iRTOS 실시간 운용체제를 이용한 레이다 빔스케쥴러 설계 및 구현

황용철* 이철훈**
* 국 방 과 학 연 구 소 ** 충 남 대 학 교 컴 퓨 터 공 학 과
{ychwang, chlee}@ce.cnu.ac.kr

Design and Implementation of a Radar Beam Scheduler using iRTOS Real-time Operating System

Yong-Chul Hwang* Cheol-Hoon Lee **
* Agency for Defense Development
** Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

요 약

레이다 빔 스케쥴러는 레이다의 전체적인 운용과 제어를 담당하는 레이다 통제기의 핵심 기능으로서 레이다의 운용 시간 및 송신 전력 등 한정된 가용 자원을 효율적으로 관리하기 위한 최적화 기법이 매우 중요하다. 본 논문은 충남대에서 개발한 실시간 운용체제인 iRTOS를 기반으로 하여 방위각 방향은 기계적 회전을 하고 고각 방향은 위상을 가변하여 다수의 위협 표적을 실시간으로 탐지하고 추적하는 회전형 3차원 위상배열 레이다에 적용 가능한 레이다 빔 스케쥴러의 구현 알고리즘에 관한 내용이다.

제안된 레이다 빔 스케쥴러는 우선 순위를 갖는 핵심적인 스케쥴링 태스크와 이를 보조하기 위한 다수의 기능 태스크를 정의하고 생성하였으며 태스크간 데이타 교환을 위하여 인터럽트 처리, 시간 관리, 세마포어 및 메시지 큐 등을 적용하였다. 레이다 빔 스케쥴러의 성능을 검증하기 위하여 다수의 모의 표적을 발생시켜 빔 스케쥴러의 상태와 성능을 확인하였으며, 자체 개발한 실시간 운용체제인 iRTOS를 이용하여 3차원 레이다 빔 스케쥴러를 구현할 수 있음을 확인하였다.

1.1. 서론

레이다(RADAR:RAdio Detection and Ranging)는 초고주파(Microwave)를 생성하여 공간 상에 빔을 조사한 후 표적에 맞고 되돌아 오는 반사(echo) 신호의 도착시간과 도플러 변화량에 의해 표적 정보를 획득하는 대표적인 능동형 표적획득 센서이다. 레이다는 주야간 및 전천후로 표적정보 획득이 가능하여 군사용뿐만 아니라 항공기나 선박등의 안전 운항을 위하여 민수용으로도 광범위하게 사용되고 있다.

기존의 2차원 레이다는 빔 폭이 넓은 부채꼴 빔(fan beam)을 사용하여 거리(range)와 방위각(azimuth) 또는 거리와 고각(elevation)의 2차원 정보를 획득하게 되어 표적 탐지, 표적 추적 또는 항해용 등의 한 가지 기능만을 수행한다. 그러므로 점점 증대되고 있는 적의 위협이나 심한 클러터 환경 하에서는 운용 성능이 제한되는 단점을 가지고 있다. 3차원 레이다는 2차원 레이다의 이러한 단점을 극복하기 위하여 빔폭이 작은 펜슬 빔(pencil beam)을 사용하여 거리, 방위각 및 고각에 대한 3차원 정보획득이 가능할 뿐만 아니라 위상변위기에 의한 순간적인 전자빔 조향이 가능하여 탐지 및 추적등 여러가지 기능을 담당할 수 있다[1].

기존에 적용하였던 빔스케쥴러는 순차빔(sequential lobing) 추적방식에 의한 탐지, 확인 및 추적모드 3단계를 수행하였으나[2], 빔 가용성 증가와 안정적인 운용을 위하여 본 연구에서는 모노펄스(monopulse) 추적방식에 의한 탐지 및 추적모드 2단계로 단순화하였다.

본 본문의 2장에서 레이다 빔 스케쥴러 운용개념과 알고리즘 그리고 iRTOS의 특징에 관하여 기술하고 3장에서 빔 스케쥴러의 실험 내용 및 결과를 설명하였다. 그리고 4장에서는 결론과 향후 연구과제를 제시하였다.

2. 관련연구

2.1 레이다 운용모드

3차원 레이다는 그 기능에 따라 그림 1과 같이 크게 안테나, 송수신기, 신호처리기 및 통제기의 4개의 부체계로 구성된다. 본 논문에서 제시한 레이다는 안테나를 방위각 방향으로 360°도 회전하면서 고각 방향으로 탐지빔을 전자적으로 조사하는 방식의 회전형 3차원 위상배열 레이다를 적용대상으로 하였다[3].

레이다 운용모드는 그림 2와 같이 탐지모드와 추적모드 두 가지로 구성하였다. 탐지모드는 기본적인 레이다 운용정보와 빔운용 스케쥴링 순서에 따라 연속된 탐지노드를 찾아가면서 탐지범위 내의 공간상에 빔을 조사하여 표적을 찾는 기본적인 운용모드이다. 추적모드는 탐

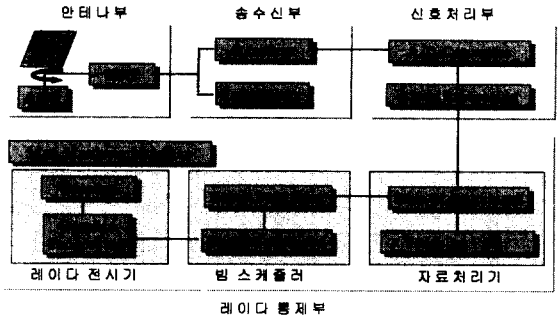

그림 1. 레이다 주요 구성도

지모드에서 표적을 탐지하게 되면 안테나의 다음 스캔(scan)시에 2개의 모노펄스(monopulse) 추적 빔을 조사하여 정확한 표적 위치를 계산하게 된다. 추적하고자 하는 목표 표적에 대한 추적이 성공하게 되면 획득된 표적 정보를 갱신하고, 자료처리기의 추적필터를 사용하여 표적의 다음 이동위치를 예측해서 최적의 추적 빔을 스케줄링한다. 일정기간 연속적으로 표적 추적에 실패하면 탐지모드로 되돌아가게 된다.

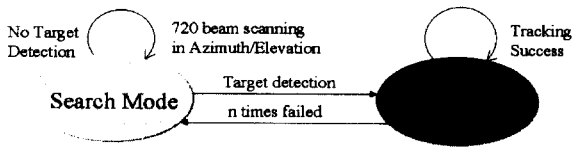

그림 2. 레이다 운용모드

2.2 빔 운용개념

탐지영역을 전부 탐색하기 위해서는 고도 방향으로 10개의 탐지 빔을 조사하여야 하지만 레이다 회전에 의한 시간제한 때문에 그림 3과 같이 고각 방향으로 4개의 탐지 빔만을 운용하며 다음과 같은 운용개념을 갖는다.

첫째, 저고도에 있는 그룹 1의 우선 순위가 높아 매 스캔(2초)마다, 그룹 4번에서는 8초마다 표적정보를 갱신하여 표적 갱신율이 고도마다 다르게 설정하였다.

둘째, 추적 빔은 탐지 빔보다 높은 우선 순위를 가지며 탐지영역뿐만 아니라 고고도의 추적전용 영역에서도 추적 빔을 운용한다.

셋째, 일부 구간에 추적 빔이 집중적으로 조사될 경우에도 최적의 스케줄링을 위하여 주파수 가변에 의한 빔 되돌림(backscan)기능을 적용한다.

넷째, 추적빔 운용으로 인하여 탐지 빔이 누락된 경우 다음 스캔에서 우선 순위를 고려하여 운용한다.

2.3 빔 스케줄러 구조

레이다 운용모드 및 빔 운용개념을 구현하기 위해 다음과 같이 빔 스케줄러의 특성을 갖도록 설계하였다.

첫째. 대부분의 태스크가 주기적으로 반복된다. 탐지모드는 그림 4와 같이 720개의 탐지 노드(node)를 이중

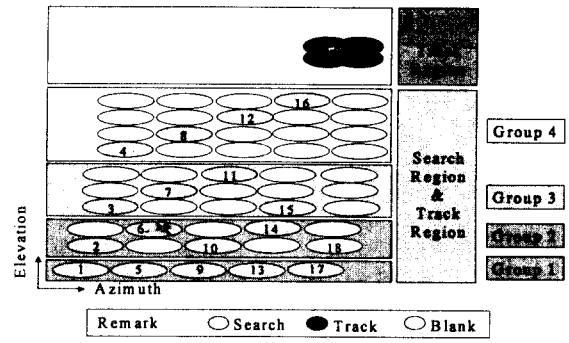

그림 3. 레이다 빔 운영개념

연결 리스트(double linked list)특성을 갖도록 원형으로 구성하고, 안테나 회전각도에 따라 약 3ms의 간격으로 탐지 빔을 순차적으로 운용한다.

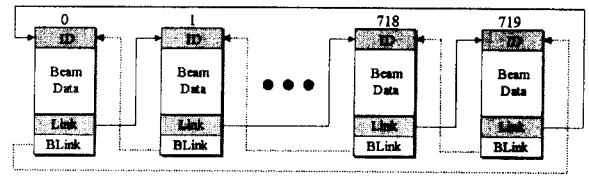

그림 4. 탐지모드의 노드 연결 구조

자료처리기로부터 표적 정보를 수신하게 되면 사용가능한 추적노드 2개를 찾아 연결해 주면서 해당 탐지노드를 삭제한다. 추적노드의 제거 과정은 원래 사용된 탐지노드를 찾아서 연결해 주고 추적노드를 삭제하게 된다. 추적노드를 삽입하는 과정은 그림5와 같다.

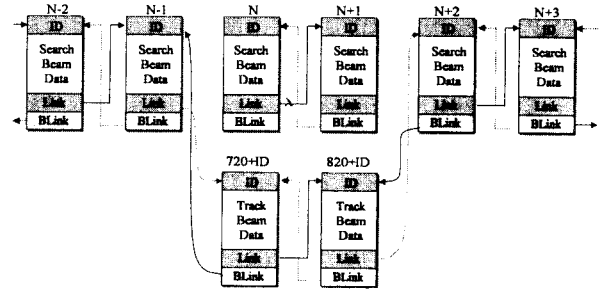

그림 5. 추적노드의 삽입과정

둘째, 정확한 타이밍 응답과 빠른 인터럽트 처리가 필요하다. 추적 빔은 탐지 빔과는 달리 운용 빔 간격이 주기적이지 않아서 빔조향 위치가 불규칙하므로 신속한 스케줄링이 가능하여야 한다.

셋째, 주기적인 레이다 운용정보 관리 및 갱신이 필요하다. 탐지모드에서 동일한 위치의 노드라도 대전자전기능 및 표적의 탐지확률을 높이기 위하여 비예측성을 갖도록 탐지노드의 빔 정보를 계속 변경해 주어야 한다.

2.4 iRTOS 특징

앞 절에서 제시한 레이다 요구사항의 분석결과와 빔 스케줄러의 실시간 운용성능을 보장하기 위하여 iRTOS를 적용하였다[4].

iRTOS는 멀티태스킹이 가능하며 우선 순위가 높은 태스크가 먼저 수행하는 선점형 방식을 채택하고 있다. 태스크를 정적, 동적으로 생성하거나 삭제할 수 있으며, Round-Robin을 지원하는 스케줄링 정책을 가지고 있다. 태스크간 통신(ITC:Inter Task Communication)을 위하여 세마포어, 메일박스 그리고 메시지 큐등을 제공하고 있다. 중요도에 따른 차별적인 인터럽트 처리기능을 제공하고, 일정시간 후 특정 루틴을 수행시키기 위한 타이머 관리기능도 제공하고 있다.

3. 실험 및 성능평가

제안된 레이다 빔 스케줄러는 IBM PC와 ARM 프로젝터 개발환경(Ver.2.50)에서 iRTOS을 이용하여 구현하였다[5][6]. 레이다 빔 스케줄러의 주요 태스크 구성 및 인터페이스 정의는 그림 6과 같다.

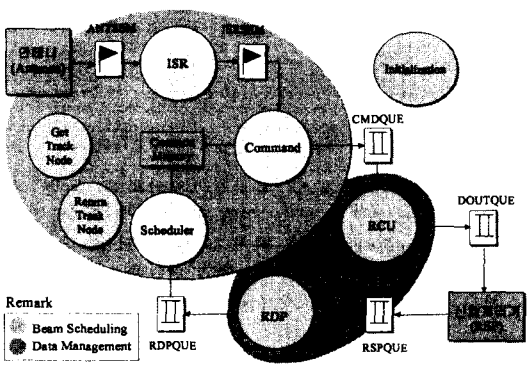

그림 6. 빔 스케줄러 문맥(context) 구성도

프로그램으로 구현한 빔 스케줄러에 사용된 주요 태스크의 정보를 표 1에 정의하였다.

표 1. 빔 스케줄러의 태스크 정의

번호	이름	우선순위	기능
1	Antenna	1	안테나 각도/타이머 처리
2	ISR	2	인터럽터 수신 및 처리
3	Command	15	운용모드별 명령어 생성
4	RCU	10	명령어를 부체계로 전송
5	RSP	11	모의 표적발생 및 표적획득
6	RDP	12	운용모드별 표적자료 처리
7	Beam Scheduler	5	빔스케줄링 노드 삽입/삭제

프로그램 성능을 확인하기 위하여 RSP 태스크에서 임의 위치에 모의표적을 목표성능인 50개까지 발생시켜 성능을 확인하였다. 모의표적 10개에 대한 실험 결과를 그림 7에 도시하였으며, 제안한 알고리즘에 의한 빔 스케줄링이 원활하게 수행되었음을 입증하고 있다.

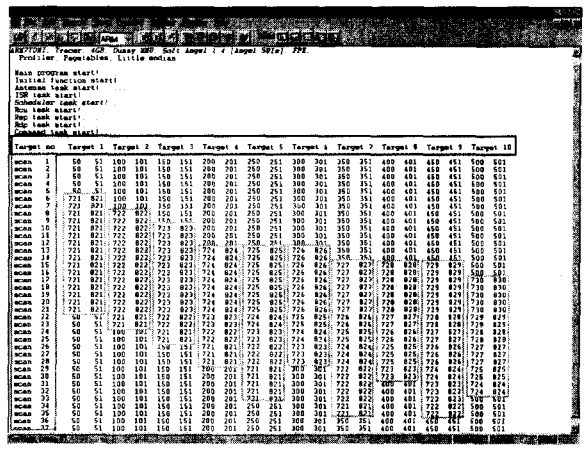

그림 7. 모의표적을 이용한 실험결과

4. 결론 및 향후 연구과제

회전형 3차원 위상배열 레이다의 빔 스케줄러는 제한된 운용 시간과 자원을 이용하여 실시간으로 최적 운용을 담당하는 레이다 통제기의 핵심 기능이다. 이를 구현하기 위하여 국내에서 개발한 실시간 운영체제인 iRTOS를 적용하여 레이다 운용모드를 정립하고 실시간 운용이 가능한 3차원 위상배열 레이다용 빔 스케줄러 기능을 구현하여 운용성능 및 iRTOS의 신뢰성을 확인하였다.

향후 추가적으로 연구할 방향은 제안된 빔 스케줄러와 ARM 계열의 제어 프로세서를 이용하여 적합한 하드웨어를 구성하여 추가 알고리즘 개발 및 실시간 운용상태를 확인할 계획이다.

5. 참고 문헌

[1] David A. Ethington, Peter J. Kahrilas and Gerry D. Write, "Multifunction Rotating Electronically Scanned Radar(RESR) for Air Surveillance", IEEE, Vol.23, pp340~354, 1985.

[2] 이민준,이동효,황용철,홍동희,"회전주사식 위상배열 레이다의 추적성능 예측을 위한 시뮬레이션 기법", 국방과학연구소 유도무기 학술대회, Vol.4, pp84~89, 1994.

[3] Y.C.Hwang,D.H.Hong,Y.K.Kwag, "Real-time O. S. Based Radar Controller for Multi-mode Phased Array Radar System", IEE Radar 97, No.449, pp558~562,1997.

[4] 편현범,이재호,이철훈,"GP-COMPASS/DR 항법소프트웨어를 위한 실시간 운영체제의 설계 및 구현" 한국정보과학회 학술발표 논문집 Vol.27,No.1,pp101~103,2000.

[5] Jean J. Labrosse, "uC/OS The Real-Time Kernel", R&D Publication,1992.

[6] Advanced RISC Machine Ltd(ARM), "ARM Software Development Toolkit User Guide", 1996.