

방공작전 예비체계의 QoS 지원

QoS Support in the Air Defense Alternative System

심 동 섭* 이 영 란** 김 기 형***
 Dong-Sub Sim Young-Ran Lee Ki-Hyung Kim

Abstract

ADAS is the air defense control system performing air surveillance and identification of ROK and near air. This system is self-developed by Air Force, currently operated successfully as the alternative system of MCRC. ADAS processes converting and combining transferred the real time radar data detected by radars. additionally, it displays significant radar data as producing in tracks. Then, it uses the message queue for IPC(Inter Process Communication). the various tactical data processed in the server is ultimately send to the network management process through the message queue for transmitting to the weapon director console. the weapon director receives this transmitted tactical data through the console to execute air defense operations. However, there is a problem that data packet is delayed or lost since the weapon Director does not receive as the amount of tactical data from the server overflowed with air tracks and missions increased. This paper improved the algorism to display and transmit the various tactical data processed from ADAS server to numbers of the weapon director console in the real time without any delay or lost. Improved the algorism, established at exercise, the development server in the real operation network and the weapon director console, is proved by comparing the number of sending tactical data packets in the server and receiving packets in the weapon director.

Keywords : Air Defense Alternative System(ADAS, 방공작전 예비체계), Master Control and Reporting Center(MCRC, 자동화 방공통제체계), Inter Process Communication(IPC, 프로세스간 통신), Network Centric Warfare (NCW, 네트워크 중심전), Quality of Service(QoS, 서비스 품질)

† 2010년 5월 10일 접수~2010년 7월 28일 게재승인
 * 공군 공지합동작전학교(Air Ground Operation School of ROKAF)
 ** 공군 작전정보통신단(Operation Information and Communications Wing of ROKAF)
 *** 아주대학교(Ajou University)
 책임저자 : 심동섭(sim319@hanmail.net)

1. 서론

공군은 자동화 방공통제체계(MCRC : Master Control and Reporting Center)를 보유하고 있으며 NCW^[1] (Network Centric Warfare : 네트워크 중심전) 환경 하 미래전 양상에 대비하여 성능 개량을 추진하고 있다. 방공작전 예비체계(ADAS : Air Defense Alternative

System)는 MCRC 성능 개량 사업 기간 중 공중감시 및 식별, 제한된 무기운영 등의 방공작전 예비기능을 수행하기 위해 공군에서 자체 개발한 체계이다.

한반도 및 인근 상공의 공중감시 및 식별 등의 기능을 수행하기 위해 ADAS는 다수의 레이더에서 탐지하여 실시간 전송된 레이더 자료들을 변환 및 통합 처리하고, 의미 있는 레이더 자료에 대해서는 항적(Track)으로 생성하여 항적 추적(Tracking) 알고리즘에 의해 현재 시각의 위치로 예측 전시한다. 항적과 연관된 레이더 자료에는 위치 정보 외에 식별 정보가 포함되어 있어 항적의 적아(赤鴉), 임무 등의 식별을 가능케 하고 작전 요원은 제공된 레이더 자료, 항적 자료 및 각종 전송데이터를 가지고 다양한 작전 행위입력(AE : Action Entry)을 통해 탐지, 식별, 요격 등의 방공작전 임무를 수행하게 된다.

이와 같은 방공작전을 수행하기 위해 ADAS 서버는 다양한 전송데이터들을 다수의 관제사 콘솔로 손실 없이 실시간 처리하여 제공하여야 한다. 만약 탐지된 레이더 자료가 관제사 콘솔로 전송에 실패하여 항적에 대한 적시 포착 및 식별, 전송조치가 이루어지지 않을 경우 방공작전 임무에 막대한 지장을 초래할 수 있다. 이에 따라 ADAS는 다양한 공중 상황 자료의 신속한 실시간 처리 및 전송과 함께 자료의 신뢰성을 보장하여야 한다.

본 논문의 연구 배경은 다음과 같다.

첫째, ADAS 서버는 레이더 자료, 항적자료 등 14종의 전송데이터를 처리한다. 그러나 체공 항적 및 관제사의 콘솔 이벤트가 증가할 경우 서버에서 처리된 서비스를 관제사 콘솔에서 수신시 데이터 패킷의 누락이 발생하고 있다.

둘째, 관제사 콘솔에서의 데이터 패킷 누락은 탐지된 레이더 자료 손실과 항적에 대한 적시 포착 및 식별, 전송조치가 지연되어 성공적인 방공작전에 지장을 초래할 수 가 있다.

따라서, 본 논문의 목적은 ADAS 서버에서 처리된 다양한 전송데이터들이 누락 없이 실시간으로 다수의 관제사 콘솔에 적시에 전송 및 전시될 수 있도록 서버와 관제사 콘솔의 큐와 소켓 관리 알고리즘을 개선하는 것이다.

논문의 구성은 관련 연구, ADAS 네트워크 현황 및 문제점, QoS 향상을 위한 처리 알고리즘 개선, 실험 및 결과, 결론 등으로 구성 되었다.

개선된 알고리즘을 실제 작전망의 훈련/개발용 서

버 및 관제사 콘솔에 탑재하여 서버의 전송데이터 전송 패킷 수와 수신 관제사 콘솔에서의 수신 패킷 수를 비교하여 입증하였다.

2. 관련연구

가. Quality of Services(QoS)

네트워크의 서비스 품질(QoS)은 보통 네 가지 주요 요소로 판단되는데 그 주요 요소는 대역폭(Bandwidth), 전송지연(End-to-End Delay), 지터현상(Jitter) 및 패킷손실(Packet Loss)이다^[2]. 대역폭은 일반적으로 Kbps 혹은 Mbps로 표현되며 네트워크를 통하여 성공적으로 전송되어지는 초당 비트 수의 측정값을 의미한다. 전송지연(End-to-end delay)은 정보가 네트워크의 한 단말에서 다른 단말까지 이동할 때에 소요되는 시간을 말한다. 지터는 순차적 패킷의 순서에서 전송지연 때문에 나타나는 변화현상을 의미한다. 패킷손실은 송신된 패킷에 대한 수신된 패킷의 백분율을 말한다.

실시간 시스템에서 QoS를 보장하거나 개선하기 위해서 고려해야 할 세 가지 기본 개념은 네트워크 설정(Provisioning), 큐잉(Queuing), 등급부여(Classifying)를 들 수가 있다. Network Provisioning은 오늘날의 서비스에 있어서 가장 보편적인 품질확보 방안중의 하나는 네트워크 상에서 필요로 하는 대역폭 이상으로 설정하는 것이다. 또한 QoS에 있어서 관건은 대역폭 뿐만 아니라 버퍼링(Buffering)이라는 것도 중요하다. 고속 네트워크 환경 하에서 라우터 및 네트워크 스위치의 전송버퍼가 매우 빠르게 채워진다. 이는 패킷의 손실을 초래하는 결과를 가져오며, 항상 서비스 품질에 문제를 유발할 소지가 있다. 이러한 버퍼링 이슈는 데이터의 종류와 등급을 분류하여 큐를 운용함으로써 극복될 수 있다. 큐잉은 일종의 패킷 등급부여 혹은 우선순위 부여 기법 중 하나로 사용된 것이다. 그러나 현재 몇몇 다른 형태로 네트워크 패킷의 우선순위 부여기법 들이 사용되고 있으며 이러한 것들에는 IntServ, DiffServ^[3], IP precedence, MPLS 등이 있다.

나. 방공작전 예비체계(ADAS)

방공작전(Air Defense Operation)이란 영공 또는 작전 지역의 공중공간으로 침입을 기도하거나 침투한 공중세력을 탐지, 식별, 요격해서 격파하는 방어개념의 작전으로 통상 방어제공작전과 동일개념으로 사용된다^[4].

과학기술의 발전 및 무기체계의 첨단화에 따라 각국은 자국의 영공 보호, 전쟁 억제 및 유사시 전쟁에서 승리하기 위해 신무기 및 감시 체계를 도입하고 있으며 이러한 체계들을 신속하고 정확하며 효과적으로 사용하기 위해 자동화된 방공통제체계를 운영하고 있다.

ADAS는 자동화 방공작전 예비기능을 수행하기 위해 여러 개의 레이더 사이트로부터 자료를 수신 받아, 3대의 서버(작전지원, 작전대기, 훈련/개발 기능), 관제사 콘솔, 레이더자료 전처리기, 백신 서버, 네트워크 감시 시스템(NMS : Network Management System) 및 연동기 등 상용의 서버와 PC, 스위칭 장비 등이 폐쇄 LAN으로 구성되어 있다. 무중단 작전 지원을 위해 네트워크는 이중화되어 있고 각 콘솔은 어느 서버로도 접속 가능하게 구성되어 있다⁵⁾. 서버는 CPU 1.2G Spare III×4, RAM 32G이며, 콘솔은 CPU Intel 630, RAM 1G 이다.

ADAS는 다수 레이더 사이트로부터 전송된 레이더 탐지 자료를 서버에서 동시에 실시간 처리하여 전체 관제사 콘솔로 전송하고 관제사 콘솔에서 입력된 다양한 전술데이터 및 처리 결과들(항적, 임무, 전술조치, 레이더 자료 상태 및 처리 개수, 임시 작전 참조 지점 및 지도선, 경고전시, 포인터 정보 등) 또한 변경 사항을 즉각 반영하여 전체 콘솔로 전송하는데 중점을 두어 설계하였다.

Fig. 1은 ADAS 체계의 장비 구성도를 나타낸 것이다.

다양한 종류의 다수 전술데이터가 전체 콘솔로 1초 주기의 지체 없는 전송을 위해 통신 방식은 UDP 브로드캐스팅으로 설계하였다. 24시간 무중단 방공작전을 위해 ADAS 네트워크상에서는 최소 2개의 서버에서 프로그램이 구동되어 자료의 송수신이 이루어진다. 작전지원 서버 결합발생시 즉각적으로 작전 지원이 가능토록 작전대기 서버에서도 ADAS 프로그램을 동시 구동한다. 또한 작전요원의 훈련, 개발자의 프로그램 개발 및 점검 목적으로 훈련/개발 서버에서도 프로그램이 구동될 수 있다. 이에 따라 ADAS 망 내에 최대 3개의 서버로부터의 패킷들이 소통되어 네트워크 부하량을 가중시킬 수 있다. 3개의 서버에서 자료를 전송하더라도 관제사 콘솔은 한번에 1개의 서버 자료만 처리하여 전시하므로 나머지 2개의 서버에서 전송되는 자료들은 해당 콘솔에 전송될 필요가 없다. 이러한 서버-콘솔 간 구성 및 운영상의 특성으로 네트워크의 효율적 사용을 위해 멀티캐스팅 통신 방식으로

설계하여 구현하였다. 관제사 콘솔은 서버 접속시 해당 서버를 선택하여 그룹에 가입하게 되고 선택한 서버의 자료만 수신하는 것이다. 이에 따라 ADAS 네트워크 상에는 3개의 서버에서 동시에 자료가 처리되어 전송되어도 연결된 관제사 콘솔 수만큼의 멀티캐스트 패킷이 소통되는 것이다.

또한 서버와 콘솔 간의 1:1 통신 자료 및 자료 전송의 신뢰성을 요구하는 자료에 대해서는 TCP/IP 프로토콜을 사용한다.

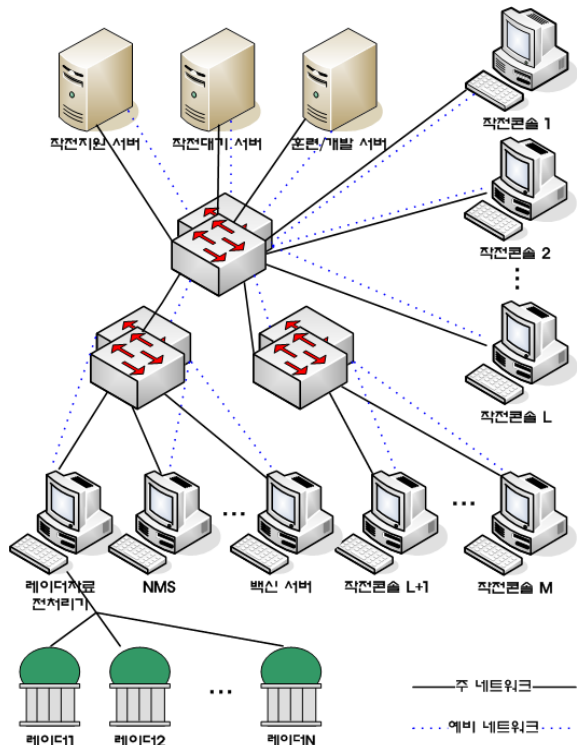


Fig. 1. ADAS 체계 장비 구성도

3. ADAS 전술데이터 처리 구조 및 문제점

Table 1은 ADAS 체계 내에서 멀티캐스팅으로 유통되는 전술데이터의 종류이다.

ADAS 서버에서 처리된 대부분의 자료는 관제사 콘솔까지 안전하게 전달되어야 하며, 매초마다 갱신되어 신속하게 실시간 처리되어야 한다. 그리고 해당 서버에 접속된 콘솔에만 자료를 전송하는 멀티캐스트 방식으로 설계 및 구현이 되어있다.

Table 1. 멀티캐스트 전송 전송데이터 종류

항 목	자료크기 (BYTE)	최대개수 (1초당)
항적	68	600
레이더 자료	36	300
미션 리스트	32	300
수동입력(지점)	332	200
수동입력(선)	332	100
수동입력(다각형)	332	100
수동입력(원)	332	100
경고 전시	32	300
제거 구역	16	180
포인터	14	200
Pairing Line	8	100
레이더 상태정보	4	30
레이더 자료수	16	30
레이더 Raw Data	26	300

Fig. 2는 ADAS 서버의 큐와 소켓의 전송 구조를 나타낸 것이다.

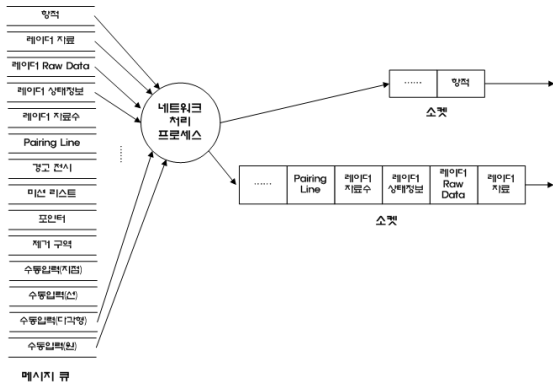


Fig. 2. 큐와 소켓 전송 구조

ADAS 서버는 다양한 프로세스로 구성된다. 이러한 프로세스들은 각각 레이더 자료처리, 항적 관리, 관제사의 이벤트 처리, 처리된 전송데이터의 관제사 콘솔로의 전송 처리 등의 주요 기능을 담당한다. 하나의 프로세스에서 처리된 자료는 다른 프로세스에서 다음의 처리를 담당하도록 자료를 전달하는데, 네트워크 처리 프로세스는 프로세스 간 통신(IPC)을 위해 메시지 큐를 사용한다. 메시지 큐란 프로세스들이 함께 사

용하는 큐에 메시지를 입출력하면서 서로가 원하는 데이터를 주고받는 방법을 이용한다⁶⁾. 서버에서 처리된 다양한 전송데이터들은 관제사 콘솔로 전송되기 위해 최종적으로 메시지 큐를 통해 네트워크 처리 프로세스에 전달된다. 네트워크 처리 프로세스는 각각의 전송데이터에 대해 동시에 병렬적으로 전송하기 위해 처리 단위인 스레드(Thread)들로 구성되어 있다. 스레드(Thread)는 경량 프로세스(LWP : Light Weight Process)라고도 하고 CPU 이용의 기본 단위로서 같은 프로세스에 속한 다른 스레드와 코드, 데이터 그리고 파일이나 신호와 같은 운영체제 자원들을 공유한다⁷⁾. 각 스레드는 해당 메시지 큐에서 자료를 인출하여 소켓을 통해 콘솔로 자료를 전송한다. 항적 자료는 방공 작전을 수행하기 위해 비교적 중요한 자료로 분류하여 전용의 소켓을 생성하여 전송한다. 그 외 다른 자료들은 공용의 소켓을 통해 동일한 패킷 크기로 전송한다. 자료 전송의 신뢰성, 신속성 및 네트워크의 효율성을 위해 전송데이터를 분류하여 TCP/IP, 멀티캐스팅 방식을 혼용하여 사용하고 있다.

전송데이터의 패킷 크기는 항적자료를 제외하고는 종류에 상관없이 일정한 크기로 고정되어 처리하고 있다.

Table 2는 전송데이터의 종류 및 패킷의 크기이다.

Table 2. 전송데이터별 패킷 구성

전송데이터 종류	패킷 크기 (BYTE)
항적	72
레이더 자료	444
미션 리스트	
수동입력(지점)	
수동입력(선)	
수동입력(다각형)	
수동입력(원)	
경고 전시	
제거 구역	
포인터	
Pairing Line	
레이더 상태정보	
레이더 자료수	
레이더 Raw Data	

ADAS는 항적을 180대 이상 생성시 부터 관련 임무 및 각종 전술데이터의 양이 함께 증가함에 따라 패킷의 누락 현상이 발생한다. Fig. 3은 600대 항적 자료 등 Table 1에 명시된 전술데이터별 최대 개수를 서버에서 모의 생성 전송시 관제사 콘솔에서의 패킷 수신율을 나타낸 것이다.

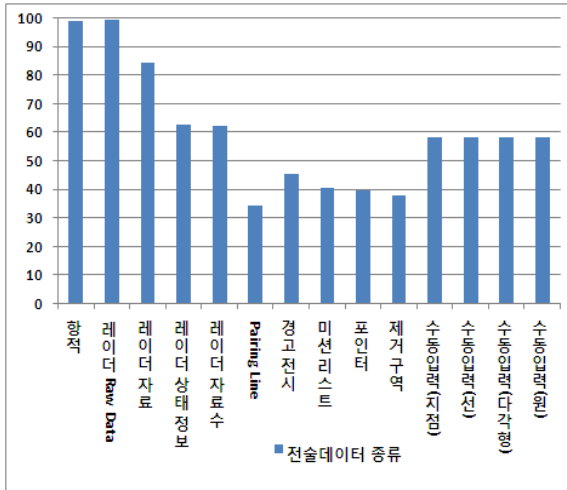


Fig. 3. 관제사 콘솔 패킷 수신율(%)

관제사 콘솔에서의 패킷이 손실되는 주 원인은 체공 항적 및 임무량이 증가시 서버에서 전송하는 관련 전술데이터의 양이 폭주하면서 관제사 콘솔이 다량의 데이터를 적시에 제대로 처리를 못하는데서 기인하고 있다. 이는 전술데이터의 종류와 크기에 상관없이 획일적인 크기의 패킷을 구성하여 동일 소켓에서 처리하도록 하고 관제사 콘솔의 수신 버퍼 크기를 최적화하지 못한 결과이다.

4. 방공예비체계의 QoS 지원

Fig. 2와 같은 구조로 전술데이터를 전송시 서버의 처리능력 대비 성능이 취약한 관제사 콘솔의 패킷 미수신 현상에 대한 해결을 위해 ADAS 네트워크 구조를 다음과 같이 4가지 측면에서 재 설계 하였다.

첫째, 서버의 메시지 큐-소켓 간 전송 구조에 대한 재 설계이다. 14종의 전술데이터를 메시지 큐로부터 각각의 대응하는 소켓을 생성하여 동시에 바로 전송하는 것이다.

둘째, 기존에는 일괄적인 크기의 패킷을 활용함으로써 사용하지 않았던 불필요한 패킷 공간을 없애고 데이터 크기에 맞는 패킷을 사용하는 것이다. 이렇게 함으로써 서버 및 콘솔의 송수신시 불필요한 스트림 처리를 없애고 네트워크의 부하를 감소시킨다.

셋째, 수신측 관제사 콘솔도 서버의 전송 알고리즘에 상응하게 설계를 변경하고 구현하는 것이다. 동일 소켓으로부터 수신된 전술데이터들을 1개의 처리 스레드(Thread)에서 일괄적으로 처리하던 것을 각 전술데이터별 소켓으로부터 동시에 수신 처리하도록 각각의 처리 스레드를 생성하고 소켓을 분리한다.

넷째, 콘솔 수신 버퍼는 각 전술데이터별 크기에 맞게 조정하여 버퍼의 효율성 및 처리율을 높였다. 패킷 크기와 마찬가지로 일괄적으로 적용하던 수신 버퍼의 크기를 각 전술데이터별로 최대 개수 × 패킷 크기(byte) + 여유 버퍼(500byte)로 설정하였다. 여유 버퍼 500byte는 실험에 의해 최적의 크기로 결정하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 ADAS 서버, 콘솔의 큐와 소켓 송·수신 구조를 재설계 한 것이며 Table 3은 전술데이터의 종류별 패킷 크기를 조정 한 것이다.

Table 2에서 설명한 개선 전 전술데이터별 패킷의 크기가 일괄적이어서 발생했던 불필요한 송수신 처리 및 네트워크 부하를 Table 3과 같이 패킷 크기를 조절함으로써 QoS 가 개선 되도록 하였다.

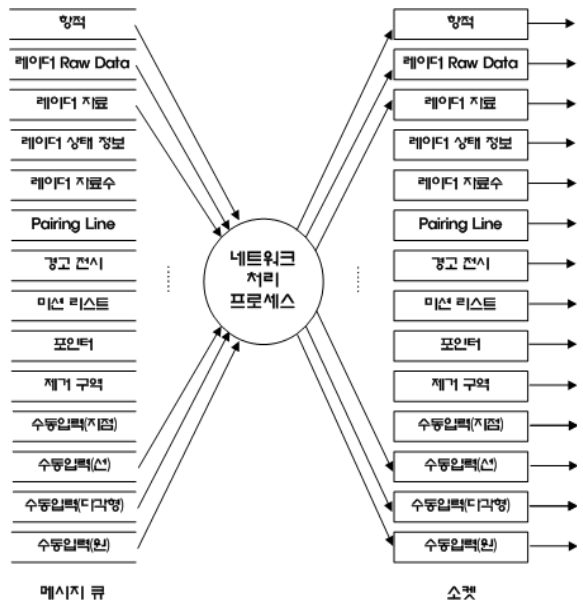


Fig. 4. 재설계된 서버의 큐와 소켓 구조



Fig. 5. 재설계 콘솔 소켓 구조

Table 3. 개선된 전술데이터 종류별 패킷 크기

전술데이터 종류	패킷크기 (BYTE)	전술데이터 종류	패킷크기 (BYTE)
항적	72	경고 전시	36
레이더 자료	40	제거 구역	20
미션 리스트	36	포인터	18
수동입력(지점)	32	Pairing Line	12
수동입력(선)	444	레이더 상태정보	8
수동입력(다각형)	444	레이더 자료수	20
수동입력(원)	32	레이더 Raw Data	30

5. 실험 및 결과

실험은 재 설계된 구조대로 ADAS 프로그램을 구현하여 실제 작전망의 훈련/개발용 서버 및 관제사 콘솔에 탑재하여 서버의 전술데이터 전송 패킷 수와 수신측 콘솔의 수신 패킷 수를 비교하여 콘솔의 수신율을

측정하였다. 14종의 전술데이터에 대해 레이더 자료 (일반, Raw)는 실제 레이더들로부터 전송된 자료를 활용하였고 나머지 12종의 자료에 대해서는 각 자료별 최대 개수로 모의 생성하여 실험하였다. 서버에서 항적 자료는 3초 주기, 그 외 자료들은 1초 주기로 전송하였다.

서버와 콘솔간 전술데이터의 시간당 처리량(초당 패킷 처리 개수)을 성능 개선 측정 항목으로 정하였고 측정 방법은 전체 UDP 전술데이터 송수신에 대한 최대 부하(Peak Load) 테스트를 실시하였다⁸⁾. Table 1에서 설명한 각 전술데이터별 최대 개수를 서버에서 모의 생성하여(레이더 일반 자료 및 Raw Data는 실제 연동 자료 활용) 매초 최대 부하로 30분간 전송하고 1대의 관제사 콘솔에서 각 데이터별 수신율을 측정하였다.

개선 전과 후의 구조를 구현한 각각의 프로그램을 구동하여 Fig. 6과 같은 실험 결과를 얻었다. 전술데이터별 소켓에 따라 34.44%~98.89%의 수신율이 100%의 수신율로 향상되었다.

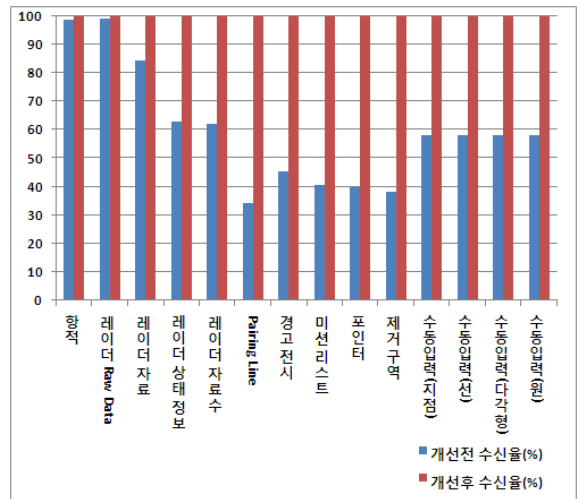


Fig. 6. 개선 전 · 후 전술 데이터 수신율

이와 같은 송수신 구조의 개선으로 ADAS는 수신측 관제사 콘솔의 자료 누락 현상 문제를 해결하였다.

6. 결론

지금까지 방공작전 예비체계의 현황과 문제점, 그리고 문제점을 해결하기 위하여 서버와 콘솔에서 이루어

어지는 핵심 전송데이터 처리 구조를 재 설계 하였으며, 이를 실험을 통하여 입증하였다. 연구 결과로 체공 항적 및 임무량 폭주시 패킷이 누락되는 문제점을 큐와 소켓의 전송 구조와 전송데이터의 패킷 및 수신 버퍼의 크기를 조절함으로써 다양한 전송데이터들이 누락 없이 관제사 콘솔에 적시에 전송 및 전시될 수 있도록 개선하였다. 이것은 탐지된 레이더 자료 손실 방지와 항적에 대한 적시 포착 및 식별, 전송조치가 이루어져 성공적인 방공작전이 될 것으로 기대된다. 향후 시스템 내에서 운용되는 전송데이터의 종류 및 크기 그리고 빈도수에 따라 동적으로 처리우선순위나 패킷 크기를 동적으로 지원하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

Reference

- [1] David s. Alberts, John J. Garstka, Frederick P. Stein
“Network Centric Warfare : Developing and Leveraging Information Superiority”, CCRP Publication Series, 2nd Edition, 2000. 2.
- [2] E. Brent Kelly, IP네트워크에서의 QoS for the International Communications Industries Association, Infocomm, 2002. <http://www.trys.co.kr> 2009.
- [3] Hyun Moon, Gwang-Hyun Kim, “A Study on the Scheduling Mechanism Based CBQ for Providing Internet QoS”, Kwangju University, 2004.
- [4] 방공작전 예비체계(ADAS : Air Defense Alternative System) 체계규격서 Rev. B, 공군작전사령부 작전 전산소, 2006.
- [5] 김오민 외, 합동·연합작전 군사용어사전, 합동참모본부, 1998.
- [6] 신재호, 유닉스 시스템 & 네트워크 프로그래밍, 영진닷컴, 2004.
- [7] 조유근 외 공역, Operating System Concepts, 홍릉과학출판사, 2004.
- [8] 김현중 외, 정보시스템 성능관리 지침, pp. 4~10, 국무조정실·정보통신부, 2005.