

論文 92-29A-11-4

# 조기경보 체제를 위한 통합 레이다 정보처리 시스템의 설계 및 성능 분석에 관한 연구

(A study on the Design and the Performance Analysis of  
Radar Data Integrating Systems for a Early Warning System)

李 相 雄,\* 羅 克 煥,\*\* 趙 東 來\*\*\*

(Saang Woong Lee, Keuk Hwan Ra, and Dong Lae Cho)

## 要 約

최근의 조기경보체제는 컴퓨터를 이용한 정보처리 기능에 힘입어 컴퓨터통신 및 정보시스템에 의한 지휘통제 시스템의 구성요소로서 그 성능이 괄목할만한 성장을 보이고 있다. 본 연구는 조기경보체제를 이루고 있는 각종 레이다로부터 수집된 다양한 정보를 하나의 통합된 시스템으로 처리하는 정보통합 처리시스템을 설계하고, 큐잉모델을 통하여 이들 시스템의 성능을 분석하였다. 정보통합 처리시스템의 구성은 시스템의 정보처리 형태에 따라 단일형과 분산다중형으로 분류하여 설계하였고 이들 모델 시스템의 성능 분석에서는 큐잉이론을 적용하였으며 그 정량적분석을 위해 OPNET 시스템 커널과 C언어를 사용하여 분석 프로세서를 작성하였다. 작성된 분석 프로세서로부터 시스템의 지연시간과 메시지 blocking 등의 큐잉요소 분석을 통해 분산 다중형모델의 고속처리 성향과 단일형의 안정화된 특성 등을 파악할 수 있었다.

## Abstract

Due to the data processing development by the computer, the early warning system recently has made a remarkable evolution in its functions and performance as a component of the communication and control system which is also supported by the computer communication and intelligence system. In this paper it is presented that a integrated data processing system is designed to integrate the information sent from the various radar systems which constitute an early warning system. The suggested system model of this paper is divided into two types of structures, the centralized model and the distributed model, according to the data processing algorithm. We apply the queueing theory to analyse the performance of the designed models and the OPNET system kernel to make the analysing program with C language. From the analysis of the queueing components by applying the analysis programs to the designed systems, we got the tendencies and characteristics of both models, that is, a fast data processing performance of the distributed model and a stable data processing capability of the centralized model.

\*學生會員, \*\*正會員, 光云大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Kwangwoon Univ.)

\*\*\*正會員, 國防科學 研究所  
(Agency for Defence Development)  
接受日字: 1992年 6月 11日

## I. 서 론

초기 2차대전중의 레이다는 항공기를 추적하는 매우 간단한 장치로 인식되었다. 그러나 최근 중동에서 발생한 걸프전에서와 같이 첨단 전자 장비를 사용한 현대 전자전

에서는 컴퓨터 지휘통제 시스템과 더불어 종합정보 수집 체계의 핵심적 수단이 되고 있다. 뿐만 아니라 현대 전자전에서는 전투양상의 급격한 변화, 전투의 광역화, 정보의 다양화에 따라 피아 전투의 종합적이고 신속한 파악과 필요 정보의 신속한 추출이 가능한 레이더 종합정보 체계까지 필요로 하고 있다.<sup>11)</sup>

이러한 대량의 전투용 데이터 즉 문자나 화상자료를 종합처리하는 기술을 C<sup>3</sup>I라고 하며 이에 소요되는 시간의 단축이 승패의 결정적 요인이 되고 있다. 따라서 이와 같은 통합 정보체계는 1차로 각 센서로부터 정보의 탐지 및 파악을 필요로 하며, 수집된 정보는 한곳으로 집중처리 되므로써 내용에 따라 분류, 추적 혹은 결합되어 정제된 정보가 전송 통신망을 통하여 필요한 각 지휘부로 전송되도록 한다.

1980년대 후반들어 모든 전자 장비에 대한 네트워크 시스템의 도입으로 독립된 레이더들의 시스템적 통합 및 정보교환이 한층 고도화됨에 따라 보다 나은 품질의 다양한 정보통합 기술의 도입이 필요하게 되었다. 즉 종래와 같이 각기 독립된 레이더나 통신장비가 지역적으로 격리된 채 명령체계에 의해서만 연계된 작전을 수행하는 재래식 전투보다는 여러가지 전자장비로부터 수집된 각종 정보를 한곳으로 통합, 정리하여 고도로 정제된 정보를 창출하고 이것에 따라 전략 및 전술이 구성되는 종합 정보처리전을 전개하므로써 궁극적으로는 배치된 모든 전자장비를 통합적으로 운용하는 종합적 정보 관리체계가 필요하게 된 것이다.

현대전에 나타나는 전투양상의 급격한 변화나 정보의 다양화등에 대처하기 위해서는 전술장비의 종류, 배치위치, 수량등을 적절히 결정하여 구성하는 기능이 필요하고, 또 다양한 구성방식이 필요하게 된다. 이러한 요구에 신속히 대응할 수 있게 하기 위해서는 통신전송망의 역할이 중요한 부분을 차지하게 되며 정보처리체계의 구성 또한 효율적 구조로 설계되어야 한다.

2차대전 이후 꾸준히 발달되어온 레이더 기술은 1970년대 이후 급속히 진전되어온 디지털 컴퓨터, 고도화된 MIC(Microwave Integrated Circuit)기술의 응용과 함께 최근에는 다중 레이더 시스템의 도입으로 그 추적성능을 훨씬 개선하게 되었다. 즉 독립된 Radar 보다는 다수의 서로 다른 레이더에 의해 수집된 종합적 정보가 보다 높은 신뢰도를 갖게됨에 따라 각 레이더 간의 정보처리 종합화에 필수적인 정보통합 처리시스템의 도입이 절실하게 되었다.

이러한 정보체계를 통신 network 체제의 기반위에서 실현 시킨것이 최근 발표되고 있는 C<sup>3</sup>I나 C<sup>4</sup>I로서 이것은 Communication, Command, Control, Computer and Intelligence를 의미하며 군사 작전수행의 핵심인

지휘 통제체제를 효율화 하기위해 인공지능화된 컴퓨터를 이용하여 종합적 정보관리체계를 갖춘 통합 전술 체계이다.

현재 외국의 개발된 제품으로는 "웨스팅하우스 전자 시스템"사의 방공통제시설인 "AMS 서비스"가 있으며 그외에도 "패레이티온 휴지"사의 "통합 방공 통제 network", "SIMENS"사의 "HEROS", "BCP" 등 여러 가지가 있다. 그러나 국내 대부분의 고성능 레이더는 외국으로부터 수입된 고가장비로서 모두 외국 기술에 의존하는 실정이며, 이들 고성능 레이더의 유지보수 장비 또한 별도의 부대장비로서 고가에 수입 해야하는 처지이다. 따라서 이들 외국산 장비를 응용하여 국내상황에 적합한 종합적 전술 정보체계를 구축하기는 더욱 어려운 실정이다.

이같이 고성능 단독 레이더가 같은 국내적 문제점의 해결방안으로서는, 목표물 파악에 대한 정확성이 단일 레이더 시스템보다 높고 대전자전 무기에 강하며 유지보수 및 관리가 용이한 다중 레이더 시스템(multistatic radar system)의 개발을 들 수 있다. 다중 레이더 시스템은 성능이 낮은 여러대의 레이더로써 고성능 레이더가 갖는 취약점들의 보완이 가능하기 때문에 국산형 다중 레이더 시스템의 개발이 가능하며 이를 위해서는 정보통합 처리 시스템의 개발이 필수적 요건이 된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 여러기종의 레이더로부터 발생한 추적 데이터를 통합 정보처리 시스템으로 집중시켜 종합처리하는 통합 정보 처리 시스템을 정보처리 방식에 따라 집중형과 분산형 시스템으로 분류하여 설계하였다.

큐 이론에 의하여 모델링된 단일형과 분산다중형 통합 정보처리 시스템에 대한 시스템 성능평가와 두 모델간의 정보처리율을 비교하기 위하여 COMPAQ사의 IBM 386/20MHz 컴퓨터를 분산 다중형 시스템의 모델로 사용하였고 DEC사의 MICROVAX와 AT&T의 3B2 기종을 집중형시스템의 모델로 사용하였다.

이들의 성능을 동일한 환경하에서 비교하기 위하여 UNIX OS에서 사용되는 IPC(Inter Process Communication) 기능중 메시지 큐의 처리속도와 큐 용량을 기준 항목으로 선정하였고 이를 실험하기 위한 평가 데이터의 발생원은 미국 MIT 대학과 MIL-III사에서 공동 개발된 OPENT 2.3L 시뮬레이터의 각종 패킷 발생함수를 사용하였다. 설계된 두 시스템의 성능분석은 큐이론에 의한 모델링을 통하여 시스템의 정보처리 능력과 특성을 비교 검토하였으며 모델링결과를 OPENT 2.3L을 통하여 검증하였다.

## II. 다중 레이더 시스템의 특성과 필요성

레이다의 송수신 방식에는 단일 레이다 시스템이 신호를 발생하고 그 신호를 추적하여 target을 감지하는 monostatic 방식과 신호의 송수신 장치가 따로이 격리되어 탐색을 수행하는 bistatic 방식이 있다. 특히 한대의 송신 레이다에 대해 다수의 수신레이다를 가진 시스템을 multistatic 방식 또는 netted bistatic 방식이라 한다.

Duplexer의 발달이후 monostatic 이 전반적인 추세가 되어 레이다의 주류를 이루고 있다. 그러나 최근 정확도나 실시간분석 등 레이다 성능의 고급화 요구에 부응하고 대전자무기에 의한 전자파적 교란(jamming, ARM(anti-radiation missile) 등)을 극복하기 위하여 레이다의 설계형태가 점차 bistatic형태로 발전하는 추세가 있다. 그것은 bistatic 방식이 적의 ARM에 노출될 위험도 낮고 jamming에 의한 교란도 monostatic보다 적게 받기 때문이다.<sup>[1][2]</sup>

다수의 레이다 기지는 단일 레이다 시스템 보다는 훨씬 광범위한 지역을 정찰 할 수 있으며 이것은 레이다 탐색범위의 중첩을 최소한으로 한 상태에서 더욱 그러하다. 따라서 탐색 지역에서의 sensor수를 최소화 시킬 수가 있다. 또 어느 정도의 중첩을 허용하는 상태로서의 다중 레이다는 또다른 효용성을 발견할 수 있다. 즉 특정 간격 동안의 탐색(detection)기회가 증가하게 된다. 이것은 단독 레이다와 비교했을 경우에 평가되는 다중 레이다 시스템의 성능으로 목표물의 추적에 실패할 확률이 감소하게 되는 것이다. 결론적으로 어떤 목표물의 추적 실패율에 대해서 살펴볼 때 각 개개 레이다의 단독적인 목표추적율은 떨어지더라도 어느 정도의 범위내에서는 단독 레이다의 성능을 능가할 수 있다. 예를 들어서 단일 레이다 추적 시스템에서 2회 연속탐색으로부터 목표를 놓칠 경우, 단일 1회 탐색확률(single scan detection prob.)을  $P_d$ 라 할 때 각 탐색에서 목표추적이 실패할 확률  $P_F$ 는

$$P_F(1)=(1-P_d) \tag{1}$$

$P_F(n)$  : n회 추적에 대한 탐색 실패율

$P_d$  : 탐색 성공율

이고, 2회 연속 실패할 확률은

$$P_F(2)=(1-P_d)^2 \tag{2}$$

이 된다. 여기서 2회의 사건들은 서로 독립이라 본다. 즉 탐색 시간동안 두 탐색신호변동(signal fluctuation) 사이에는 어떤 상관관계도 없음을 의미한다.

목표물에 대한 다른 추적경로에 대해 제 2의 레이다를 추가하고 추적 시스템에는 어느쪽의 레이다 추적결과도 표시가 되도록 한다고 가정할 때 양쪽 레이다 모두가 추

적에 실패할 확률은

$$P_{af}(2) \cdot P_{bf}(2)=(1-P_d)^4 \tag{3}$$

$P_{XF}$  : 레이다 X의  $P_F$

이 된다. 이상에서 2가지 확률을 서로 비교해 볼때 단독으로 격리된 레이다보다 다중레이다 시스템에서 요구되는  $P_d$ 는, 동등한 시스템 추적 확률을 갖는 monostatic레이다와 비교할 때 더 낮아도 되는 결과가 나온다. 다시말해서 고출력 고감도의 단독 레이다보다도 netting된 형태의 저출력 레이다 시스템이 효율면에서 더 우수함을 보여주고 있다. 또 레이다 기지와 목표물사이의 다른 여러 경로를 통해 목표물의 다양한 RCS(radar cross section)를 얻을 수 있는 잇점도 있다.

넓게 퍼진 여러 레이다 기지들이 어떤 미사일 형태의 목표물을 추적할 경우 RCS의 변화를 보면 정면부분과 측면부분의 RCS비가 20-30 dB의 차가 있는데<sup>[2]</sup> 이것은 단일 레이다 기지에 의한 RCS보다 다중 레이다의 경우가 더 높은 신뢰도를 가짐을 의미한다. 또 다른 장점으로 초기 추적착수(track initiation)와 가속 또는 직선 경로에 대한 추적 정밀도의 개선을 들 수 있는데 가속 경로에 대한 목표추적에서는 filtering error가 plot상에서 시간의 제곱에 비례하여 증가하게 된다. 그러나 다중 레이다 시스템에서는 수신 데이터율의 상승이 가능하므로 그만큼의 filtering error를 감소시킬 수가 있다.

직선경로부분에 대한 filtering error는 주로 측정치와 추적 필터의 잡음에 원인이 있다. 따라서 2대 이상의 데이터를 서로 조합하여 다중 추적을 수행하는 다중 레이다의 경우는 전체시스템의 정밀도를 개선하기가 훨씬 용이하게 된다. 즉 자료가 단순히 평균함에 의해서 서로 조합되면 정밀도는 참여레이다수의 제곱근에 비례하는 만큼 개선될 수 있다. 또 각 레이다별로 측정된 목표물의 자료에 정밀도만큼의 가중치를 가해줌으로써 더욱 개선된 자료의 조합도 가능하게 된다.

그림 1에서 보면 한 레이다가 목표물의 위치를 거리와 방위각 측정에 의해서 확인하게 된다. 그러나 각 측정장치들은 전송 신호와 신호처리 형태, 그리고 자료분석장치에 따라 각종 에러요인들에 의해서 쉽게 영향을 받게 된다.

이때 기리오차가 일정한 경우 방위각에 의한 오차를 고려하게 되는데 방위각 오차는 거리에 수직이며 거리가 멀수록 증가하게 된다. 이 방식은 2개 이상의 레이다조가 거리를 측정할 때 사용하는데 이것은 특히 레이다 빔이 서로 직각으로 교차할 경우에 더욱 유용한 방법이다. 즉 오차 영역이 두 레이다의 공통 오차 영역으로 축소되기 때문이다. 레이다 다중화의 주된 목적은 각 레이다로부터

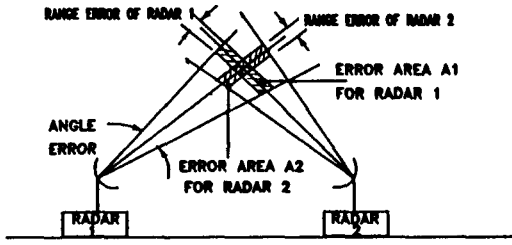


그림 1. 다중 레이더의 개선된 위치추적 오차  
 Fig. 1. improved accuracy of multi radar target finding.

획득된 정보를 중앙으로 집중시켜서 적절히 조합함으로써 소위 다중 레이더 추적(multi-radar tracking)을 구현하기 위한 것이다.

그림 2는 다중 레이더 시스템으로 추적하는 레이더를 도식화한 것인데 다수의 레이더들은 기계적 회전에 의한 방식(radar 1과 radar N)과 phased-array scan방식(radar 2)으로서 각기 상이한 정보율(data rate)과 정확도(measurement accuracy)를 갖는 탐색을 하게 된다. 전송선로를 타고 보내진 데이터는 중앙 연산부로 보내져서 이미 저장된 추적 기능들(추적 착수, 추적 예측, correlation, 추적평탄화)을 수행하게 되는데 이때 레이더 기지를 기준으로한 좌표계를 중앙처리부 기준좌표계로 변환하고, 측정된 거리와 방위각에 대해 영향을 주는 기준보정 오차의 보상도 함께 수행하게 된다. 그리하여 상이한 레이더조들로부터 측정된 데이터가 동일 타겟에 대해 공간좌표상으로 일치되는 결과를 갖도록 재정렬하게 된다.

다중 레이더는 공간상으로 배치된 형태에 따라 분류할 때 크게 collocated class와 non-collocated class로 나눌 수 있다. 또 사용되는 집중처리과정의 정도에 따라 그림

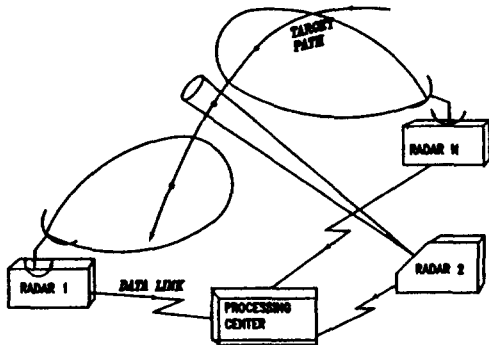


그림 2. 다중 레이더의 목표 추적  
 Fig. 2. target track with multi radar system.

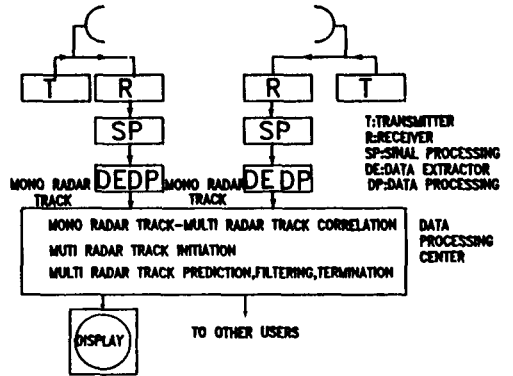


그림 3. 분산형 다중 레이더 자료처리 시스템  
 Fig. 3. scheme of multi radar data processing with distributed system.

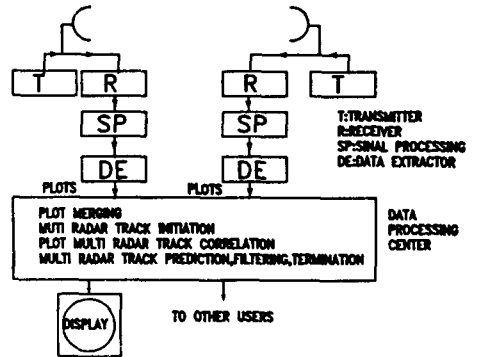


그림 4. 집중형 다중 레이더 자료처리 시스템  
 Fig. 4. scheme of mulit radar data processing with centralized system.

3, 4와 같이 집중형과 분산형의 두 부류로 대별되기도 한다.<sup>12)</sup>

분산형구조는 각 레이더 기지마다 단일 레이더의 측정치에 대해 추적기능을 수행하는 컴퓨터가 탑재되어 있으며 각 monoradar의 추적 자료들은 중앙 자료처리 연산부로 보내져서 하나로 조합 재배열 되므로써 각 목표물에 대한 multiradar 추적을 수행하게 된다.

집중형구조는 모든 레이더의 plot이 하나의 데이터 처리 프로세서로 보내지며, 수집된 데이터는 또다시 자료처리과정을 거치면서 목표물에 대한 multiradar 추적을 수행하게 된다. 분산형이 집중형보다는 훨씬 시스템 설치가 용이하다는 것은 매우 당연한 일이다. 그 이유는 분산형 시스템의 설치는 각 레이더 시스템의 monoradar 프로세서를 연결함으로써 완성이 되지만 집중형 시스템의 경우

는 전체 시스템을 다시 설계해야 하는 난점이 있다.

또 분산형에서는 true track만을 전송하는 반면 집중형에서는 true와 false 양 정보를 모두 전송하기 때문에 data link가 더 많이 소요된다. 그러나 정보량이 많으므로 정확도에 있어서는 좀더 양호한 결과를 얻을 수 있다.

다음 표 1은 다중레이다 수신 시스템에서 관측된 추적 데이터의 전송 패킷형태가 임의로 정해진 형태를 나타내

표 1. 각종 레이다의 전송 패킷 모형

- (a) 다중 레이다 데이터 패킷 모형
- (b) 단독 레이다 데이터 패킷 모형

Table 1. data packet models of different types of radars.

- (a) data packet model of multistatic radar.
- (b) data packet model of monostatic radar.

0	TIME TAG (RANGE)
16	RADAR STATUS BITS
32	RANGE FROM TRANSMITTER
48	RANGE FROM RECEIVER
64	THETA (RECEIVER)
80	PHI (RECEIVER)
96	PHI (TRANSMITTER)
112	RADIAL VELOCITY (TRANSMITTER)
128	RADIAL VELOCITY (RECEIVER)
144	CRC ERROR CHECK CODE

(a)

0	RANGE
16	AZIMUTH
32	ELEVATION
48	RADAR STATUS
64	CRC ERROR CHECK CODE

(b)

레이다 정보 통합처리 시스템에서는 표 1과 같이 각기 상이한 레이다에서 보내진 각종의 데이터 패킷을 별자리를 기준으로 한 기준좌표계 데이터로 변환하게 된다. 이때 변환된 데이터는 표 2와 같이 레이다 통합처리용 데이터 패킷으로 생성되게 된다.

### Ⅲ. 레이다 정보 통합 처리시스템

첨단 전자 장비를 사용한 현대 전자전에서는 전투양상

표 2. 정규화된 레이다 전송 패킷 모형

Table 2. formatted data packet model of multi radar.

0	TIME TAG, MISSION #
16	STANDARD X COORDINATE
32	STANDARD Y COORDINATE
48	STANDARD Z COORDINATE
64	CRC ERROR CHECK CODE

의 급격한 변화, 전투의 광역화, 정보의 다양화에 따라 피아 전투의 종합적이고 신속한 파악이 필요하게 되고 필요정보를 신속히 추출할 수 있어야 한다. 따라서 이와 같은 통합 정보체계에서는 우선 정보의 탐지 및 파악이 필요하고 수집된 정보는 한곳으로 집중 처리되어 내용에 따라 분류, 추적 혹은 결합되며 이렇게 정제된 정보는 전송 통신망을 통하여 필요한 지역으로 또다시 전송된다. 즉 컴퓨터를 이용하여 지휘통제에 필요한 정보를 처리하고 지휘관의 결함에 필요한 제반정보를 제공하며 지휘관의 결정사항이 예하부대에 전달되도록 한다.

#### 1. 정보 통합 처리 시스템

레이다의 통합 정보망의 구축에 의하여 기종이 서로 다른 레이다간에도 데이터의 왕래가 가능하게 된다. 그러나 전송메시지의 형태와 자료의 종류가 상이하여 정보의 교환이 어려우므로 이들 메시지의 호환성을 살리기 위하여 다음과 같은 공용데이터용 패킷의 변환처리 시스템을 설치함으로써 레이다 정보의 통합이 이루어지게 된다.

위의 좌표 변환 및 정보통합 시스템은

- 레이다의 기종에 제한되어 정보의 통합과 그에 따른 지휘통제가 어려운 레이다 정보체계를 기종에 무관하게 범용성을 지닌 레이다 정보체계로 구축할 수 있으며

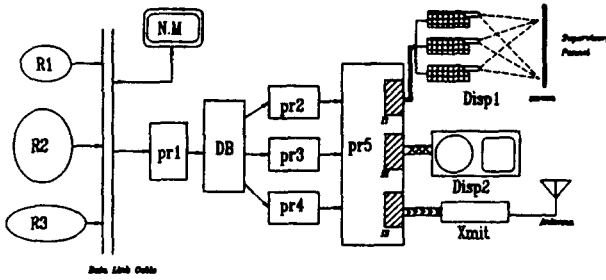
- 메시지 변환에 의한 정보의 왕래가 자유롭고

- 추적데이터의 집중적 관리가 용이해지며

- multistatic 레이다 추적 시스템에서도 더욱 효율적으로 활용할 수 있게 된다.

- 데이터형태가 공통이므로 각종 상황에 대한 관련추적 데이터의 저장에 용이하게 되어, 축적된 데이터의 재사용과 분석에 의해 지휘 통제소에서는 더욱 효과적인 상황판단이 가능해 진다.

이러한 시스템의 구성에 적합한 범용성 OS로는 현재 널리 사용되고 있는 UNIX가 가장 효율적이며 시스템 내부 프로세서간의 통신에는 IPC(Inter Process Communication) 기능들을 사용하여 시스템 처리효율을 더욱 높일 수 있다. 또 처리된 레이다의 데이터를 출력하는 화면출력 장치로는 X-Window를 장착한 워크스테이션



R1, R2, R3	레이다 정보발생원		각 기종별로 상이한 레이다 메시지를
NM	전송선로 관리 프로세서	pr2, pr3, pr4	일정한 형태로 정형화 시키는 변환
pr1	메시지 수신 프로세서		프로세서
DB	각 레이다 기종별 메시지 특성이 저장된 공용 데이터베이스	I1, I2, I3 Disp1, Disp2	출력장치 인터페이스 통합 데이터의 출력
		Xmit	타 통합장치와의 연동을 위한 데이터 전송

그림 5. 범용 레이다정보 통합처리 시스템  
Fig. 5. integrated radar data processing system.

급의 그래픽 터미날을 사용하여 menu-driven 방식의 대화식 시스템 운용을 채택함으로써 정보운용의 단순화와 효율화를 기할 수 있다. [3], [4]

2. 시스템의 모델링

가. 시스템 구조

통합정보 시스템의 컴퓨터 구성 형태에 따라 단일 시스템 모델과 분산 다중 시스템 모델로 분류하여 설계하였다.

1) 단일 시스템 모델

그림 6과 같이 데이터의 수신과 분석 등의 처리 알고리즘이 단일 컴퓨터 내부에서 모두 처리되도록 구성되며 컴퓨터의 환경은 미니컴퓨터에 맞추어 설계하였다. 그림 6의 각 구성 요소가 나타내는 블럭들의 기능을 분류하면

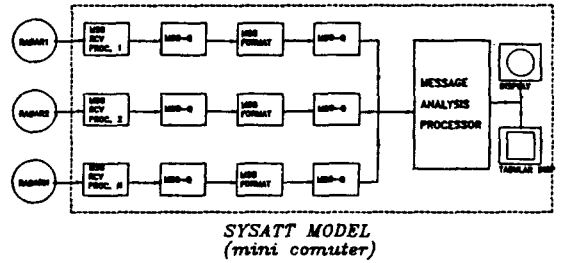


그림 6. 레이다 정보통합 처리시스템의 단일 시스템 구조  
Fig. 6. single type of radar data integrating system.

다음과 같다.

- 가) RADAR 1,2,N : 각 레이다의 정보 발생원
- 나) MSG RCV PROC. 1,2,3 : 통합 정보처리 시스템의 메시지 수신 프로세서
- 다) MSG-Q : 프로세서와 프로세서간의 정보전달을 위하여 정보를 일시 저장해두는 메모리 버퍼
- 라) MESSAGE ANALYSIS PROCESS : 각 레이다로부터 수집된 데이터 패킷으로부터 정보를 발췌, 분석하여 통합처리한 후 출력장치로 출력시킨다.
- 마) DISPLAY : 다중 레이다 PPI
- 바) TABULAR DISPLAY : 집약된 데이터의 문자화된 정보출력 장치

2) 분산 다중 시스템 모델

분산 다중형 모델은 정보의 수신과 메시지 변형처리과정이 분산된 각 PC 컴퓨터에서 독립적으로 수행되며 최종적인 정보통합과정이 미니급 또는 워크스테이션급의 중앙 컴퓨터에서 수행된다. 그림 7의 각 구성 요소가 나타내는 기능을 분류하면 다음과 같다.

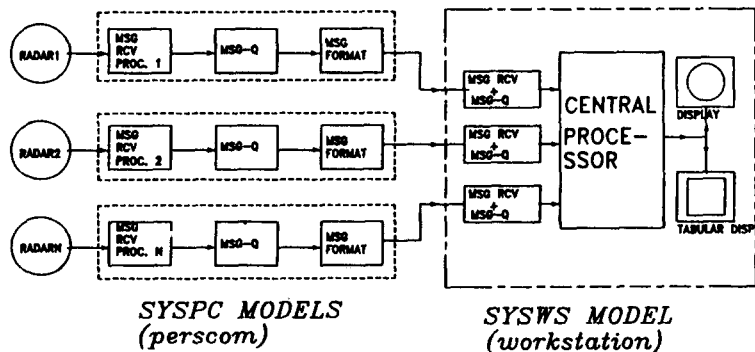


그림 7. 레이다 정보통합 처리시스템의 분산다중 시스템 구조  
Fig. 7. mutiple type of radar data integrating system.

- 가) RADAR 1,2,N : 각 레이더의 정보 발생원
- 나) MSG RCV PROC. 1,2,3 : 분산형 PC급 통합 정보처리 시스템의 메시지 수신 프로세서
- 다) MSG-Q : 프로세서와 프로세서간의 정보전달을 위하여 정보를 일시 저장해두는 메모리 버퍼
- 라) CENTRAL PROCESSOR : 각 분산형 통합 정보처리 시스템으로부터 수신된 요약정보를 재차 분석하여 통합처리한 후 출력장치로 출력시킨다.
- 마) DISPLAY : 다중 레이더 PPI
- 바) TABULAR DISPLAY : 집약된 데이터의 문자화된 정보출력 장치
- 나. 시스템의 큐잉 모델

설계된 시스템의 시스템 특성을 분석하기 위하여, 본 연구에서는 단일형과 분산다중형 시스템의 큐잉 모델을 그림 8,9,10과 같이 구성하였다. 이들의 정보처리 흐름은 UNIX OS기능중 프로세스간 내부통신 기능인 메시지 큐를 대상으로 하였으며 이를 모델링하기 위하여 주로 m/m/1 큐를 사용하였다.

1) 단일 시스템 모델

그림 8의 각 블록이 내포하고 있는 소프트웨어적 기능

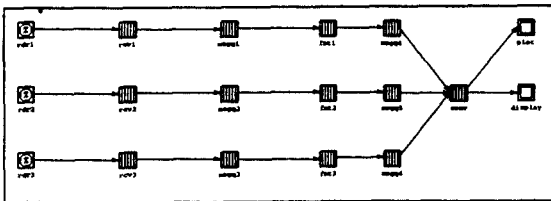


그림 8. 단일형 시스템의 큐잉 모델  
Fig. 8. queuing model of single type.

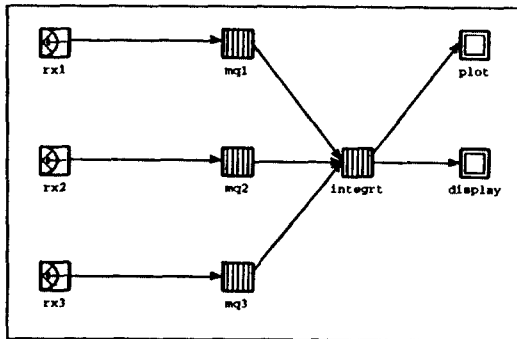


그림 9. 분산다중형 시스템의 중앙 처리기 큐잉 모델  
Fig. 9. central processor queuing model of multiple type.

sys node proc model



그림 10. 분산다중형 시스템의 분산 처리기 큐잉 모델  
Fig. 10. Distributed processor queuing model of multiple type.

을 분류해 보면 다음과 같다.

- 가) rdr% : 각종 레이더 정보의 패킷발생원을 나타내는 패킷발생 모델로서 OPENT의 신호발생함으로써 구성된다.(% = 1,2,3)
- 나) rcv%, msgq%, fmt%, conv : 각 프로세서들(패킷 수신, message que, 정보분석 프로세서)의 기능을 나타내는 m/m/1 큐모델로서 C 언어와 OPENT 시스템 커널로서 구성된다.(% = 1, 2...6)
- 다) plot, display : 패킷 발생원(rcv%)으로부터 발생된 데이터를 최종적으로 집약하여 출력하는 프로세서의 기능을 나타내는 패킷분해 모델이며 발생된 패킷을 파괴시키는 기능을 가진 내부함수로서 구성된다.

2) 분산 다중 시스템 모델

그림 9, 10의 각 블록이 내포하고 있는 소프트웨어적 기능을 보면 다음과 같다.

- 가) rdr : 레이더 정보의 패킷발생원을 나타내는 패킷 발생 모델로서 OPENT의 신호발생함수로서 구성된다.
- 나) rcv,msgq,fmt,conv : 각 프로세서들(패킷 수신, message que, 정보분석 프로세서)의 기능을 나타내는 m/m/1 큐모델로서 C 언어와 OPENT 시스템 커널로서 구성된다.
- 다) tx,rx : 전송 케이블을 통한 데이터 송신, 수신 모델로서 OPENT 시스템함수로서 구성된다.
- 라) plot,display : 패킷 발생원(rcv%)으로부터 발생된 데이터를 최종적으로 집약하여 출력하는 프로세서의 기능을 나타내는 패킷분해 모델이며 발생된 패킷을 파괴시키는 기능을 가진 내부함수로서 구성된다.

1) INIT 상태 프로세서

```
server_busy=0;
own_id=op_id_self();
op_ima_obj_attr_get(own_id, "service_rate", &
service_rate);
op_ima_obj_attr_get(own_id, "number of extra
out", & fan_out);
```

IV. 레이다 정보통합 시스템 운용효율

2) ARRIVAL 상태 프로세서

```

{
    pkptr=op_pk_get(op_intrpt_strm());
    { op_pk_destroy(pkptr);
      inser_ok=0;
    }
    else {
        insert_ok=1;
    }
}

```

3) SERVICE START 상태 프로세서

```

{
    pkptr=op_subq_pk_access(0,QPOS_HEAD);
    pk_len=op_pk_total_size_get(pkptr);
    pk_svc_time=pk_len/service_rate;
    op_intrpt_schedule_self(op_sim_time()+pk_svc_time,0);
    server_busy=1;
}

```

4) SERVICE COMPLETE 상태 프로세서

```

{
    pkptr=op_subq_pk_remove(0,QPOS_HEAD);
    {
        int i;
        for(i=0; i<fan_out; i++)
            tmptr[i]=op_pk_copy(pkptr);
    }
    int i;
    for(i=0; i<fan_out; i++)
        op_pk_send_forced(tmptr[i],i+1);
    server_busy=0;
}

```

5) 변수선언

```

int server_busy;
double service_rate;
int fan_out;
Objid own_id;
Packet *pkptr, tmptr[10];
int pk_len;
double pk_svc_time;
int insert_ok;

```

큐 이론에 의하여 모델링된 레이다 종합정보처리 시스템의 단일형과 분산다중형에 대한 시스템 성능평가와 상이한 두 모델간의 정보처리율을 비교하기 위하여 본 연구에서는 SUN SPARC STATION 1+에 설치된 OPENT 커널을 이용하였다. 즉 FIFO큐의 모델링은 C언어를 사용하여 OPENT함수들을 호출함으로써 소프트웨어적 모듈로 구성하였고 프로그램에 사용되는 대상 모델들의 매개변수는 표 1과 같이 각 컴퓨터의 특성을 분석하여 이로부터 얻어진 시스템 특성들을 시뮬레이션 인수로 사용하였다. 본 연구에서 대상으로한 컴퓨터의 모델은 분산다중형 시스템의 모델로서 COMPAQ사의 IBM386/20MHz 기종이며 집중형 시스템의 모델로는 DEC사의 MICROVAX와 AT&T의 3B2 기종들이다. 이들의 성능을 동일한 환경하에서 실시하기 위하여 UNIX OS하에서 사용되는 IPC(Inter Process Communication) 메시지 큐의 처리속도와 큐 용량을 기준 항목으로 선정하였고 이를 실험하기 위한 평가 데이터의 발생원은 MIL-III사의 OPENT 2.3L의 각종 패킷 발생함수를 사용하였다.

1. 시스템 성능 모델

시스템의 정보처리 성능분석을 위하여 시스템의 컴퓨터 구성형태에 따라 단일형과 분산다중형 시스템으로 분류하고 시스템 내부의 성능모델은 m/m/1큐로써 모델링하여 이들을 이용한 시뮬레이션을 통해 양 시스템간의 성능 및 특성을 분석하였다.

다음과 같은 큐를 시스템의 메시지 처리 프로세서로 가정할 경우 도착되는 메시지의 도착은 인수 λ를 갖는 poisson 분포로 놓을 수 있다. 따라서 도착율 λ와 시스템 서비스율 μ에 대한 시스템의 큐모델 분석을 다음 그림 12와 같이 하였다.

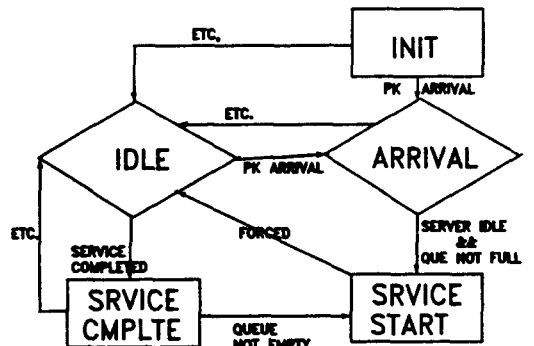


그림 11. m/m/1 큐의 알고리즘  
Fig. 11. algorithm of m/m/1 queue.



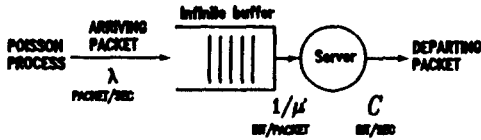


그림 12. 시스템의 패킷처리 큐 모델  
Fig. 12. queue model of the packet processing.

큐 시스템내의 평균 대기패킷수(L)를 도착률(λ)과 평균 지연시간(W)에 의해서 구하는 Little의 식<sup>[6]</sup>

$$L = \lambda W \tag{4}$$

로부터 평균 지연시간 W는

$$W = L / \lambda \tag{5}$$

이 되고, 이때 트래픽 밀도  $\rho = \lambda / \mu$ 에 의하여

$$L = \rho / (1 - \rho) \tag{6}$$

이므로

$$\therefore W = 1 / (\mu - \lambda) \tag{7}$$

의 평균지연시간을 얻을 수 있다.

표 4, 5, 6은 시뮬레이션의 대상이 된 각 컴퓨터 시스템의 IPC 메시지 큐 특성과 이를 이용하여 본 실험에 적용한 시스템별 큐모델 매개변수를 나타내고 있으며, 표 7은 패킷발생을 위한 분포함수의 매개변수에 따른 발생패킷의 크기를 나타낸다.

2. 시뮬레이션

다음의 그림 13~18은 위의 표 4~6에 나타난 각 시스템의 큐인 변수를 큐모델 시뮬레이션 프로그램에 입력하여 도착 패킷 크기가 64Kbit인 경우의 각 컴퓨터 모델들의 시뮬레이션으로부터 얻어진 시스템 특성을 SUNVIEW 그래픽 툴을 통해 출력한 결과이며 그림 19~20은 단일형과 분산형 정보통합 시스템모델에 대한 큐모델 시뮬레이션 결과이다.

3. 결과고찰

본 논문에서 제시한 레이다 정보통합 시스템모델은 분산 다중형 시스템과 단일형 시스템 모델로서 이들의 성능

표 3. IPC 메시지 큐 특성 비교<sup>[4]</sup>

Table 3. IPC message specification.

	AT&T Sys.VR.2	DEC VA- X Ultrix	AT&T UNIXPC	XENIX 286	XENIX 386
메시지의 최대 바이트수	8192	8192	8192	8192	8192
큐의 최대 크기	16384	16384	16384	8192	8192
최대 수용가능 큐 갯수	50	50	50	10	10
최대 수용가능 메시지 수	40	40	40	60	60

표 4. COMPAQ 386/MHz시스템의 큐모델 변수

Table 4. queue model parameter for COMPAQ 386/20MHz.

패킷발생, 크기 분포함수	지수함수
ARRIVAL RATE [sec / pk]	1,4,16,64
PK SIZE [bit / pk]	4096 - 65536
SERVICE RATE [bit / sec]	5,734,400
MAXIMUM QUEUE SIZE [bit]	65,536
MEAN DELAY TIME [sec]	1/86.5 - 1/1399

표 5. DEC MICROVAX시스템의 큐모델 변수

Table 5. queue model parameter for DEC MICROVAX.

패킷발생, 크기 분포함수	지수함수
ARRIVAL RATE [sec / pk]	1,4,16,64
PK SIZE [bit / pk]	4096 - 65536
SERVICE RATE [bit / sec]	2,867,200
MAXIMUM QUEUE SIZE [bit]	131,072
MEAN DELAY TIME [sec]	1/42.75 - 1/699

표 6. AT&T 3B2 시스템의 큐모델 변수

Table 6. queue model parameter for AT&T 3B2.

패킷발생, 크기 분포함수	지수함수
INT-ARRIV MEAN [sec / pk]	1,4,16,64
PK SIZE [bit / pk]	4096 - 65536
SERVICE RATE [bit / sec]	1,638,400
MAXIMUM QUEUE SIZE [bit]	131,072
MEAN DELAY TIME [sec]	1/24 - 1/399

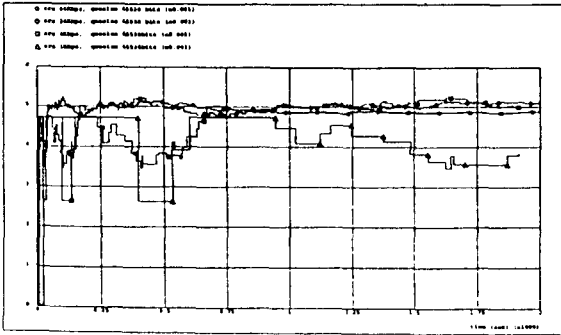


그림 13. 패킷크기 64Kbit, 처리율 5734400bit  
 COMPAQ 모델에서의 평균 지연시간  
 Fig. 13. packet size 64Kbit, service rate,  
 5734400bit, mean delay time  
 of COMPAQ model.

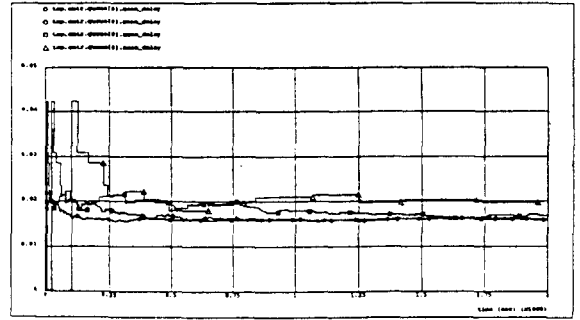


그림 15. 패킷크기 64Kbit, 처리율 2867200bit  
 DEC mVAX 모델에서의 평균 지연시간  
 Fig. 15. packet size 64Kbit, service rate  
 2867200bit, mean delay time of DEC  
 mVAX model.

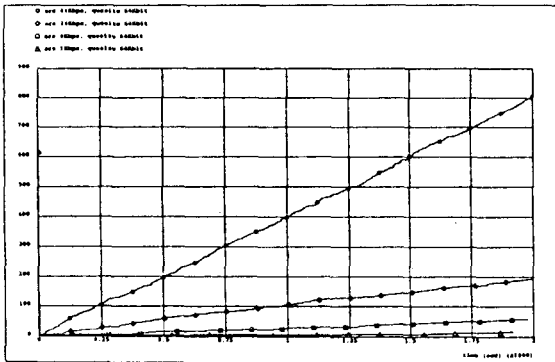


그림 14. 패킷크기 64Kbit, 처리율 5734400bit  
 COMPAQ 모델에서의 패킷 blocking  
 Fig. 14. packet size 64Kbit, service rate  
 5734400bit, packet blocking  
 of COMPAQ model.

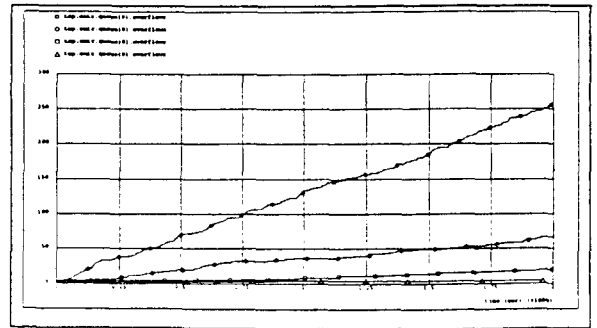


그림 16. 패킷크기 64Kbit, 처리율 2867200bit  
 DEC mVAX 모델에서의 패킷 blocking  
 Fig. 16. packet size 64Kbit, service rate  
 2867200bit packet blocking of DEC  
 mVAX model.

분석을 위하여 큐잉에 의한 M/M/1 큐모델을 사용하였다.

각 시스템의 자료처리 프로세서와 이들간의 실시간적 정보전달을 위한 자료전달 체계로서는 UNIX IPC의 메시지 큐를 사용하였으며 이들은 모두 M/M/1 큐모델로서 그성능을 시뮬레이션하였다. 각 시스템모델들의 메시지 큐 처리성능은 AT&T, VAX와 Compaq386 기종들의 UNIX IPC 성능을 표 3으로부터 식 5, 7에 의해 큐의 처리성능요소를 산출하였다.

이들 산출된 값들은 OPENT의 시스템 커널을 통해 C 언어로 작성된 성능분석 프로그램의 시뮬레이션 매개변

수로 사용되었으며 시뮬레이션은 UNIX System V Rel.4.1.1의 SUN SPARC Station 1+ 시스템으로 SUNVIEW 윈도우 환경하에서 수행되었다.

이상과 같은 정보통합 시스템의 시뮬레이션 분석자료인 그림 19~20으로부터 64Kbit의 도착 패킷에 대한 단일형과 분산다중형의 시스템적 특성을 파악할 수 있었으며 16, 4, 1Kbits의 패킷에 대한 결과도 산출되었다.

표 6의 결과에서 나타난 바와 같이 개인용 컴퓨터를 사용한 분산형인 COMPAQ386 모델에서는 단일 프로세서로서 자료처리 성능면에서 단일형보다 훨씬 우수하며 통신선로 특성과 메모리용량에 따라 시스템의 정보통합 용

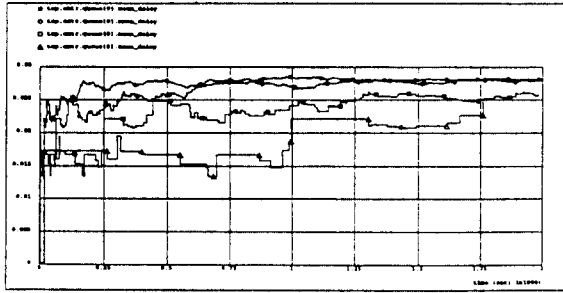


그림 17. 패킷크기 64Kbit, 처리율 1638400bit AT&T 3B 모델에서의 평균 지연시간

Fig. 17. packet size 64Kbit, service rate 1638400bit mean delay time of AT&T model.

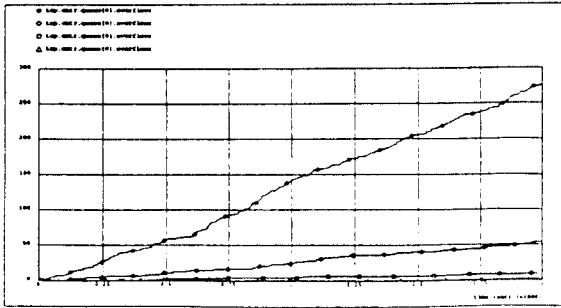
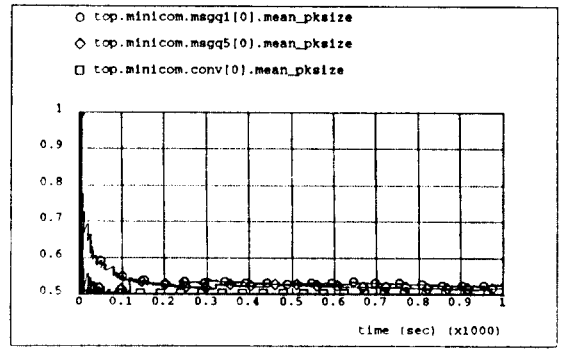


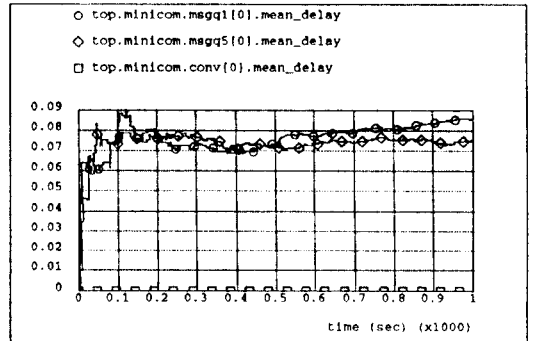
그림 18. 패킷크기 64Kbit, 처리율 1638400bit AT&T 3B 모델에서의 패킷 blocking

Fig. 18. packet size 64Kbit, service rate 1638400bit packet blocking of AT&T 3B model.

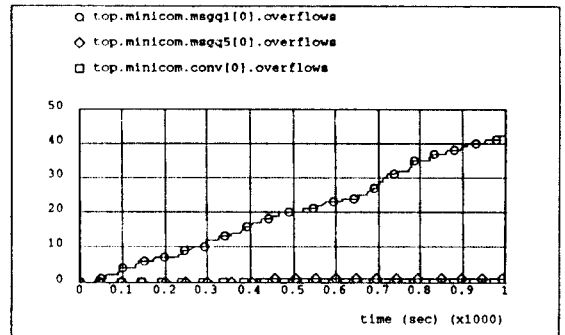
량개선이 가능함을 확인할 수 있었고 단일형에 쓰이는 미니큐의 AT&T 3B2 모델은 처리속도 면에서는 개인용 컴퓨터보다 느린 반면 방대한 메모리큐의 용량을 가짐으로 해서 순간적인 대용량의 자료유입시 발생하는 시스템의 blocking이 표 7에서와 같이 개인용 컴퓨터보다 낮은 정도를 유지하므로써 시스템의 자료처리에 대한 안정성을 보여주었다. 본 연구에서는 레이다 정보처리 시스템이나 종합망과 같이 제작비용이 많이 들고 장시간의 시험을 요하는 문제를 적합한 모델의 설정과 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 가상의 실험을 통하여 다양하게 분석해 봄으로써 시스템의 성능이나 타당성등 설계시의 제반여건에 대한 수량적 검토와 시스템에 영향을 주는 주요한 요인의 파악



(a)



(b)

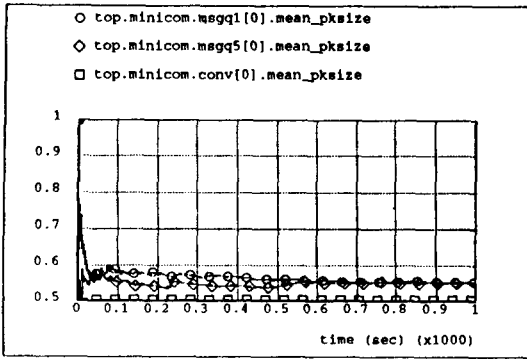


(c)

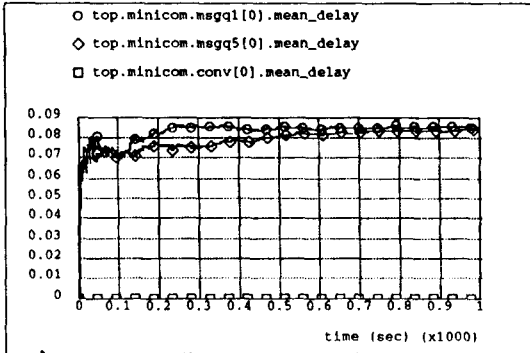
그림 19. 16Kbps, 64Kbit, 입력패킷에 대한 단일시스템형 통합정보시스템 모델의 큐특성  
(a) msgq%, conv의 평균 패킷 크기  
(b) msgq%, conv의 평균 지연시간  
(c) msgq%, conv의 패킷 blocking 누적량

Fig. 19. queue characteristics of the single type data integrating system model on 16Kbps, 64Kbit input.

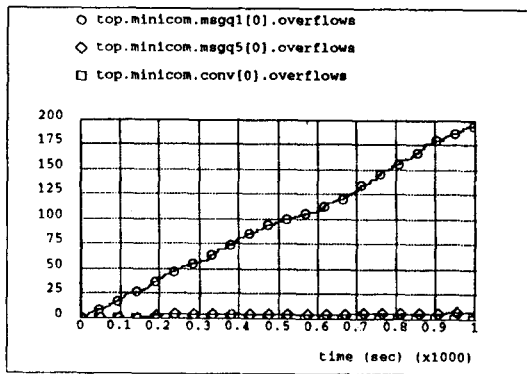
- (a) mean packet size of msgq%, conv,
- (b) mean delay time of msgq%, conv,
- (c) cumulative quantity of the packet blocking of msgq%, conv.



(a)



(b)

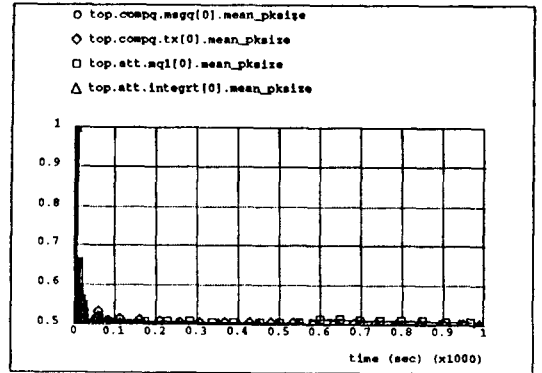


(c)

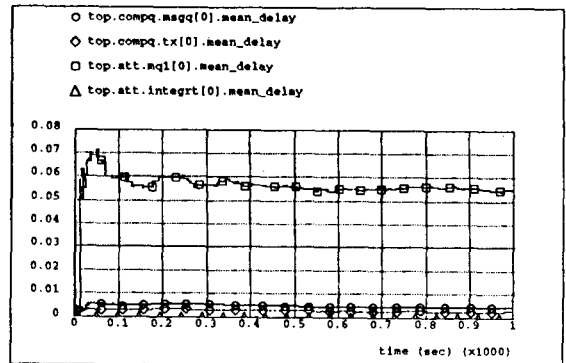
그림 20. 64Kbps, 64Kbit, 입력패킷에 대한 단일시스템형 통합정보시스템 모델의 큐특성  
(a) msgq%, conv의 평균 패킷 크기  
(b) msgq%, conv의 평균 지연시간  
(c) msgq%, conv의 패킷 blocking 누적량

Fig. 20. queue characteristics of the single type data integrating system model on 64Kbps, 64Kbit input.

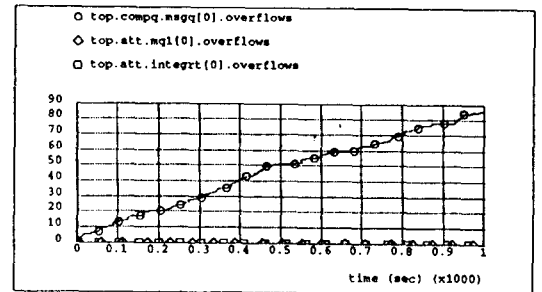
- (a) mean packet size of msgq%, conv,
- (b) mean delay time of msgq%, conv,
- (c) cumulative quantity of the packet blocking of msgq%, conv.



(a)



(b)



(c)

그림 21. 16Kbps, 64Kbit, 입력패킷에 대한 분산다중 시스템형 통합정보시스템 모델의 큐특성  
(a) msgq, tx, intgrt의 평균 패킷 크기  
(b) msgq, tx, intgrt의 평균 지연시간  
(c) msgq, tx, intgrt의 패킷 blocking 누적량

Fig. 21. queue characteristics of the multiple type data integrating system model on 16Kbps, 64Kbit input.

- (a) mean packet size of msgq, tx, intgrt,
- (b) mean delay time of msgq, tx, intgrt,
- (c) cumulative quantity of the packet blocking of msgq, tx, intgrt.

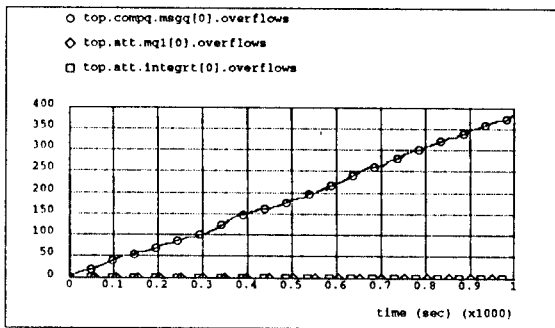
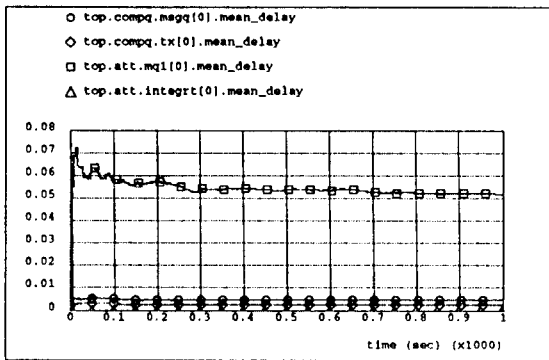
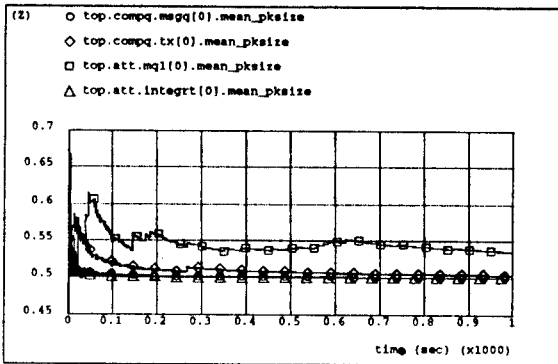


그림 22. 64Kbps, 64Kbit, 입력패킷에 대한 분산다중 시스템형 통합정보시스템 모델의 큐특성  
 (a) msgq, tx, intgrt의 평균 패킷 크기  
 (b) msgq, tx, intgrt의 평균 지연시간  
 (c) msgq, tx, intgrt의 패킷 blocking 누적량

Fig. 22. queue characteristics of the multiple type data integrating system model on 64Kbps, 64Kbit input.  
 (a) mean packet size of msgq%, conv,  
 (b) mean delay time of msgq%, conv,  
 (c) cumulative quantity of the packet blocking of msgq, tx, intgrt.

그리고 이들에 의한 시스템간의 종합적 효율성 비교가 가능하였으며 이들을 토대로 시스템설계에 따른 성능평가에 더욱 효율성을 기할 수 있게 되었다.

V. 결 론

본 연구는 군작전수행의 관건인 지휘통제의 효율화의 일환으로 조기경보체제를 구성하고 있는 군의 각종 레이 다 장비로부터 수렴되는 다양한 정보를 하나의 통합된 시스템으로 처리하는 통합 정보 처리시스템을 설계하고 그의 정보처리 성능평가를 위하여 큐모델을 사용하였다.

다양한 레이다로부터 전송된 메시지를 일정한 형식의 공용 데이터 형태로 변환하고 이들을 처리함으로써 상이한 레이다간의 정보교환이 가능하도록 하는 통합정보처리 시스템의 정보처리 성능을 분석하기 위하여 큐잉 시스템 모델을 사용하였고 자료처리 성능에 따라 각기 상이한 컴퓨터부류로 설계된 단일형과 분산다중형 모델에 대하여 그들의 특성을 비교 분석하였다. 모델로 사용된 큐의 시스템적 특성은 COMPAQ 386/20MHz, DEC MICROVAX, ATT 3B2 시스템들의 IPC 메시지 큐 성능으로부터 산출하였다. 시뮬레이션 결과 고속 데이터 처리성능을 지닌 개인용 컴퓨터는 패킷 정보의 처리에서 소요되는 지연시간의 현저한 감소로 인하여 정보처리의 속도면에서는 미니급 컴퓨터 모델보다 우세한 반면 미니급 컴퓨터를 사용한 단일형 시스템에서는 처리속도는 떨어지지만 패킷의 blocking발생이 매우 낮으므로 갑작스런 패킷의 증가에 대해서는 개인용 컴퓨터 모델보다도 더 안정된 처리능력을 나타내었다.

본 연구에서는 시스템의 구현이 어렵고 시스템 환경요인이 다양한 레이 다 정보처리 시스템과 이들의 연동을 위한 조기경보체제의 구성을 위하여 큐 모델에 의한 컴퓨터 가상 시스템을 설계하고 다양한 환경요소들의 변동사항을 소프트웨어 모델의 실험적 변수를 통해 조정함으로써 변화되는 시스템 성능을 수량적으로 쉽게 관찰할 수 있었다. 따라서 시스템의 설계에서 고려되는 각종 시스템 요소들의 변화가 시스템 전체에 미치는 종합적인 수치적 결

표 7. 큐모델의 interarrival time의 확률분포 평균치  
 Table 7. mean value of interarrival time.

PK SIZE	65,536[bit/sec]			
INTERARRIVAL DISTB.	1	4	16	64
MEAN VALUE (1/λ)				
DATA TRANSMIT RATE	64Kbps	16Kbps	4Kbps	1Kbps

λ : 패킷 발생 분포 (지수함수)의 평균

표 8. 각 컴퓨터 큐모델에서의 평균 지연시간

Table 8. Average delay time in the queue model of each computer.

입력 패킷 크기	COMPAQ 386		DEC M_VAX		AT&T 3B2	
	mean delay	overflow	meal delay	overflow	mean delay	overflow
4 Kbits	0.00074	$\frac{1 \text{ pk}}{1500 \text{ sec}}$	0.00143	$\frac{0 \text{ pk}}{2000 \text{ sec}}$	0.0025	$\frac{0 \text{ pk}}{2000 \text{ sec}}$
64Kbits	0.005	$\frac{800 \text{ pk}}{2000 \text{ sec}}$	0.0233	$\frac{260 \text{ pk}}{2000 \text{ sec}}$	0.02083	$\frac{270 \text{ pk}}{2000 \text{ sec}}$

표 9. 단일 시스템과 분산 시스템의 패킷 blocking을 비교

Table 9. Comparison of the packet blocking rate of the simplex system with the distributed system

	64 Kbps	16 Kbps	4 Kbps	1 Kbps
단일 시스템 (pk size 64K)	$\frac{200 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{40 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{9 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{1 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$
분산 시스템 (pk size 64K)	$\frac{400 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{90 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{25 \text{ pk}}{1000 \text{ sec}}$	$\frac{9 \text{ pk}}{900 \text{ sec}}$
$\frac{\text{분산 ovf}}{\text{단일 ovf}}$	2.	2.25	2.22	3.

과로 얻어짐에 따라 이를 이용한 더욱 효율적이고 안정된 시스템 설계가 가능하게 되었다.

参 考 文 献

[1] M. I. Skolink, "Introduction to radar system", McGraw-Hill Book Company, New York, 1980.  
 [2] M. I. Skolink, "Radar handbook", McGraw-Hill, Publishing Company, New York, 1990.  
 [3] Cypser, "Communication cooperating system", Addison Wesley, 1991.  
 [4] W. Richard Stevens, "UNIX Network programming", Prentice Hall, New York, 1991.  
 [5] Hamdy A. Taha, "Operations Research", Maxwell McMillan, 1989.  
 [6] Leonard Kleinrock, "Queueing System", vol. I, John Wiley & Sons, 1976.

[7] E. Conte, E. D'Addio, A. Farina & M. Longo, "Multistatic Radar Detection Synthesis and Comparison of Optimum and Suboptimum Receivers", *IEEE Proc., CRSP*, vol. 130, Pt. F, no. 6, pp. 484-494, Oct, 1983.  
 [8] A. A. R. Townsend, "Digital Line of Sight Radio Links", Prentice-Hall, 1988.  
 [9] Jhon Walker, "Mobile information system", Artech House, 1990.  
 [10] Bell Core, "Telecommunication transmission engineering", 1990.  
 [11] Martin K, Simon et al, "Spread Spectrum Communications", Computer Science Press, 1985.  
 [12] Edward A. Lee, David G. Messerschmitt, "Digital Communication", Kluwer Academic Publisher, 1988.

著者紹介



李相雄 (學生會長)

1962年 1月 20日生. 1985年 2月 광운대학교 전자공학과 졸업. 1987年 2月 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사. 1987年 2月~1991年 3月 한국통신연구개발단 전임 연구원. 1990年 9月~현재 광운대학교 대학원 전자공학과 박사학위 과정중. 주 관심분야는 정보통합 시스템설계, 시스템 성능평가, 무선데이터 단말 등임.



趙東來 (正會員)

1950年 9月 23日生. 1973年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업. 1979年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사. 1991年 연세대학교 대학원 전자공학과 공학박사. 1978年~현재 국방과학연구소 연구실장. 주 관심분야는 위성 통신 및 VSAT, 레이더 신호처리 등임.

●  
羅克煥 (正會員) 第28卷 A編 9號 參照

현재 광운대학교 대학원 전자공학과 교수