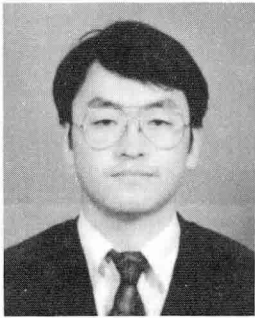


對空 방어 무기체계란 무엇인가?



金承男 / 금성정밀연구소, 선임연구원 공학박사



대공방어무기로 미사일은 기동성 및 긴 사거리 때문에, 기관포는 가격이 낮고 많은 탄알을 한꺼번에 사용할수 있다는 이점 때문에 사용되고 있습니다

현재 이 2가지 무기를 하나의 방공 시스템 아래에 두고자 하는 노력들이 진행되고 있으며, 각 무기의 역할 분담이 이루어져 좀 더 유연하게 대공임무를 수행할 수 있을 것입니다

어떠한 무기체계이든 만든 목적과 수단이 확실하여야 하며, 그 장점과 단점을 비교 분석해서 연구되어야 할 것입니다

일반 적으로 대공 임무는 2가지 중요한 성질이 다른 임무로 나누어질수 있습니다.

즉 호위(Escort) 임무와 고정(Stationary) 임무로 분류할수 있습니다.註 1)

호위 임무의 특징은 빠른 이동과 정찰로 인하여 지형의 영향을 많이 받고, 좁은 시야 거리로 인하여 정보 능력이 적습니다. 결과적으로 짧은 거리에서 출현한 빨리 움직이는 적에 대하여 열악한 환경속에서도 빠른 응답시간을 가져야 합니다.

고정 임무의 특징은 여러가지 상황에서 최적의 위치를 선정해야 하고, 최대의 센서 탐지 거리와 무기의 사거리를 고려해야 합니다.

또한 탐색과 위협도 측정, 화력 조절 등을 정확한 시간표에 의하여 가장 정확한 무기를 사용하여야 하며, 따라서 우전 거리가 길고 높은 격추확률을 가져야 합니다.

그런데 이 2가지 임무를 수행하기 위해서는 기본적으로 탐색, 피아식별, 추적, 무기 할당, 발사 및 유도 등이 착오없이 순차적으로 이루어져야 합니다.

• 탐 색

탐색은 센서(Radar, IR, TV 등)를 통해서 주어진 공간을 조사하는 것입니다.

탐색의 주된 임무는 초기에 표적을 신속하게 찾아서 그 정보를 다음 단계에 전달하는 것입니다.

적의 표적을 격추시키기 위해서는 먼저 탐색이 이루어져야 합니다. 따라서 탐색시 정보를 신속하게 얻을수록, 또한 그 정보가 정확할수록 전체적인 임무수행을 위해서는 그 영향이 지대한 것입니다.

탐색 시스템의 중요한 변수들은 최대탐지거리, 탐색시 얻는 정보에 대한 성질, 정보를 얻는 속도 등이 있습니다.

최대탐지거리는 우선 표적을 격추시키는 무기의 최대 사거리 보다 커야 합니다.

또한 탐지거리가 길수록 표적을 조기에 발견할수 있을 것입니다.

예를 들어 대륙간 탄도탄을 격추시킬 경우를 생각해 보면, 탄도탄의 궤적이 포물선을 그린다고 가정하여 가속도가 0인 지점은 포물선의 꼭지점일 것입니다.

가속도가 0일때 아마도 탄도탄을 격추시키기 상대적으로 쉬울 것입니다.

따라서 탄도탄을 쉽게 격추시키기 위해서는 탄도탄의 발사때부터 탐색이 이루어져야 할 것입니다.

그러나 최대 탐지거리는 다음의 이유때문에 제약을 받습니다. 우선 탐지해야할 공간(V)와 탐지거리(R)과는 $V \propto R^3$ 의 관계가 있습니다.

즉 탐지공간이 거리의 3승에 비례하므로 탐지공간에 있는 표적의 수도 거리의 3승에 비례할 것입니다.

따라서 거리가 길면 많은 정보량을 얻을수 있으나, 불필요한 정보 또한 많이 있을수 있다는 것을 의미합니다.

또한 표적의 신호(S)에 대한 잡음(N)의 비율, 즉 S/N비는 $S/N \propto 1/R^4$ 로 나타내어 집니다.

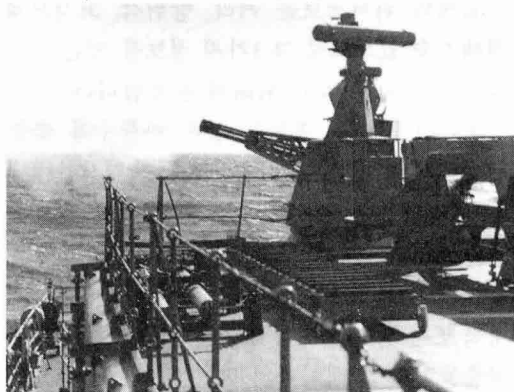
따라서 정보의 정확도가 멀리 있는 표적은 더 낮습니다.

탐지레이더는 대부분 능동식입니다. 즉 센서에서 에너지를 방출하여 되돌아오는 에너지를 측정함으로써 정보를 얻을수 있습니다.

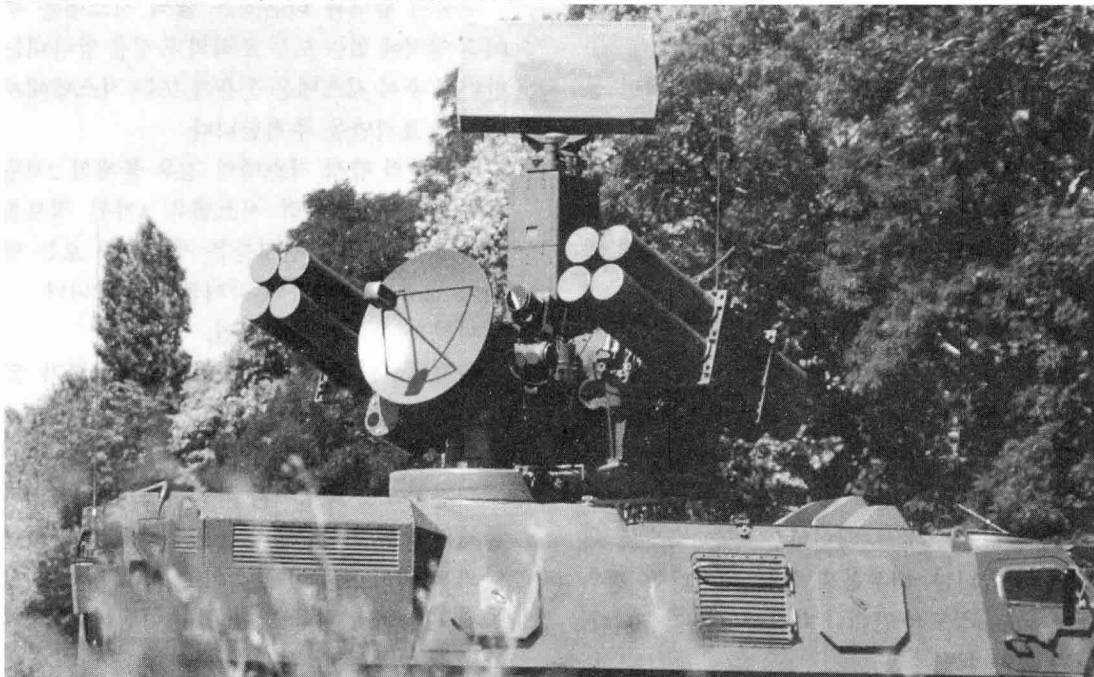
따라서 센서에서 보낸 에너지를 표적이 포착하였다면 표적은 센서의 위치를 탐지하여 미리 방어 수단을 취할수 있습니다. 이런 이유 등으로해서 최대 탐지거리가 정해집니다.

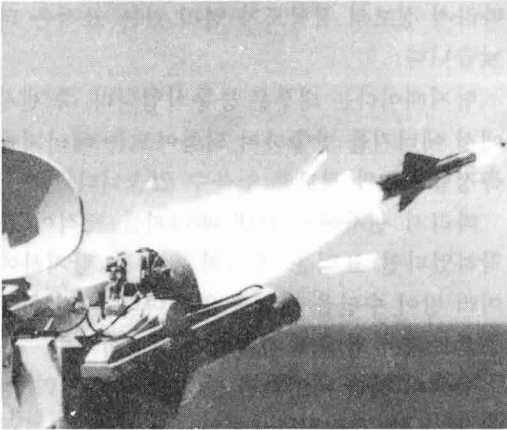
탐색시 얻는 데이터는 주로 표적의 거리, 방위각, 고각, 거리변화율등입니다.

Goalkeeper 근접무기체계 시스템



다중센서로 목표물을 추적, 격추하는 Thomson-CSF社의 CROTALE NG 시스템





Roland 대공방어 시스템

표적의 위치정보는 거리, 방위각, 고각으로 정해질수 있으므로 그 3가지 정보를 얻는 것은 정확한 위치를 알기 위해서 필요합니다.

데이터를 얻는 속도는 물론 빠를수록 좋을 것입니다. 이것은 표적의 정보를 단위시간내에 여러번 얻을수 있으므로 더욱 정확한 정보를 산출할수 있습니다.

그러나 이것 또한 프로세서의 계산능력, 기계적 또는 전기적 특성 때문에 한계가 있습니다. 예를들면 펄스 레이다의 경우, 레이다는 펄스를 송신하고 다시 돌아온 펄스를 수신하여 시간 차이를 계산함으로써 거리를 측정합니다.

가정하여 레이다의 빔 폭이 1°이고 1초에 360° 회전하는 경우 펄스 주파수가 360Hz이면 전방위를 탐색할수 있습니다.

만약에 1초에 2바퀴 즉 720° 회전하는 경우 전방위를 탐색하기 위해서는 펄스 주파수가 720Hz보다 커야 합니다. 그런데 펄스 주파수에 의한 모호하지 않은 거리 범위(R_A)는²⁾

$$R_A = \frac{\text{전파 속도}}{2 \times \text{펄스주파수}}$$

로 나타내어지므로 720Hz인 경우 R_A 는 360Hz인 경우보다 절반이 됩니다. 물론 R_A 가 길면 길수록 좋을 것입니다.

이와 같은 이유로 데이터를 얻는 속도도 제한을 받습니다. 대부분의 탐색 레이다인 경우 10~60rpm 정도의 안테나 회전속도를 갖습니다.

• 피아 식별

탐색을 통하여 얻은 정보는 표적의 동적 특성에 관한 것입니다. 그 정보와 함께 표적이 아군인지 적군인지의 판독이 필요합니다. 피아 식별을 확실하게 하는 방법은 직접 눈으로 식별하는 것입니다.

전기적으로 피아를 식별하는 장치는 IFF (Identification of Friend or Foe)입니다.

IFF는 암호화된 Code를 표적과의 통신을 통하여 식별합니다.

IFF가 중요하다는 것은 두 말할 필요가 없습니다. 예를 들면 1988년 미국 USS Vincennes함이 걸프만을 지나가는 민간 항공기에 2발의 지대공 미사일을 발사한 경우도 있습니다.

냉전이 끝난 후 요즘에는 적기 개념이 모호해졌습니다. 예를 들면 러시아의 항공기가 서방측에서도 구입하여 사용할수 있으며, 또한 서방측 항공기가 상대방에서 구입하여 사용할수도 있습니다. 따라서 같은 기종의 비행기가 서로 응전할 경우가 생길 수도 있는 것입니다.

• 추 적

추적은 탐색과 IFF를 통하여 얻은 표적중에 관심이 있는 것만의 동적특성을 계속해서 조사하는 것입니다.

추적이 탐색과 다른점은 탐색 시스템은 주어진 영역에 있는 모든 표적의 특성을 알아내는 반면에 추적 시스템은 운용자 또는 시스템에서 지정한 표적만을 추적합니다.

대부분의 탐색 시스템인 경우 물체의 2차원 정보를 얻지만 추적 시스템은 3차원 정보를 찾아냅니다. 추적 센서들은 센서들이 보는 방향과 표적의 방향과의 차이를 측정합니다.

이것을 식으로 표현하면,

측정치 = 센서중심의 방향 - 비행물체가 있는 방향

따라서 측정치는 추적 오차를 나타냅니다.

직관적으로 측정치가 작을수록 정확한 비행 물체의 방향을 얻을수 있을 것입니다. 측정치는 앞의 식에서 보듯이 표적의 동적 특성인 비행 물체 방향의 영향을 받습니다. 이점이 탐색 시스템과 다른점 중 하나 입니다.

즉 비행물체가 각각속도를 가지고 움직이고 있을때 측정치를 0으로 하기 위해서는 센서 중심의 방향 또한 각각속도를 가지고 추적해야 합니다.

그런데 센서 중심의 방향의 각각속도는 추적 시스템 터렛의 각각속도와 같은데 터렛의 기계적 특성 때문에 지연이 생깁니다.

이것을 동적지연(Dynamic Lag)이라고 합니다. 이 동적지연은 터렛에 대한 특성입니다.

따라서 경우에 따라서는 터렛의 동적특성 때문에 표적을 추적하지 못하고 놓치는 경우가 있습니다. 추적중인 표적이 거리에 따라, 직선으로 운동할지라도, 각각속도는 시간에 따라 변하게 됩니다.

만약에 그 시스템에서 얻어낸 추적 정보를 다른 시스템으로 전달할 경우 두 시스템간에 기준방향이 설정되어야 할 것입니다.

이 경우 추적 시스템은 안정화 장치가 필요합니다. 즉 추적 시스템의 움직임에 관계없이 지구에 대한 절대적인 표적위치를 구하여 다른 시스템에 전달합니다.

한편 센서와 무기가 같은 위치에 있는 경우, 또 표적의 정보를 다른 시스템으로 전달하지 않는 경우, 추적시스템이 움직여도 추적이 가능하다면 시스템 안정화 장치가 필요 없습니다.

근접무기체계(CIWS)인 경우는 표적이 시스템으로 다가오는 미사일이거나 포탄입니다. 이 경우 표적의 위치를 다른 시스템으로 전달할 시간도 없으며 그럴 필요가 없습니다.

따라서 근접무기체계의 추적 시스템에는 안정화 장치가 필요없습니다.

또한 추적 시스템 이 고정된 경우에도 안정화 장치가 필요 없습니다.

• 무기 할당

무기 할당의 목적은 적 또는 위협으로 판단된 추적중인 표적에 대하여 가장 합당한 무기를 배정하는 것입니다.

할당은 많은 센서, 무기, 적들인 경우 더욱 중요합니다. 예를들면 4대의 적기와 2개의 방어기지가 있으며, 각 방어기지에는 2대의 무기

가 있다고 가정하고, 또 격추시킬 확률이 각각 1이라고 가정합니다.

만약에 2대의 방어기지가 서로간의 정보교환이 이루어지고 완전한 무기할당이 이루어진다면 4대의 적기 모두가 파괴되어질 것입니다.

그런데 만약 방어기지 서로간에 정보교환이 이루어지지 않고 각각 독립적으로 무기할당을 한다고 가정하면 4대를 격추시킨 확률은 6분의 1, 3대를 격추시킬 확률은 3분의 2, 2대를 격추시킨 확률은 6분의 1로써 총 격추시킬 기대치는 3대 입니다.

따라서 불완전한 무기할당에 의한 파괴 기대치는 완전한 경우보다 작게 됩니다.³⁾

• 발사 및 유도

위협목표를 파괴시키기 위해서는 기관포나 미사일을 사용합니다.

즉 기관포탄에는 운용자와 서로 교신되어질수 있는 센서가 없습니다.

따라서 위협목표와 기관포탄이 충돌할때까지 걸리는 시간을 계산해 현재의 위협목표 위치에서 Leading angle을 가감하여 발사합니다.

이 경우 위협목표가 계속해서 진로를 수정한다면 격추시킬 확률은 거의 없습니다. 따라서 많은 양의 기관포탄을 순식간에 발사함으로써 격추시킬 확률을 높이는 방법을 사용합니다.

최근에 기관포탄의 위치를 감지하여 연속적으로 발사 방향을 수정시키는 방법을 통하여 격추확률을 높이는 경우도 있습니다.

또 다른 방법으로 기관포탄에 M/W 센서를 내장하여 운용자의 지시에 따라 궤도를 수정하는 새로운 개념의 기관포탄이 연구 중입니다.

이 경우 가장 큰 문제점은 대포탄의 수평 또는 수직방향의 기준치를 측정하지 못한다는 것입니다. 하지만 가격대비 격추확률이 높다는 점에서 연구되어질 것입니다.^{4), 5)}

참고로 Signaal사에 의하면 76밀리 해군 대포의 CORAS는 기존의 기관포보다 4배의 격추확률을 가질 수 있으며, 미사일 시스템인 Rolling Airframe Missile 또는 Sea Sparrow와 같은 것보다 25% 정도 가격 인하가 예상된다고 합니다.

기관포의 사거리는 구경에 따라 틀려지지만 최대가 5km 정도로 짧습니다.

상대적으로 목표물의 거리가 긴 경우 미사일을 사용합니다.

미사일인 경우 탐색기를 장착한 경우와 지령인도하는 방법등이 있습니다. 탐색기를 내장한 미사일인 경우 추적 시스템이 한번 Lock-On 및 발사후 다른 표적을 즉시 추적할수 있으므로 다중 목표물에 신속히 응전할수 있습니다.

지령인도인 경우 미사일이 목표물을 격추시킬때 까지 추적기가 계속 그 목표물을 추적하여야 합니다. 따라서 다중 목표물일 경우 응전이 상대적으로 느립니다.

• 다중센서 분산체계

지금까지 기술한 것은 탐색에서 격추까지 일반적으로 하나의 시스템에서 일어나는 과정을 요약한 것입니다.

그런데 그러한 시스템이 여러군데 분산되어 있는 경우 각각이 서로 연결되어 목표의 정보를 서로 공유하게 된다면 전체적인 임무수행을 더욱 효율적으로 할수 있을 것입니다.

예를들면 다중센서 시스템인 경우 데이터

융합 기술을 이용하여 다음과 같은 이점을 얻을수 있습니다.⁶⁾

- 동작 성능의 안정성
- 공간적 또는 시간적 동작범위의 확대
- 신뢰도 향상
- 모호성의 감소
- 포착성능의 증가
- 분해능의 증가

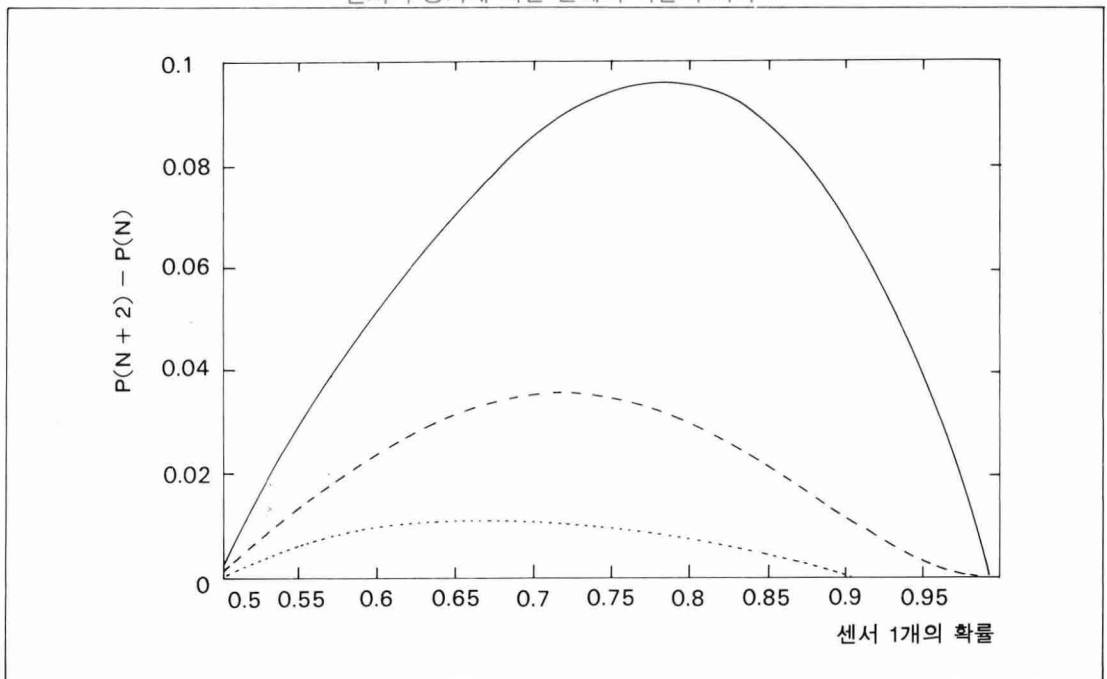
이러한 이점은 정상적인 것이지만 정량적으로 그 이점을 분석한 경우도 있습니다.⁷⁾ 센서 각각의 확률을 p로 나타내고 전체적인 확률을 P로 나타내면 다음과 같습니다.

$$\begin{aligned} \Delta P(N) &= P(N+2) - P(N) \\ &= \frac{1}{2}(N+1)(p(1-p))^{\frac{N+1}{2}}(2p-1) \end{aligned}$$

P_N : N개 센서의 전체적 확률

아래의 그림은 센서의 수가 증가함에 따라 생기는 전체적인 확률의 이득을 표시하였습니다. 여기서 가장 위의 그래프는 센서의 갯수가 1개에서 3개로, 두번째는 3개에서 5개로, 세번째는 5개에서 7개로 변한 경우입니다. 이 결과는 다음 사항을 암시합니다.

센서의 증가에 따른 전체적 확률의 이득



* 센서의 확률이 낮은 경우 전체적인 확률의 이득이 별로 증가하지 않습니다.

* 센서의 확률이 높은 경우 역시 전체적인 확률의 이득 또한 별로 증가하지 않습니다.

* 센서의 갯수가 많은 경우 새로이 센서를 첨가하면 그 전체적인 이득이 갯수가 적은 경우보다 별로 증가하지 않습니다.

그러나 전반적으로는 이득이 증가함을 볼수 있습니다. 예를들면 $p=0.9$ 인 경우 $P_3 = 0.972$ 이며 $P_5 = 0.99144$ 입니다.

이러한 이점들은 전체적으로 복잡하고 비용이 더들며, 장비의 크기, Power 등이 증가합니다. 그럼에도 불구하고 점점더 다중센서 분산체계를 채택하고 있는 경향입니다.

• 복합 방공 시스템

대공방어무기의 대부분은 미사일과 기관포 일 것입니다. 미사일은 기동성 및 긴 사거리 때문에, 기관포는 가격이 낮고 많은 탄알을 한꺼번에 사용할수 있다는 이점 때문에 사용되어지고 있습니다.

현재 이 2가지 무기를 하나의 방공 시스템 아래에 두고자 하는 노력들이 진행되고 있습니다.⁸⁾ 이들 무기를 사용하려면 각각의 탐색과 추적센서가 필요하나, 하나의 센서에 2가지 무기를 지휘 통제한다면 효율적이 될 것입니다.

또한 각 무기의 역할 분담이 이루어져 좀 더 유연하게 대공임무를 수행할 수 있을 것입니다. 예를 들어 사거리가 5~10km인 경우 미사일이 대처를 하고 1~4km 사거리는 기관포가 응전한다는 개념입니다.

맺 는 말

어떠한 무기체계이든 만든 목적과 수단이 확실하여야 하며, 그 장점과 단점을 비교 분석해서 연구되어야 할 것입니다. 탐색에서 격추까지 대공무기체계는 그 중요성이 더욱 강조되어야 할 것입니다.

예를 들면 탐색이 잘 되었다고 해서 격추가 항상 이루어질수 있는 것은 아닐 것이며, 그



영국의 Rapier Darkfire 시스템

반대의 경우도 성립할 것입니다. 즉 각각의 기반시스템들이 유기적으로 연결되어서 전체의 목표달성을 위해 최적으로 동작되어야 할 것입니다. *

참 고 자 료

註) 1) 「Concepts and Requirements for Future Air Defence」, 〈Military Technology〉, pp. 76~77, 1992년 10월호
 2) Byron Edde, 「Rader」, Prentice Hall, 1993년
 3) Robert H.M.Macfadzeam, 「Surface-Based Air Defence System Analysis」, Artech House, 1992년
 4) 「CORAS uprates ship gun hit Capability」, 〈Jane's Defence Weekly〉, p. 822, 1989년 5월 6일자
 5) 「Development of CCSS on target」, 〈Jane's Defence Weekly〉, p. 389, 1991년 9월 7일자
 6) David L. Hall, 「Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion」, Artech House, 1992년
 7) Nahin, P.J. and J.L. Pokoski, 「NCTR plus sensor Fusion Equals IFFN」, Proceedings of the Transactions on Aerospace Electronic System, vol.AES-16, pp. 320~327, 1980년 5월
 8) 김기석, 「1990년대 지상군 방공주력-복합기동방공 시스템」, 월간 〈국방과 기술〉 1992년 11월호 pp. 52~58