Warfare", Developing and Leveraging Information Superiority, storming-media, us, pp. 2-16, 1999.
- [11] Office of Force Transformation, "The Implementation of Network-Centric Warfare", Department of Defense, p. 7, 2005.
- [12] Clay Wilson. Network Centric Operations, "Background and Oversight Issues for Congress", CRS Report for Congress. March15, 2007.
- [13] Air-to-Air Combat(Link-16) Case Study, The JTIDS Operational Special Project in 1997.
- [14] 국방과학연구소 "공통작전상황도 운용개념 및 발전 동향에 관한 연구, 국방통신 학술대회 논문집 제 7 권, 2009.
- [15] GC Buttazzo, "Hard real-time Computing systems", pp. 4, 9, 11, 21-26, 2005.
- [16] Jane W. S. Liu, "Real-Time Systems", Prentice Hall, pp. 26-33, 62-72, 115-131, 2000.
- [17] GC Buttazzo, "Rate monotonic vs. EDF:Judgment Day", Real-Time System, Springer, pp.11-14, 2005.

---

 저자 소개
 

---



박 상 혁(학생회원)  
 2000년 한국해양대 조선해양  
 공학과 학사  
 2009년~현재 아주대학교 NCW  
 학과 석박통합과정  
 <주관심분야 : NCW, 분산시스템,  
 실시간시스템>



김 재 훈(정회원)  
 1984년 서울대학교 제어계측공학  
 학사  
 1993년 Indiana University  
 컴퓨터과학 석사  
 1997년 Texas A&M University  
 컴퓨터과학 박사  
 1997년~1998년 삼성전자(주) 컴퓨터시스템  
 개발팀 수석연구원  
 1998년~현재 아주대 정보통신전문대학원 정교수  
 <주관심분야 : 이동컴퓨팅, 분산시스템, 실시간시  
 스템, NCW>



한 창 회(정회원)  
 1990년 육군사관학교 물리학과  
 학사  
 1994년 Syracuse University  
 전산학과 석사  
 2004년 USC 전산학과 박사  
 1998년~2005년 육군사관학교  
 전산학과 부교수  
 2005년~현재 육군사관학교 전자정보학과  
 전산학 부교수  
 <주관심분야 : AI, Virtual Human Modeling>