

P-3C 해상초계기 전술 컴퓨터의 전술정보 화면 표시 성능 개선

Enhanced Tactical Situation Display for Tactical Stations of P-3C Maritime Patrol Aircraft

김 병 국* · 김 재 형

대한항공 항공기술연구원

Byoung-Kug Kim* · Jae-Hyoung Kim

Koreanair, R&D Center, Daejeon 34054, Korea

[요 약]

대한민국 해군에서 운영 중인 P-3C 해상초계기는 전술표적의 탐색 및 모니터링을 위한 다양한 센서들을 탑재하고 있다. 항공기내 클러스터링 네트워크로 구성된 전술컴퓨터 (tactical station)들은 센서들을 통해 주변 환경을 꾸준히 관찰하고 탐지된 물체들에 대하여 일부를 표적(target)들로 등록하고 관리한다. 이 표적들은 탑승한 임무 조작사들의 전술정보화면 (TSD; tactical situation display)을 통해 각 임무의 특성에 맞게 도시된다. 한반도의 지리적 특성을 고려하면 인접한 주변국들로 인한 해상/상공의 수많은 선박과 비행기들이 감지되고 있다. 이들은 초계기의 임무수행동안 표적들로 관리되어 꾸준히 모니터링된다. 센서의 증가와 성능향상에 따른 더 많은 정보가 수집되고 이에 따른 TSD의 화면 갱신을 위한 처리방식을 개선할 필요가 있었으며, 본 논문에서는 이를 위해 전술정보 백업 및 재활용기법을 제안하고 이를 구현하고 분석하여 성능을 입증한다.

[Abstract]

Diverse sensors are equipped on P-3C Maritime Patrol Aircraft for RoKN to detect and monitor tactical targets. Tactical targets are maintained/shared by tactical computer stations which consist of a clustering network in the aircraft and displayed in various ways on TSDs(Tactical Situation Displays) for mission operators to perform their specified missions. Korea peninsula is widely covered with the sea areas and neighbored with several countries; which makes huge number of ships and aircraft deployment around the place. Due to an increase in number of sensors and enhancement of their sensitivities; we were aware of the necessity of TSD improvements to provide huge number of tactical targets and to display them efficiently. In this paper, we propose a solution for the improvements by using previous backup data and re-usage of the data, then we verify the proposal through implementation and evaluation results.

Key word : P-3C, Maritime patrol aircraft, TSD, Tactical station, Mission computer.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.6.451>



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 23 November 2020; Revised 11 December 2020

Accepted (Publication) 14 December 2020 (30 December 2020)

*Corresponding Author; Byoung-Kug Kim

Tel: +82-42-868-6280

E-mail: byoungkugkim@koreanair.com

I. 서론

지난 2013년을 시작으로 P-3C 해상초계기에 대한 성능개량이 이루어졌으며 2018년 후반까지 총 8대의 성능개량된 항공기가 해군에 최종 인도되었다. 그리고 이후 유지보수를 진행하고 있다[1].

최종적으로 납품된 대한민국 해군에서 운영 중인 P-3C 해상초계기는 전술 표적의 탐색 및 모니터링을 위한 다양한 센서, 통신시스템, 항법 장비, 무장 등 다종의 항공전자장비들을 탑재하고 있다.

감시와 정찰을 위해 항공기에 탑재된 센서들로 레이더 (radar), 전자광학 및 적외선 시스템 (EO/IR; electro optical/infra-red detection system), ESM (electronic support measure, 전자 지원 장비), AIS (automatic identification system, 자동 식별 시스템), MAD (magnetic anomaly detection, 자기 변화 탐지기), 방향탐지기(direction finder)[2], 수중 음향센서 (acoustic system) 그리고 음탐부표(sonobuoy) 등이 있다. 그리고 지상 또는 항공기간 통신을 위한 Link-11, WBDL (wideband data-link), HF (high frequency), VHF (very high frequency) 시스템 등이 탑재되어 있다. 그 외 비행 계기 (EFIS; electronic flight instrument system), 항법 장비 (EGI; embedded global positioning system(GPS) / inertial navigation system(INS)), 비행 관리 체계 (FMS; flight management system, AFCS; automatic flight control system), 적아 식별 장치 (IFF; identify friend of foe), 기압고도계, 충돌 방지시스템 (TACAN; tactical air navigation system, TCAS; traffic collision avoidance system), 생존장비 및 다양한 무장시스템 등의 항공전자시스템 (avionics system)들을 탑재하고 있다[3].

항공기 내 탑재된 전술컴퓨터 (tactical computer stations 또는 tactical stations)는 센서 또는 통신시스템을 통해 수집한 탐지정보와 임무 조작사 (mission operator)들의 명령을 처리한다. 또한, 암호화를 지원하는 각종 통신장비를 이용하여 다른 아군 항공기 또는 지상체 (ground control system)와 전술정보를 교신하여 광범위한 영역에서 효율적인 임무수행이 가능토록 한다.

항공기에서 운영되는 전술컴퓨터는 클러스터링 네트워크를 기반한 다수로 구성된다. 전술컴퓨터에서 동작하는 전술데이터처리 프로세스는 같은 네트워크에 있는 다양한 센서들과 정보를 주고받는다. 성능개량된 항공기에 탑재된 센서들로부터 수집된 탐지정보는 형태, 특성 또는 움직임 패턴 등의 분석을 통해 일부는 표적으로 관리된다.

표적들은 임무 조작사들의 콘솔화면에 심벌 형태로 도시되고, 화면에 심벌도시를 위한 기능 처리는 전술데이터처리 소프트웨어에서 TSD(tactical situation display, 전술정보화면) CSC (computer software component)가 수행한다. 그리고 도시되는 형태는 임무 조작사의 임무에 맞도록 표현된다. 예를 들어 음향 분석 조작사들을 위한 표시로 음향신호와 함께 해저지형이 함께 도시되고, 전과 관련 임무 조작사에게는 주파수, 신호 크기

(RSSI; received signal strength indicator) 및 관련 신호의 방향 및 교차영역 (cross section) 등이 함께 표시된다.

한반도의 지리적 특성을 고려하면 인접한 주변국들로 인해 해상/상공에 수많은 선박과 비행기들이 탐색 되고 있다. 이들은 해상초계기의 임무수행 동안 표적들로 관리되어 꾸준히 모니터링된다. 성능개량사업을 통해 추가된 고성능의 센서들로 인해 기존대비 더 많은 탐지정보가 수집되었다. 탐지정보를 통해 생성된 표적들은 TSD에 의해 표시가 되는데, 직전 대비 더 많은 표적으로 인해 결과적으로 화면 갱신의 지연요소가 되었다. 다량의 표적 정보를 도시하기 위한 전술컴퓨터 내 TSD 처리부의 성능개선이 필요했다. 최종적으로 관련 해결책을 적용하여 성공적인 항공기 납품이 완료되었으며, 본 논문에서는 이를 위한 해결방법을 소개하고 성능을 입증한다.

본 논문에서는 II에 전술컴퓨터에서 운영되는 전술데이터처리 소프트웨어를 먼저 소개하고 기존 TSD CSC에 존재한 문제점을 분석하고 설명한다. III은 도출된 문제를 해결하기 위해 구현한 기술을 소개한다. 그 후 IV에서는 적용기술의 성능을 측정하고 성능을 비교한다. 마지막으로 V에서는 본 구현의 우수성을 입증하고 결론을 맺는다.

II. 전술데이터처리 시스템

2-1 전술데이터처리 S/W

항공기 내 탑재된 센서들과 전술컴퓨터들은 이더넷 기반의 이중구조(redundancy architecture)를 갖는 하나의 네트워크[4]를 구성한다. 그림 1은 P-3C 해상초계기 내 전술컴퓨터의 네트워크 구성도를 보여준다. 이더넷을 지원하지 않는 일부 센서들 (예: MAD 센서는 1553B[5], AIS 수신기는 RS-422 등)은 별도의 추가적인 변환기(예: tactical data converters)를 통해 최종적으로 동일 네트워크로 연결된다. 센서로부터 수집된 탐지정보는 모든 전술컴퓨터에서 동작하는 전술데이터처리 소프트웨어에 의해 처리된다.

전술컴퓨터들은 항공기에 탑승한 임무 조작사들의 임무에 맞도록 입/출력을 위한 인터페이스가 차별화되어있다.

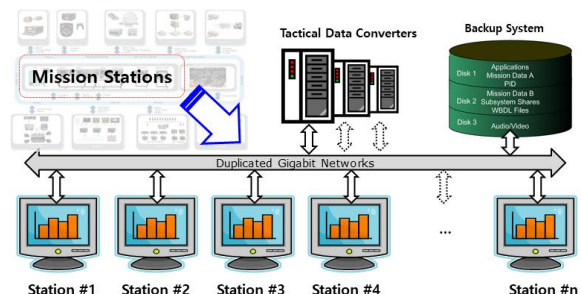


그림 1. 전술컴퓨터들의 네트워크 구성
Fig. 1. Network structure for tactical stations.

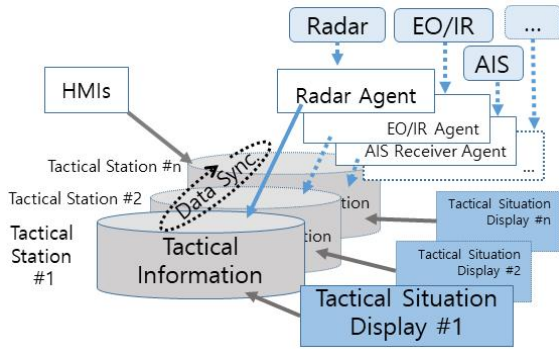


그림 2. 전술데이터처리 소프트웨어 구조 및 데이터흐름
 Fig. 2. The structure and data flows of tactical data process SW.

예를 들어 영상분석을 수행하는 조작사의 콘솔(console)에는 UHCU(universal hand control unit)라는 입력 장치가 존재하고, 무장기능을 수행하는 조작사의 콘솔에는 무장 및 음탐부표 발사 등의 기능을 위한 전용 스위치 패널(panel)들이 있다. 그 외 공통으로 전술컴퓨터와 조작사 간 인터페이스를 위한 키보드와 트랙볼(track-ball)형태의 입력장치들도 모든 조작사의 콘솔에 배치되어 있다.

그림 2는 전술 정보를 표시하기 위한 전술데이터처리 소프트웨어의 구조를 보여준다. 그림에서 agent들 (radar, EO/IR, AIS receiver 등)은 이더넷 기반의 네트워크로 연결된 각 할당된 센서들로부터 탐지정보를 수집, 센서의 상태 모니터링 또는 센서의 동작 제어를 수행한다. 예를 들어 그림과 같이 radar agent CSC는 레이더 센서와 통신하며 제어를 통한 탐지정보를 수집한다. HMI (human machine interface) CSC는 사용자의 명령을 처리한다.

센서들로부터 수집된 탐지정보는 전술데이터처리 소프트웨어에 의해 표적정보 또는 각종 다양한 형태의 전술정보로 만들어진다. 표적들은 임무 조작사들에 의해 수동으로 등록될 수도 있다. 그리고 이 정보들은 데이터베이스화(예: 그림 2의 tactical information)되어 클러스터링 네트워크를 통해 연결된 모든 전술컴퓨터 간 공유되고 동기화된다. 그리고 임무 수행 중 수집된 모든 전술정보들은 지상체 등지에서 추후 분석 또는 예외 발생시 응급 복구 등을 위해 동일 네트워크에 별도로 구성된 저장장치(그림1의 backup system)에 기록된다.

표적 및 각종 다양한 전술정보는 임무 수행 동안 조작사들의 임무에 맞는 형태로 TSD에 도시된다. 그림 3은 임무 조작사의 콘솔 화면에서 표시되고 있는 전술정보처리 소프트웨어의 동작을 하나의 예로 보여준다. 그림에서 지도와 표적 심벌이 함께 도시되고 있는 GUI들이 본 논문을 통해 소개되고 있는 TSD에 해당된다.

2-2 문제 분석

센서로 부터 수집된 탐지정보는 전술정보처리 소프트웨어

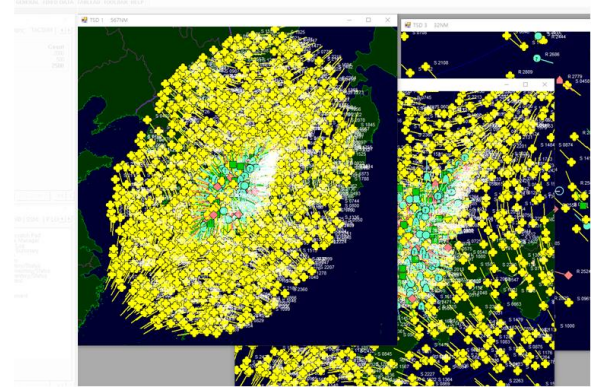


그림 3. 전술데이터처리 SW의 TSD 예
 Fig. 3. A TSD example in tactical data process.

에 의해 전술정보로 관리되고 일부는 표적정보로 등록된다. 전술데이터처리 소프트웨어는 센서들로부터 탐지정보를 얻기 위해 agent CSC들을 운영한다. 이 agent들은 데이터 처리에 따른 임무컴퓨터의 부하발생 줄이기 위하여 전술컴퓨터(또는 노드)별로 분산화되어 load balancing을 지원한다. Agent들이 임의의 노드에서 동작되는 구조로 개발되었기에 이들은 일반적으로 TCP 클라이언트의 속성을 갖는다. 그리고, 표적정보를 포함한 수집된 모든 전술정보는 전술컴퓨터 각각의 보관소(cache)에 분포 및 기록되고 동기화된다.

이 보관소(예: 그림 2의 tactical Information)는 접근 시 데이터의 안정성을 보장하기 위해 임계영역(critical section)으로 관리되어 뮤텍스(mutex), 세마포어(semaphore), 락/언락(lock / unlock) 등의 기법이 이용된다.

TSD는 전술정보에 대한 화면표시를 위해 보관소 접근 시 락/언락 기법을 이용한다. 일반적으로 화면에 표시할 심벌의 개수가 많아질수록 관련 정보에 대한 최종 접근 시간이 길어진다. 아울러 고성능의 센서로부터 얻은 다량의 탐지정보에 대한 잦은 갱신처리로 인해 보관소 접근 대기(blocking)가 현저히 길어져 더 많은 지연이 발생하게 되었고, 이 문제를 해결하기 위한 방안이 필요했다[6].

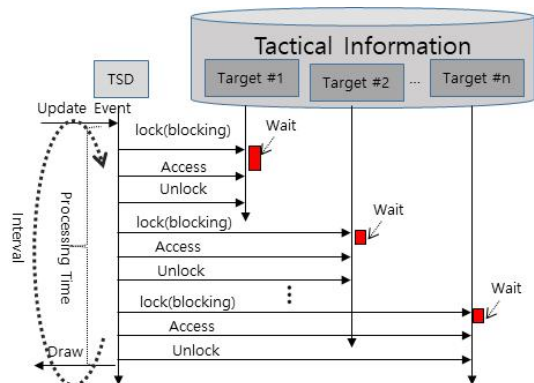


그림 4. 기존 TSD에 대한 화면 갱신 로직
 Fig. 4. Traditional logic for redrawing symbols in TSD.

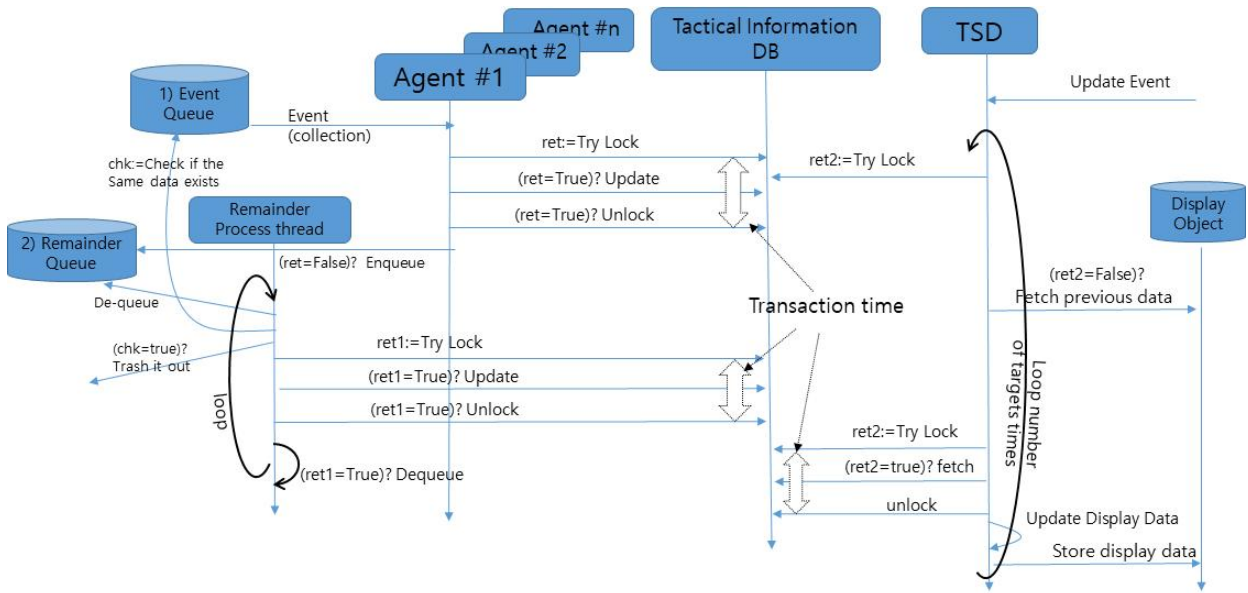


그림 5. TSD 성능향상을 위해 제안된 설계
 Fig. 5. Proposed design for improvement TSD.

TSD는 화면 확대/축소, 지도이동, 표적제어 등의 임무 조작사의 특별한 조작이 없을 경우 타이머 이벤트를 통한 콜백 방식 (callback event)으로 모두 같은 시간 간격 (최대 250 ms)으로 화면을 갱신한다. 그리고 임무 조작사는 그림 3과 같이 전술컴퓨터에서 다수의 TSD를 활성화할 수 있다. 즉, 전술정보 보관소는 TSD로 인해 최소 4 Hz의 접근, 센서별 agent에 의한 임의의 접근 그리고 동기화 주기에 따른 접근이 있다.

그림 4는 항공기 성능개량 이전의 기존 TSD 동작을 시퀀스 다이어그램 (sequence diagram)으로 보여주고 있다. 이 TSD는 각 전술정보의 접근 시점(entry time)에 보관소를 잠그는(lock) 기능 수행 절차로 인해 대기(blocking) 상태에 진입하는 경우가 자주 발생하고, 표시될 심벌이 많아질수록 대기시간은 현저히 증가하였다.

더불어 실제 운영환경에서는 탑재된 다양한 센서에 의해 불과 몇 초 이내 수천 개의 표적정보가 생성 또는 갱신된다. 매 갱신 시 모든 전술컴퓨터들의 보관소의 데이터들은 동기화된다. 이는 네트워크와 전술컴퓨터의 성능 과부하를 발생시키는 또 다른 문제 요인이기도 했다. 그러나, 본 논문에서는 화면 갱신에 관련한 문제 해결만을 다룬다.

III. 제안 기술

TSD에서 전술 정보 접근과정 중 발생하는 대기 현상은 조작사의 적절한 초기대응 및 실시간성 서비스를 저해한다. 따라서 전술 정보에 대한 접근 시 수행되는 대기 현상을 제거하기 위해 기존의 접근 방식을 개선하였다.

그림 5는 이를 위해 새롭게 적용된 TSD의 동작 구조를 보여

준다. 수행 로직에 대하여 기존대비 많은 복잡함이 존재하지만 대기 현상에 대한 우회 기법을 활용하기 때문에 결과적으로 더 좋은 성능(10~15% 향상)을 제공한다.

전술정보 (tactical information DB) 접근 시 대기현상을 유발하는 락(잠금) 기능 수행(lock()) 함수 호출 전에 먼저 해당 정보의 잠금 상태를 확인한다. 해당 정보가 다른 CSC에 의해 선점 상태이면, 관련 심벌은 직전 표시 때 사용되었던 이전의 심벌 정보(그림의 display object DB로부터 추출)를 표시대상으로 활용한다. 점유가 가능하면 기존방식과 동일하게 접근하여 표시될 심벌 정보를 갱신한다. 갱신된 심벌 정보는 다음 표시 프레임(frame)을 위해 display object DB에 기록된다. 이 display object DB는 TSD에서 전용으로 사용되는 로컬데이터 영역에 존재한다.

센서로부터 정보를 수집하는 각 agent 또한 같은 방식으로 전술 정보 (tactical information) DB의 선점상태를 파악 후 처리하도록 접근 방식을 변경하였다. 이 경우 갱신되어야 할 정보가 선점상태이면, 별도의 갱신작업을 수행하는 스레드(thread)에 해당 업무를 인계하고, 해당 스레드는 주기적으로 점유상태를 확인하여 꾸준한 갱신 시도를 수행하도록 하였다. 스레드의 업무 중 agent내 동일한 탐색물이 발생되면 스레드에 존재하는 해당 정보는 상대적으로 과거의 정보이기 때문에 갱신대상에서 제외된다.

IV. 실험 및 결과

4-1 환경

제안 기술에 대한 성능을 측정하기 위해 본 시험에서는 표 1과 같은 전술컴퓨터의 환경에서 전술데이터처리 SW를 구동하였다. 그리고 외적인 이벤트의 최소화와 최상의 운영상태에서 TSD의 화면 갱신 성능을 측정하기 위해 최대한 분산처리는 배제하고 하나의 전술컴퓨터에서 모든 agent들이 동작할 수 있도록 운영환경을 구성시켰다.

본 시험을 위한 센서들의 기능은 전술데이터처리 S/W 개발을 위해 지상에서 모든 시험/검증을 위해 사용되었던 시뮬레이터를 활용했으며, 두 종의 TSD (기존 vs. 신규)를 동일한 환경에서 운영하고 그에 따른 각각의 성능을 측정하기 위해 표2와 같은 시나리오를 작성 후 운영하였다. 탐색 표적의 종류로 레이더 센서와 AIS 수신기를 활용하였다.

모든 시나리오에 대하여 레이더 표적의 경우 실제 센서의 성능을 고려하여 500개로 고정하였다. 그러나 상황별 차이를 확인하기 위해 AIS 표적의 경우 500에서 2000개의 표적으로 시나리오별 변화를 주었다. 그리고 센서를 통해 전술데이터처리 프로세스에 전달되는 주기(표의 intervals)는 0.5초에서 3초로 했으며, 주기마다 지정된 표적의 개수만큼 탐색 정보를 전술데이터처리 프로세스에 전달한다. 마지막으로 시험요소로 프로세스 내 TSD의 개수 또한 한 개 또는 두 개를 활성화하여 성능을 측정하였다.

4-2 결과

TSD의 화면 갱신시간 (display update duration)은 요청이벤트(그림 4와 그림 5의 update event) 발생을 시작으로 도시 완료(drawing)까지의 소요시간(단위: ms)으로 정의하였다. 이를 기준으로 시나리오별 시험을 진행하였을 때 그림 6과 같은 결과 그래프를 얻을 수 있었다.

표 1. 전술 컴퓨터 사양

Table 1. Tactical station specification.

Item	Specification
CPU	Intel I5-7600
RAM	8GB
Ethernet	1Gigabit Ethernet x 2
OS	Windows 10

표 2. 시험 시나리오

Table 2. Test scenarios.

Scenarios	Radar Targets	AIS Targets	Intervals	TSDs
S1	500	2000	3	1
S2	500	2000	3	2
S3	500	1000	1	1
S4	500	500	0.5	1

그래프에서 보여준 바와 같이 시험한 모든 시나리오에 대하여 제안한 방식의 경우 심벌 표시를 위한 처리가 수행되는 기능에 대하여 모두 더 적은 시간이 소요되었음을 확인할 수 있다. 기존 TSD의 측정된 값을 기준으로 절약된 시간에 대한 수치적 비율 값은 표 3에 정리하였다.

심벌 표시에 소요시간이 줄어든다는 것은 그만큼 더 빠른 출력이 된다는 것을 의미하고, 결과적으로 조작사의 초기대응 및 프로세스의 처리에 대한 적시성이 더 향상될 수 있다. 또한, 화면 갱신에 사용되는 타이머의 경우 폼타이머 (windows form timer) 라이브러리를 기반으로 동작한다. 따라서 화면 갱신의 모든 작업이 완료되면, 이 시간을 기준으로 다음번의 타이머 이벤트에 의한 콜백이 다시 수행되기 때문에, 전체적인 화면갱신 속도(FPS; frame per second)는 떨어진다.

반면, 화면 갱신에 걸리는 시간이 평균 10% 이상 줄었지만, 각 화면 갱신에 걸리는 평균시간 대비 편차는 그림 7과 같이 확인되었다.

시나리오 S1과 S2의 센서 정보의 입력주기가 긴 경우 기존 TSD 대비 편차가 상당히 적었다. 이는 상대적으로 낮은 주기성의 전술 정보 갱신에 따른 TSD의 상대적 진입기회가 더 높기

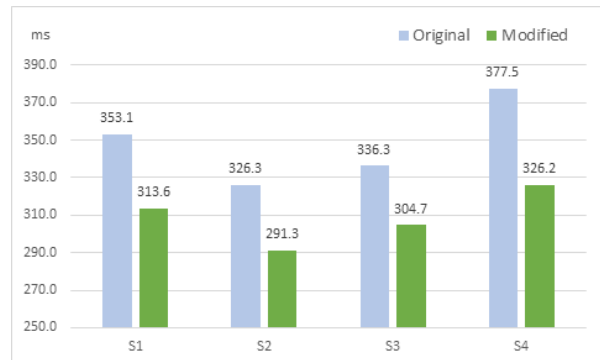


그림 6. TSD의 시나리오별 처리소요 시간

Fig. 6. The duration for processing time of TSDs depending on the scenarios.



그림 7. 갱신소요시간 편차

Fig. 7. The standard time deviations for drawing symbols in TSDs.

표 3. 개선된 TSD의 성능 증가율
Table 3. Improvement ratio for TSDs.

Scenarios	Ratios
S1	1.126
S2	1.120
S3	1.104
S4	1.157

때문으로 분석된다. 반면, 시나리오 S3와 S4의 경우 입력주기가 1초 또는 그 미만(0.5초)일 때 TSD에서 선점상태에 대한 모니터링 및 관련 처리로 인한 부가작업 기회가 많아졌기 때문에 기존 TSD 대비 편차가 더 높았다. 참고로 편차가 낮을수록 화면 갱신을 위한 시간 간격은 더 균일하다.

4-3 분석

기존 TSD에서 화면 갱신을 위한 전술 정보 접근횟수(S)는 연동된 각 센서에서의 탐지 횟수($f(i)$), TSD 개수(m) 및 표시영역 내 표시될 심벌들의 개수($f(d)$), 임무 조작사들의 명령($f(o)$) 횟수 마지막으로 클러스터 네트워크 내 동기화된 임무 컴퓨터의 개수(k)에 크게 영향을 받는 것으로 확인이 되었으며 이 요소들을 통해 수식(1)과 같이 표현될 수 있다.

$$S = k \cdot \left(\sum_{i=0}^n f(i) + m \times f(d) \right) + f(o) \quad (1)$$

그러나 본 구현의 경우 접근빈도는 선점 상태파악 및 백업정보 처리에 따른 잔류데이터 처리에 더 많은 접근빈도가 소요된다.

결과적으로 더 많은 자원(프로세스, 메모리 등)을 더 많이 소모한다. 반면, 전술 정보를 갱신 또는 표시하는 과정에서 기존에 발생되었던 대기현상이 해결되었고 오히려 임무 조작사들의 전술임무를 더 효과적으로 수행하기 위해 가장 중요시되는 실시간성이 보장된다는 점에서 장점이 있다. 그러나 이 편차 범위의 수치는 나노초(예: 시나리오 S4의 경우 2.1×10^{-7}) 단위의 값을 갖기 때문에 육안으로 인지하기 힘들다.

V. 결론

본 논문에서는 P-3C 해상초계기에서 사용되는 전술 컴퓨터와 탑재 센서 그리고 이들의 연결 관계를 소개했다. 그 외, 탑재된 항법 장비, 통신장비들에 대해서도 일부 다루었다. 전술 컴퓨터에서 동작하는 전술 데이터 처리 소프트웨어 및 임무 조작사들을 위한 특화된 서비스로 HMI (human machine interface)가 구분된다는 것도 본 논문을 통해 소개했으며, 전술 데이터

처리 소프트웨어 (CSCI) 내 TSD (tactical situation display, 전술 정보화면) CSC에 대한 문제점도 함께 분석하였다.

기존 시스템에서 문제가 되었던 TSD내 화면 출력 및 갱신 기능이 수행될 때마다 발생하는 대기 현상의 원인을 파악 후, 해결을 위한 방식과 본 구현을 통해 최종적으로 개선되었다는 것을 시험 결과를 통해 확인하였다. 결국, 이로 인해 기존대비 더 높은 실시간성이 보장돼 임무 조작사는 더 높은 품질의 임무 수행이 가능한 환경을 구축할 수 있게 되었다.

본 제안이 적용된 TSD는 화면갱신을 수행할 때 보관소내 이미 점유된 전술 정보들에 대하여 임시백업 데이터 (예: 그림5의 fetch previous data 부분)를 재활용하는 기법을 사용하기 때문에 실시간적인 반영 때 일부 심벌에 대한 누락상황이 발생될 수 있다. 그러나 4Hz의 갱신 주기를 안정적으로 유지할 수 있었고 이로 인해 임무 조작사의 즉각적인 대응과 이에 따른 더 효율적인 임무 수행이 가능해졌다. 또한, 누락된 일부 표적들은 일정 기간 내 (평균: 500 ms 미만) 재반영되었으며 육안상 큰 변화가 감지되지 않았다.

그 외, 본 기술이 적용된 전술데이터처리 소프트웨어는 각종 시험(공정수락시험, 국방기술품질원[7] 평가시험, 인수평가시험, 그 외 RoKN의 전력화 평가 포함) 동안 충분히 검증되었으며 최종적으로 해군에 성공적으로 인도되어 운영되고 있다.

References

- [1] Y. P. Lee, G. N. Gil and J. S. Park, "The case study of the acceptance test for aircraft upgrade program," in *Proceeding of the 2018 Spring Conference on The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Goseong-gun: Korea, pp. 472-473, Apr. 2018.
- [2] 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 Fall Conference on The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Jeju: Korea, pp. 1322-1323, Nov. 2019.
- [3] B. K Kim, J. H. Kim et al., "The performance analysis of tactical information management system based on DDS for maritime patrol aircraft", in *Proceeding of the 2017 Fall Conference on the Society for Aerospace System Engineering*, Vol. 2017, No. 1, Busan: Korea, pp. 466-467, Nov. 2017.
- [4] T. Y. Gong, S. G. Oh, and 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*, Goseong-gun: Korea, pp. 792-795, Apr. 2016.
- [5] 1553B: MIL-STD-1553B Notice 2, United States of America

Department of Defense, 1975.

- [6] B. K. Kim, "The method for tactical information display improvement of P-3C maritime patrol aircraft," in *Proceeding of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 24, No. 1, Gyeongju: Korea, pp.87-89, July 2020.
- [7] Defense Agency for Technology and Quality [Internet]. Available: <http://dtaq.re.kr>.



김 병 국 (Byoung-Kug Kim)

2011년 8월 : 고려대 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
2011년 9월 ~ 2013년 8월 : 동양미래대학 소프트웨어정보과 전임강사
2013년 8월 ~ 현재 : 대한항공 항공기술연구원 시스템개발팀 과장
※관심분야 : 센서네트워크, 유비쿼터스컴퓨팅, 임베디드시스템, 운영체제, 네트워크 미들웨어



김 재 형 (Jae-Hyoung Kim)

2009년 2월 : 충남대학교 전자공학과 공학박사
1997년 ~ 현재 : 대한항공 항공기술연구원 시스템개발팀 항공전자 섹션장
※관심분야 : 비행분석, 항공전자, 통신 및 네트워크, 항법통합시스템, 비행제어