

P-3C 해상초계기 전술분석도구를 위한 전술 상황표시기의 효율적 전시 기법

Efficient Methods of Tactical Situation Display for Tactical Analysis Tool of P-3C Maritime Patrol Aircraft

김병국¹ · 차용훈² · 홍성화³ · 이재호^{4*}

¹인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과, ²대한항공 항공기술연구원, ³목포해양대학교 해양정보통신공학과, ^{4*}덕성여자대학교 소프트웨어전공

Byoung-Kug Kim¹ · Yonghoon Cha² · Sung-Hwa Hong³ · Jaeho Lee^{4*}

¹Department of Computer Software, Induk University, Seoul, 01878, Korea

²R&D Center, Koreanair, Daejeon, 34054, Korea

³Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

^{4*}Department of Software, Duksung Women's University, Seoul, 01369, Korea

[요 약]

대한민국 해군이 운영하는 P-3C 또는 P-3CK 해상초계기에는 다양한 센서와 통신 장치를 탑재하고 있다. 임무 중 수집된 데이터는 항공기내 비행 조작사들에 의해 전술 정보로 관리되어 저장된다. 비행임무가 종료되면 이 정보는 지상에 있는 전술지원센터로 이관되고 전술분석도구를 통해 재생되거나 후속 업무를 위해 사용된다. 비행임무 시 한국방공식별구역 영역에서만 한 시간 이내 탐지 객체만 수만 개를 갖는다. 이에 대하여 전술분석도구 이용 시 지도를 함께 도시하는 전술 상황표시기에는 탐지 객체들에 대하여 모두 심볼로 표현한다. 표시 심벌의 증가는 전술 상황표시기의 이미지 갱신에 많은 영향을 끼치고 결과적으로 조작사들의 원활한 작업에 지장을 준다. 본 논문에서는 기존 상황표시기의 성능을 개선하기 위해 다중 스레드와 다중 레이어 적용을 제안한다. 그리고 이 제안에 대한 적용과 실행 결과를 통해 전술 상황표시기의 성능향상을 증명한다.

[Abstract]

P-3C/K aircraft for maritime patrols that Republic of Korea Navy is using, is equipped with a variety of sensors and communication devices. Collected data from the aircraft is managed as tactical information by flight operators and stored. When the flight mission is completed, this information is transferred to tactical support center on the ground and played back or used for follow-up work through an analysis tool. During a flight mission, there are tens of thousands of detection objects within an hour in KADIZ (Korea air defense identification zone). In contrast, in TSD (tactical situation display), which displays a map when using the analysis tool, all detected objects are expressed as symbols. The increase in display symbols has a significant impact on the TSD image updating and consequently interferes with the smooth operation of operators. In this paper, we propose applying multiple threads and multiple layers to improve the performance of existing TSD. And the performance improvement is proven through the execution results.

Key word : Maritime Patrol Aircraft, P-3C, Tactical Analysis Tool, Tactical Support Center, Tactical Situation Display.

<https://doi.org/10.12673/jant.2023.27.5.495>



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 18 September 2023; **Revised** 12 October 2023

Accepted (Publication) 29 October 2023 (30 October 2023)

***Corresponding Author** : Jaeho Lee

Tel: +82-02-901-8649

E-mail: izeho@duksung.ac.kr

I. 서론

대한민국 해군 (RoKN; republic of Korea navy)은 현재 해상초계기 (maritime aircraft 또는 maritime patrol aircraft)용으로 변경된 P-3C와 P-3CK 항공기를 각 8기씩 총 16기를 운영하고 있다. P-3 항공기는 미국의 록히드마틴에서 1959년부터 1990년 대까지 제작 및 생산되었다. 그리고 시간이 거듭날수록 기체를 개량 과정에서 각 버전을 구분하기 위해 기본 모델명(P-3)에 A, B, C, CK 등의 접미사를 붙여 명명하였다.

우리나라는 1994년부터 1996년까지 총 8기의 P-3C 기종을 미국의 록히드마틴으로부터 양산된 모델을 인도받았으며, 이후 해당 기종의 생산설비는 폐쇄되었다. 이후 추가분(8기)은 미군에서 사용하다 애리조나주의 모하비 사막에 20여 년 동안 버려진 P-3B 기종을 매입하여 이를 방사청, 국방기술품질원, 한국항공우주산업(KAI; Korea aerospace industries)과 해외업체인 L-3 COM에 의해 개량되어 P-3CK라는 이름으로 제정의 되어 현재까지 해군에서 이용되고 있다. 이후 P-3C 해상초계기는 2013년부터 2018년까지 성능개량이 이루어졌다[1]-[3].

이 항공기는 해상초계용으로 활용이 되면서 비행 항법을 위한 다양한 시스템 장비 외 초계 기능을 위한 다양한 센서, 통신 장치 그리고 음탐부표 (sono buoy)는 물론 무장 또한 탑재하고 있다[4]-[7].

임무 중 다양한 센서를 통해 수집된 데이터는 기내 클러스터 네트워크로 구성된 다수의 전술 컴퓨터 (tactical station)에서 분산처리방식으로 동작하는 전술데이터처리 소프트웨어에 의해 처리되어 최종적으로 전술 정보를 생성 후 일부는 비행 조종사의 원활한 임무수행을 위해 화면에 표시된다.

이 정보는 비행 조종사 (flight crew)를 위한 다수로 구성된 전술상황표시기 (TSD; tactical situation display)에 지도와 함께 표시되어 업무의 효율을 극대화한다. 임무 중 생성된 정보는 비행 조종사가 전술 컴퓨터 운영을 통해 관리되며, 식별된 정보 상태 값 및 변화 과정 등의 모든 로그 (log) 정보는 항공기내 동일 네트워크에 존재하는 임무 데이터 기록장치 (MDS; mission data storage)에 기록된다.

이 임무 데이터 기록장치에 탑재된 저장매체는 탈착 및 휴대할 수 있어 비행 임무 종료 후 지상에 있는 전술지원센터 (TSC; tactical support center)로 옮겨진다. 그리고 기록된 전술 정보는 전술지원센터에 있는 전술분석도구 (tactical analysis tool)에 의해 후속 분석용으로 활용된다.

비행 임무 중 생성된 전술 정보 일부는 지상/공중/해상/수중의 표적 (target)으로도 인식되고 이 표적으로 식별된 정보는 전술 컴퓨터 및 탑재 센서들에 의해 꾸준히 모니터링된다. 실제로 성능개량을 위한 개발 및 시험 운영 중 한국방공식별구역 (KADIZ; Korea air defense identification zone) 영역에서만 한 시간 이내 수만 개의 표적이 탐지되었다. 전술 상황표시기에 도시되는 표적의 개수 증가는 전술 컴퓨터의 처리 부하를 상승시키고 이에 따른 실시간적 표시 성능을 저하한다. 이의

해결 방안으로 논문[1]은 전술 컴퓨터의 전술 상황표시기의 성능향상을 위한 방안을 제시하고 있다. 또한, 다중 타일 (tile) 및 다중 레이어 기법의 활용한 방안도 있다[8].

마찬가지로 지상에 있는 전술지원센터 내 전술분석도구의 전술 상황표시기에 대한 성능향상도 필요하다. 본 논문에서는 이를 위한 효율적인 처리 방법을 제안하고 구현 및 동작을 통한 측정 후 성능을 얻고 이를 비교하여 본 제안에 대한 효율성을 입증한다.

본 논문의 2장에서는 P-3C 해상초계기에서 운영하는 전술 데이터 처리시스템을 소개한다. 그리고 3장에서는 지상의 전술지원센터에서 운영하는 전술분석도구를 분석하고 동작 시 발생하는 전술 상황표시기의 결점을 찾는다. 4장에서는 분석된 결점을 해결하는 방법을 제안한다. 그리고 5장에서는 본 논문의 제안을 적용하여 실행을 통해 성능을 측정하고 기존과의 차이를 비교하고 최종적으로 6장을 통해 결론을 맺는다.

II. 전술데이터 처리시스템

P-3C 해상초계기에 탑재된 다양한 항법, 센서, 무장 시스템은 대부분 기가비트 이더넷 기반의 이중화 구조를 갖는 하나의 클러스터 네트워크 내 노드 형태로 구성된다. 일부 시스템은 MIL-1553A/B, ARINC-429, RS-232/422 등의 통신 인터페이스를 갖고 있으나 이들 또한 탑재된 별도의 변환기를 통해 최종적으로 기가비트 이더넷 기반의 동일 네트워크 내 구성 요소로 배치되어 운영된다[9]-[12].

탑재 센서들로부터 수집된 데이터는 동일 네트워크에 구성된 다수의 전술 컴퓨터에 전달되며, 이 전술 컴퓨터에는 수신한 데이터를 처리하고 비행 조종사의 임무를 지원하기 위한 전술 데이터 처리 시스템 (tactical data process system)이라는 소프트웨어가 동작된다. 전술 데이터 처리 시스템 소프트웨어는 SOA (service oriented architecture) 개념이 반영되어 구현되었다.

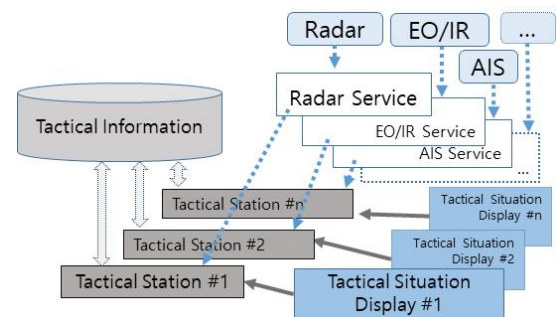


그림 1. 전술데이터 처리시스템 CSCI의 구성도
 Fig. 1. The Structure Diagram of Tactical Data Process System CSCI

전술 데이터 처리시스템 소프트웨어를 구성하는 일부 CSC

(computer software component)들은 센서별 인터페이싱 및 전술 정보에 대한 처리를 위해 각 기능이 서비스라는 작업 처리 단위로 구분되어 동작한다.

그림 1은 전술 컴퓨터에서 동작하는 전술 데이터 처리 시스템 소프트웨어와 내부 서비스들 관계를 개략적으로 보여준다. 전술 데이터 처리시스템은 네트워크를 통해 센서를 통해 수집된 데이터를 전술 컴퓨터 간 공유하고 최종적으로 생성된 전술 정보 (tactical information) 또한 공유한다. 그리고 모든 전술 컴퓨터에서 관리되는 전술 정보는 동기화되어 모두 동일 값을 유지한다. 이를 위해 각 전술 컴퓨터는 시각 동기가 선행되고 전술 정보의 동일성을 유지하기 위해 전술 컴퓨터 간 보유 데이터를 꾸준히 비교하여 최신 정보를 유지한다. 그리고 변화 과정은 임무 데이터 기록장치 (MDS; mission data storage)에 파일로 기록된다. 기록된 주요 정보는 표 1과 같다.

그림에서 서비스들 (Radar service, EO/IR service, AIS service and etc.)은 다수의 전술 컴퓨터에 골고루 분포시켜 특정 전술 컴퓨터로 편중되는 처리 부하 원인을 제거한다. 그리고 이 서비스 간의 통신은 UDP 기반의 메시지 (message) 전송 기법으로 진행된다. 그 외, 특정 전술 컴퓨터의 기능 장애 발생 시, 해당 컴퓨터에서 동작 중인 모든 서비스는 다른 전술 컴퓨터에서 활성화되어 동작하여 전체적인 시스템의 안정성을 제공한다.

표 1. 임무 데이터 기록장치의 주요 기록 정보

Table. 2. Major Information in Mission Data Storage

| Items | Descriptions |
|----------------------|--|
| PID | - PID (Pre-mission Insertion Data) - This is mission data created on the ground before performing a flight mission, and the mission area, mounted weapons and sonar buoy settings, and flight operator information are stored and are used for setting when running the tactical data processing system software. |
| | - This is recorded during missions. - Tactical information is recorded periodically or when an event occurs. |
| Tactical Information | - Major information: aircraft (ownership) attitude and status information, sono-buoy and weapon release information, sensing data, target (track), etc. |
| Videos & Acoustics | - This is recorded during a flight mission. - Major information: Radar screen, EO (electro-optic), IR (infra-red), and flight operators' communication process voice (ICS; inter-com system) information, and etc. |
| Images | - Image files created by flight crews during a flight mission performance |

III. 전술분석도구

지상의 전술지원센터 (TSC; tactical support center)에서는 P-3C 또는 P-3CK 해상초계기를 활용한 전반적인 운영 및 임무를 설계, 임무 설정을 위한 정보인 PID (pre-mission insertion data)를 생성하여 임무를 수행할 항공기에 적용시킨다. 그리고 항공기 운영을 통한 임무 종료 후 임무 데이터 기록장치

(MDS; mission data storage)에 기록된 전술 정보를 전술지원센터로 이관 후 분석용 소프트웨어인 전술분석도구를 이용하여 재생한다.

전술분석도구는 항공기에서 운영되는 분산처리방식이 적용된 전술 데이터 처리시스템과는 달리 하나의 컴퓨터에서 독립적으로 동작한다. 지상의 고정된 장소에서 처리가 되기에 물리적으로 안정적인 환경으로 인해 이중화 구조가 필요 없으며, 실시간성의 또한 상대적 의존도가 낮은 이유에서이다. 그러나, P-3C 해상초계기에는 높은 정밀도와 민감도를 갖는 다양한 센서의 탑재 및 운영에 따른 다량의 정보가 기록되고 수많은 표적이 인식되기에 지상에서 사용되는 전술분석도구 또한 성능향상이 필요하다.

전술분석도구 이용 시 전자지도를 같이 표현하는 전술 상황표시기 (TSD; tactical situation display)에서는 탐지 객체들에 대하여 모두 심볼 형태로 표현한다. 전술 상황표시기에 도시되는 심볼 개수의 증가는 화면 갱신률 (refresh rate)를 저하하고, 결과적으로 지상 조종사의 분석 업무의 효율성을 하락시킨다.

그림 2는 기존 전술분석도구의 전술 상황표시기의 출력처리를 위한 동작을 개념적으로 보여주고 있다. 화면 표시를 담당하는 TSD CSC의 이미지 갱신을 위한 시점 (Update Event)은 주로 타이머, 표시창 크기조정 또는 이미지 기준점의 위치 이동 (panning), 도시화면의 확대/축소 이벤트가 발생할 때이다.

매 이미지 갱신에는 Drawer CSU (Computer Software Unit)에서 새로운 캔버스 (canvas)가 만들어지고 표현 지점의 지도 이미지를 포함한 모든 심볼이 함께 새로 그려진다. 사용자 명령에 따른 이미지 변경 요소(예: 표시창 크기 변경, 지도이동, 확대/축소, 심볼 표시방식 수정 등)가 발생하면 즉각적으로 Drawer CSU는 이미지 갱신을 수행한다. 이외, 직전 이미지 갱신 시점으로부터 100 ms의 시간이 지나면, 새로운 이미지를 생성한다. 단, 이미지 생성 중에 발생한 이미지 갱신 요청에 대해서는 기능 완료 (화면 도시) 직후 대기 없이 처리한다.

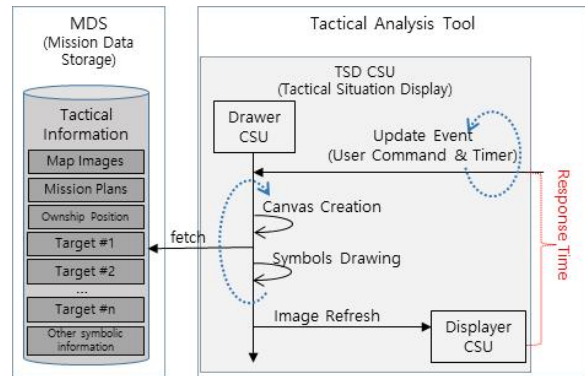


그림 2. 전술분석도구의 화면 갱신 관련 동작
Fig. 2. The Overview of Display Operation

전반적으로 화면 내 심벌의 개수 증가에 따른 신규 화면 갱신 시 현저한 성능저하(그림의 *Response Time* 값의 증가)가 발생하고 있다. 또한, 이미지 생성 과정에서 발생하는 또 다른 현상으로 블로킹이 발생하고 있으며, 이에 따라 사용자 명령에 대한 즉각적인 응답 기능에 아쉬움이 있다.

IV. 제안 기술

도시할 영상을 빠르게 나타내기 위해 본 제안에서는 먼저 지도 계층 (Map Layer), 임무 항공기 계층 (Ownship Layer), 임무 영역 계층 (Mission Area Layer), 각종 표적과 투하물 (예: 무장, 음탐부표 등)을 위한 계층 (Tracks Layer)으로 총 네 개를 구성한다.

- Map Layer: 전술 상황표시기 상에 표현되는 지도 (해도 포함) 이미지
- Ownship Layer: 임무 중인 항공기 심벌 표현용 이미지
- Mission Area Layer: 임무 영역, 위험 구역, 비행계획 경로, 한국방공식별구역 등의 표현용 이미지
- Tracks Layer: 임무 수행 중 인식된 표적, 임무 항공기에서 투하한 물체(예: 무장, 음탐부표, 플레어 등), MOT (mark on top) 등의 심벌을 표현하기 위한 이미지

Map Layer의 경우 표시 기준점 변경 (지도이동), 영역 변경 (확대/축소) 그리고 전술 상황표시기용 화면의 크기 변화가 있는 경우에만 갱신한다. Ownship Layer는 재생 시점의 직전과 직후 임무 항공기의 위치 (location) 또는 자세 (position) 값의 변화가 있는 때에만 이미지 변화가 발생한다. 단, 임무 항공기의 부드러운 움직임 효과를 위해 직전과 직후 기록 정보를 활용한 보간법 (interpolation method)이 적용된다. Mission Area Layer의 경우 Map Layer의 갱신 시점과 같다. 다만, Map Layer와 분리한 이유는 Map Layer가 다른 세 개의 계층 대비 가장 뒤에 배치되어야 하기 때문이다. Tracks Layer의 경우 각 표시될 객체의 위치 및 자세 변경이 있으며, 화면에 표시되는 지도 영역 (in-boundary)에 포함된 객체만을 추출하여 적용한다.

각 계층은 연속적인 처리와 빠른 응답을 위해 계층별 전담하는 스레드에 의해 심벌 이미지가 그려진다. 특히 Tracks Layer는 객체의 회전속도, 이동속도 그리고 지도 영역 내 위치를 고려 후 심벌 표시를 위한 우선순위가 결정되는데, 이에 대한 관리로 별도의 스레드가 더 구성된다.

모든 계층에서 표시영역과 지도의 도시 변화가 없을 때, Tracks Layer용 심벌들의 변경 시점은 그림 3과 같다. 인식 표적 및 기타 다양한 객체를 이미지상에 심벌로 표현하기 위한 동작 흐름을 보여주고 있다. Tracks Layer에 이미지를 그리는 과정에서 각 트랙을 포함한 식별된 물체에 대한 물리적 위치에 대한 화면 내 위치로 변환 및 상태 값에 따른 심벌을 그리는

과정에서 상당한 시간지연이 발생한다. 이에 대한 최종사용자의 응답성에 대한 빠른 서비스를 위해 표시 심벌의 개수에 따른 그림의 갱신 주기를 최소 200 ms에서 1000 ms 사이로 가변한다. 또한, 이미지 생성 및 표시영역 내 심벌의 개수 추출 과정에서 소요된 시간 (timePeriod)을 갱신 주기에 반영 (nInterval_ms - timePeriod)하여 다음 주기의 진입 시점의 오차를 최소화한다.

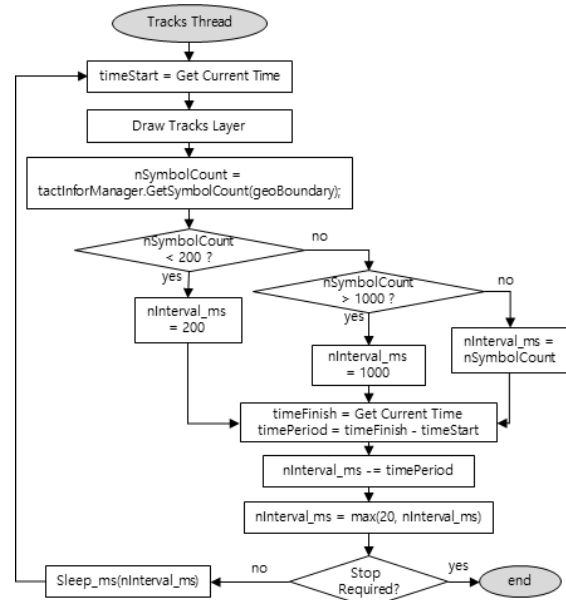


그림 3. Tracks Layer의 이미지 갱신 및 주기
Fig. 3. The Image Drawing Interval of Tracks Layer

본 제안을 적용하기 위해 그림 4와 같이 TSD CSC 내 Layer Manager CSU를 추가하고, 빠른 화면 도시를 위해 기존의 Drawer CSU의 동작을 단순화한다. 기존의 Drawer CSU의 경우 이미지 갱신 요청이 있을 때마다 임무 데이터 기록장치의 저장된 전술 정보에 접근하고, 매 심벌 항목별 처리 (이미지상 표시할 위치를 정의, 심벌 형태를 결정, 심벌의 방향을 결정, 속성값 텍스트 등의 그리기 기능)를 진행한다. 따라서, 이에 따른 반복적인 임무 데이터 기록장치의 접근과 처리 과정에서 많은 시간지연이 발생하고 그에 따른 최종 이미지 생성까지 블로킹 현상이 자주 발생한다.

이 응답시간을 최소화하여 대기시간 (blocking time)을 없애기 위해, 기존 Drawer CSU의 경우 임무 데이터 기록장치의 직접적인 접근보다는 본 제안을 통해 새로 추가되는 Layer Manager CSU에 의해 이미 만들어진 계층들의 결과물을 활용하여 합성 (merge)하는 기능만을 수행하도록 제안한다.

Layer Manager CSU는 내부에 다섯 개의 스레드 (Map Update, Ownship Update, Mission Area, Tracks and Track Prioritize thread)를 구성 및 동작하여 각 스레드는 내부 반복 수행으로 화면에 도시될 시점에 해당하는 임무 데이터 기록장치의 전술 정보에 접근하고 각 스레드가 담당하는 각자의 계층

(Map, Ownship, Mission Area and Tracks layer)을 꾸준히 최신화한다. 표 2는 스레드와 각각 담당하는 이미지 계층을 설명해 주고 있다.

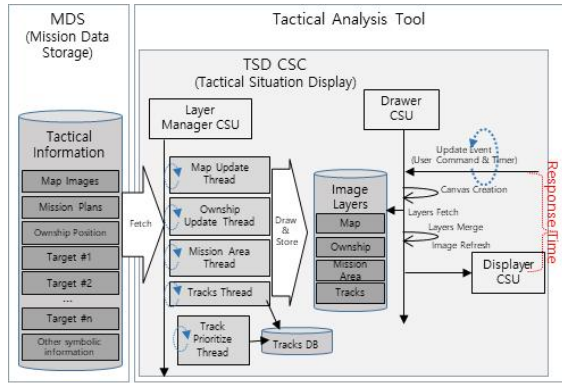


그림 4. 제안구조 적용도
 Fig. 4. The Overview of Proposed Structure

표 2. 스레드 별 담당하는 이미지 계층
 Table 2. Image layer responsible for each thread

| Threads | Responsible Image Layers | Descriptions |
|-----------------------|--------------------------|--|
| Map Update Thread | Map Layer | It draws map images in a window form boundary. |
| Ownship Update Thread | Ownship Layer | It depicts an ownship aircraft symbol with direction. |
| Mission Area Thread | Mission Area Layer | It draws polygonal shapes, lines for guideline of mission plans. |
| Tracks Thread | Tracks Layer | It marks a diversity of symbols with directions which are recognised by Tactical Data Process. |

V. 실험 및 결과

본 연구에서 제안한 기술을 적용하고 실험을 통한 성능을 얻기 위해 표 3의 조건으로 실험을 진행하였다.

표 3. 실험 환경
 Table 3. Experimental Environments

| Items | Values |
|------------------|----------------------|
| CPU | Intel Core i9-10900F |
| RAM | 64GB |
| Graphic Engine | Nvidia 3060Ti |
| Operating System | Windows 10 |
| Dev. Language | C# (.Net 4.7) |
| Symbols Count | 900 ~ 1,350 |
| Duration | 10 minutes |



그림 5. 전술상황표시기의 출력 예
 Fig. 5. The Output example of Tactical Situation Display

실험용 전술 정보는 동해상에 항공기의 임무를 가정하고 P-3C 해상초계기용 시뮬레이터를 활용하여 동해상에서 임무를 수행하는 과정에서 기록된 정보이며, 1100(±200) 개 객체가 탐지된 일부의 구간에서 10분 동안 전술분석도구를 이용하여 동작시켰다.

그림 5는 제안 기술이 적용된 전술분석도구의 운용 과정의 한 예이다. 본 제안은 성능을 개량한 것이기 때문에 기존의 전술 상황표시기와의 화면상에 표현되는 부분에 대해 차이는 존재하지 않는다.

재생 시 전술분석도구의 경우 전술 정보에 대한 매끄러운 움직임을 표현하기 위해 전후 기록된 정보와 재생 위치 간 비율을 얻고 표시되는 임무 항공기에 대해서만 보간법 (interpolation method)을 적용한다. 그러나, 탐지된 객체들의 경우 전술 분석도구의 전반적인 성능 하락을 방지하기 위해 고정된 위치로 도시되어 객체 이동에 대한 이격이 아직 존재한다.

그림 6은 전술 상황표시기에 대하여 본 제안을 적용한 실험 결과와 본래의 실험 결과를 갱신 주기 (refresh interval) 관점에서 비교한 그래프이다. 각 영상 화면의 갱신 주기가 기존의 164 ms 대비 105 ms로 본 제안을 적용한 경우 59 ms 만큼 단축되었다.

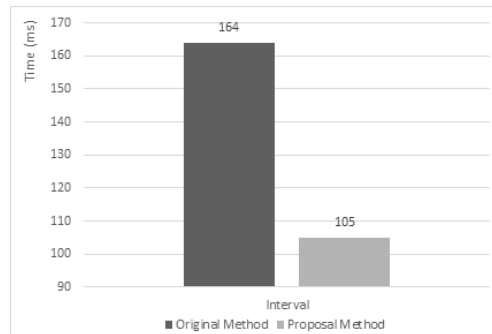


그림 6. 갱신 주기 결과 비교
 Fig. 6. The Results Comparison of Refresh Intervals

설계상 외부 요청 이벤트 (예: 지도이동 등의 표시 기준 변

경, 지도 확대/축소를 통한 표시 영역 변경, 그리고 표시 화면의 크기 변화)가 존재하지 않을 때 매 100 ms 마다 표시 화면의 갱신 작업이 이루어진다.

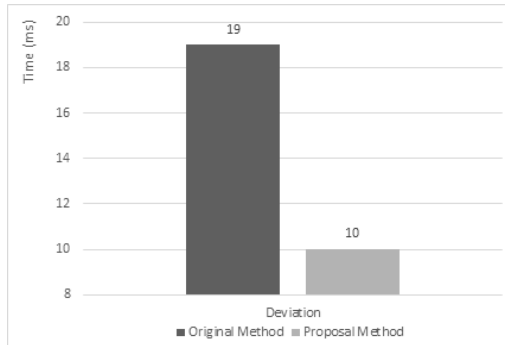


그림 7. 주기 편차 결과 비교
 Fig. 7. The Results Comparison of Intervals Deviation

응답시간 (response time)의 경우 결국 표시 화면용 이미지 생성에 걸리는 시간이며, 이는 곧 다른 작업에 대한 대기시간 (blocking time)과 같다. 결국 이를 위한 시간 단축은 시스템의 성능향상이 된다. 기존 전술 상황표시기의 경우 평균 64 ms의 응답시간이 소모되었으나 본 제안을 통해 이 시간이 5 ms로 크게 단축되었다.

응답시간의 폭이 크면 표시 화면의 갱신 주기에 대한 편차를 증가시키고 결국 출력 영상물의 움직임에 대한 표현을 질적으로 하락시킨다. 따라서, 응답시간 폭을 최소화하여 갱신 주기 오차를 최소화하는 것이 상당히 중요하다.

본 제안은 다중 스프레드를 이용하여 화면 재생 시 필요한 구성 이미지들을 미리 생성한다. 따라서, 그림 7과 같이 기존 방식 (표준 편차: 19 ms) 대비 본 제안 방식 (표준 편차: 10 ms)이 상당히 안정적인 갱신 주기를 가졌다.

VI. 결 론

본 논문에서는 대한민국 해군의 지상 전술지원센터 (TSC; tactical support center)에서 운영하는 전술분석도구를 소개하고 화면 갱신 처리용 소프트웨어 구성 모듈인 전술 상황표시기 (TSD; tactical situation display)에 대한 동작 구조를 분석하였다. 그리고 운영상에 발생하는 결점으로 심벌의 개수 증가에 따른 재생 시 화면 갱신 처리의 고부하로 인해 현저한 성능 저하가 있다는 사실을 분석하여 알아냈고 실험을 통해 성능 (갱신 주기: 164 ms, 표준 편차: 19 ms)을 얻었다.

기본 설계상 100 ms의 갱신 주기를 갖도록 구현되어 있지만, 주어진 실험 환경과 같은 1100(±200) 개의 심벌 표시를 위한 상황에서도 1.64배의 갱신 지연이 발생함을 확인할 수 있었다. 현재 발생하고 있는 갱신 지연을 최소화하기 위해 본 논문에서는 원본 이미지를 만들기 위한 참고용 자료로 네 개의 이미지 계층으로 세분화하고 각 계층을 갱신하기 위한 스프레드를

적용 후 항상 새로운 이미지를 그려내도록 제안하고 이를 구현하였다. 또한, 갱신 지연의 최소화를 위해 출력 심벌의 개수에 따른 스프레드 내 갱신 주기를 동적으로 하였다.

본 제안을 통해 최종적으로 전술 상황표시기에 이미지 갱신 주기가 기존 대비 0.64배 (164 ms : 105 ms)로 단축되었으며, 또한 갱신 주기에 대한 평균 편차도 약 0.52배 (19 ms : 10 ms)로 단축되었다.

최종적으로 빠른 이미지 갱신은 전술 상황표시기 내 영상 재생의 전체적인 시간을 단축할 수 있으며, 주기 (update interval) 간 편차 감소는 지상 조종사의 전술 정보에 대한 영상 분석 효율을 더욱 향상할 수 있을 것으로 기대한다.

후속 사항으로 임무 항공기를 제외한 나머지 출력 심벌물들에 대해서는 정적 자료를 기반으로 표시되고 있다. 따라서, 재생 시 매끄러운 이동표현에 문제점을 갖고 있다. 이는 너무 많은 출력 객체의 보간법 적용 시 전술 상황표시기가 더더욱 느려지는 현상으로 인해 배제 대상으로 설계가 되었기 때문이다. 이에 대한 해결도 본 제안을 확장 적용하여 추후 해결해 보고자 한다.

References

- [1] B. K. Kim, and J. H. Kim, "Enhanced Tactical Situation Display for Tactical Stations of P-3C Maritime Patrol Aircraft," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 451-457, Dec. 2020.
- [2] J. B. Lee, "A Study on the Upset Prevention & Recovery Training Method for Navy Fixed Wing Pilots Using P-3 Simulator," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 3, pp. 293-299, Jun. 2023.
- [3] Y. J. Kim, H. G. Kim, C. Y. Kim, J. J. Chang, and M. Y. Lee, "Fatigue Analysis to Determine the Repair Limit for the Damaged Fastener Hole of Aging Aircraft(P-3CK)," *The Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.41, No.12, pp. 959-966, Dec. 2013.
- [4] H. C. Choi, Y. H. Cha, J. S. Bae, M. S. Kim, J. H. Kim, and G. N. Gil, "Design Scheme for Distributed Underwater Acoustic System for the MUM-T Operation of Korean Maritime Patrol Aircraft," in *Proceeding of the 2023 Spring Conference on The Korean Society for Aeronautical & Spaces*, pp. 1330-1331, Mar. 2023.
- [5] S. H. Lee, and M. S. Kim, "A Case Study on the Troubleshooting for DF-430 Direction Finder System in terms of Avionics System," in *Proceeding of the 2019 Autumn Conference on The Korean Society for Aeronautical & Spaces*, pp. 1322-1323, Nov. 2019.
- [6] J. E. Hwang, S. H. Jung, and K. Lee, "A Study On the Multi-tactical Data Link Data Management," *The Journal of*

- The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 457-464, Jun. 2020.
- [7] Y. M. Park, and S. C. Shin, "Simulation System Design and Development for Analysis of the Search Strategy for Underwater Targets," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 13, No. 12, pp. 2753-2758, Dec. 2009.
- [8] P. Franti, E. Ageenko, P. Kopylov, S. Grohn and F. Berger, "Map image compression for real-time applications," in *Proceeding of Joint Int. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications (Geomatics 2002)*, Ottawa, Canada, Jul. 2002.
- [9] T. Y. Gong, S. G. Oh, K. S. Kim, "A Study of Gigabit Ethernet Switch Application for the Avionics of Next Generation Military Fighter," in *Proceeding of the 2016 Spring Conference on The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, pp. 792-795, Apr. 2016.
- [10] K. P. Kim, K. H. Ahn, Y. S. Kwon, S. J. Yun, and S. H. Lee, "Analysis and Implementation of High Speed Data Processing Technology using Multi-Message Chain and Double Buffering Method with MIL-STD-1553B," *The Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 16, No. 4, pp. 422-429, Jan. 2013.
- [11] G. Y. Hong, D. M. Ahn, and S. B. Hong, "The Development of MFD with CDTI Using the MIL-STD-1553B Data Bus," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 14, No. 3, pp. 313-320, Jun. 2010.
- [12] B. K. Kim, and Y. H. Cha, "The Proposal Method of ARINC-429 Linkage for Efficient Operation of Tactical Stations in P-3C Maritime Patrol Aircraft," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 2, pp. 167-172, Apr. 2023.



김 병 국 (Byoung-Kug Kim)

약력

2004년 : 고려대학교 통신시스템기술협동 (공학석사)
 2011년 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
 2011년 ~ 2013년 : 동양미래대학 소프트웨어정보과 조교수
 2013년 ~ 2021년 : 대한항공 항공기술연구원 시스템개발팀 과장
 2021년 ~ 현재 : 인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과 조교수

※관심분야 : AIoT, 항공전자, 네트워크 미들웨어, 클라우드컴퓨팅



차 용 훈 (Yong-Hoon Cha)

약력

2005년 : 광운대학교 컴퓨터공학부 소프트웨어전공(공학사)
 2007년 ~ 2010년 : 해군 6전단 전술지원소 체계관리 과장
 2010년 ~ 2012년 : 한국항공우주산업 훈련체계팀
 2013년 ~ 현재 : 대한항공 항공기술연구원 미래기술개발팀 과장

※관심분야 : AI, 항공전자, 운영체제, 임베디드시스템



홍 성 화 (Sung-Hwa Hong)

약력

2002년 8월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2008년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 동양미래대학교 소프트웨어정보학과 교수
 2011년 8월 ~ 현재 : 목포해양대학교 해양정보통신공학과 정교수

※관심분야 : USN, 홈네트워크, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 계측제어



이재호(Jaeho Lee)

약력

2005년 : 고려대학교 전자 컴퓨터공학과 석사
 2008년 ~ 2013년 : 고려대학교 전기전자전파공학과 박사
 2013년 ~ 2015년 : LG전자 차세대표준연구소 선임연구원
 2015년 ~ 2019년 : 서원대학교 정보통신공학과 조교수
 2020년 ~ 현재 : 덕성여자대학교 소프트웨어전공 조교수

※관심분야 : WPAN, MAC, Bluetooth, Wi-Fi, Localization, NLP, Machine Learning.