

지상전술 C4I체계의 통합화력운용간 전투력 상승효과
평가에 관한 연구
(A Study on The Assesment of Power Improvement
Effectiveness of Corps Level C4I System Applied to
Integrated Fire Operation)

박 송 기, 이 재 영 *

Abstract

This paper develops a methodology that can be used to quantify the assesment of power improvement effectiveness of corps level C4I system applied to integrated fire operation by adapting Schuzer's C2 theory. This paper first describes how C4I systems can enhance the battle outcome in three way. : (1) Enhanced unit probability of survival; (2) Enhanced unit's individual effectiveness; improved exchange ratios; (3) Improved task force allocations ; increased percentage of assets that can be assigned to a given engagement.

These enhancements are then show to result from improved probability of detection through information sharing; improved survivability and lethality through battle force coordination; and enhanced force allocation and prepositioning through improved timeliness of information(more advanced warning).

It demonstrates that well-designed C4I systems can be shown to represent a significant force multiplier on the outcome of the battle.

* 국방대학교 관리대학원

1. 서 론

급격하게 발전하고 있는 군사과학 기술과 정보기술로 인하여 21세기 미래전은 첨단 정보수집체계로부터 획득되고 융합되어진 정확한 정보를 바탕으로 가용 모든 전력이 통합 운용되는 입체적 총력전으로 발전하고 있다. 이러한 미래전의 핵심이 되는 정보 전력은 아축의 정보능력과 정보흐름을 보장하면서 상대측의 정보능력과 정보흐름을 파괴 또는 마비시키면서 전쟁에서 승리할 수 있는 정보전력체계를 의미한다. 그러나 정보전력체계의 전투효과에 대한 객관적인 측정기준이 부재하여 국방정보화사업 추진시 예산낭비요인이 되고 있다. 예를 들어 1990년부터 10년간 막대한 규모의 국방비가 투자된 전략 C4I사업의 경우 체계적이고 신뢰할만한 전투력 상승 효과 평가기준이 부재하여 투자대비 효과측정이 불가피하였다. 따라서 정보전력체계 투자에 대한 과학적인 평가방법 개발이 시급히 요구되는 실정이다.

본 연구의 목적은 미래 정보전의 핵심인 정보전력 체계의 투자효과에 대한 과학적인 평가방법을 제시함에 있다. 현재 추진되고 있는 국방정보화 지휘 통제 사업증에서 지상전술 C4I체계 구축에 의한 정보의 정확도 향상과 지휘통제시간 단축에 따른 군단의 통합화력 운용간 전투력 상승효과를 평가하고자 한다.

먼저 지휘통제체계 전력평가 모델을 고찰하고, 전력평가 모델에서 지휘통제시간 단축과 변화에 따른 전투력 상승효과와의 상관관계를 이용하여 지상전술 C4I체계가 도입됨으로서 얼마만큼의 전투력상승효과가 나타나는지를 평가하고자 한다.

본 연구에서는 지휘통제체계 전력평가 모델을 이용하여 지휘통제체계의 개선이 전투력 상승효과에 미치는 영향을 평가함에 있어 전투이전의 전력(가치) 대비 전투후의 전력(가치)으로 비교, 분석하고자

한다.

전투력 상승효과를 평가할 때의 가치는 전력지수 등의 가치로 사용할 수 있으며, 본 연구에서는 이러한 지휘통제체계의 하나인 군단급 C4I체계 운용개념과 전력평가 모델을 소개하고, C4I체계 구축으로 인한 지휘통제시간의 감소 및 정보의 정확도 향상에 따른 생존확률과의 관계, 예하부대 가용시간에 변화에 따른 할당비율의 개선, 총체적인 교환비율의 향상의 3가지 요소를 지휘통제체계 전력평가 모델에 적용하여 전투력상승효과를 평가하고자 한다.

연구방법은 첫째, 군단급 제대의 C4I체계 운용개념과 전력평가 모델을 고찰하고, 둘째, 고찰된 지휘통제체계 전력평가 모델을 이용, 지휘통제체계의 시간 단축과 정보의 정확도 증가에 따른 상승효과를 생존성 향상, 할당비율 개선, 교환비율의 향상 측면에서 분석한 후 잔존전투력 규모에 대한 지휘통제시간과 정보의 정확도가 미치는 영향을 알아보려 한다. 셋째, 군단급제대의 지휘통제시간 단축 자료를 이용하여 전투력 상승효과를 평가하고 이러한 전투력 상승효과를 얻기 위한 체계구축이전의 투입부대 변화를 분석하고자 한다.

2. 관련분야 연구추세

미래전력의 핵심이 산업화시대의 기존전력체계에서 정보화시대의 정보전력체계로 변화하고 있다. 이에 따라 새로운 전력체계에 맞는 전력평가 개념 및 효과측정 척도가 요구되고 있으나 무기효과지수 및 부대효과지수 등과 같은 계량화 평가방법이나 란체스터 전투모델과 같은 소모중심의 전력평가개념으로는 시간 및 정보우위를 바탕으로 하는 정보전력체계의 전투효과를 측정하는데는 적합하지 않다. 따라서 정보전력체계의 전투효과를 계량적으로 평가할 수 있는 새로운 MOE가 필요한 것이다. 특히 현재 군정보화사업의 일환으로 추진되고 있는 지상전술

C4I체계에 대한 전투효과를 실질적으로 평가할 수 있는 MOE는 연구가 미흡한 실정이다.

지금까지 C4I체계와 관련한 연구중에서 Daniel M. Schutzer“C2 Theory and Measures of Effectiveness”의 1) 논문에서는 지휘통제시간과 정보의 정확도요소를 이용한 전력평가모델을 제시하였다. 핵심내용은 지휘통제시간의 변화가 해군의 플랫폼에 대한 생존확률, 할당비율, 교환비율에 어떻게 영향을 미치는가를 연구하였다. 이러한 3가지 변수를 이용하여 지휘통제체계 개선시 잔존전투력 가치의 변화를 통한 C2 체계 구축전후의 전투승수효과를 구하는 방법을 제시하였다

21세기 군사연구소의 연구 문헌중 “정보전력체계의 전투효과 평가방법 기본개념 연구”에서는 정보전력체계의 구성과 정태적, 동태적 전투력평가방법에 대한 개괄적인 사항과 네트워크 중심의 전쟁(NCW: Network Centric Warfare)²⁾과 전투력 평가방법에 대해 기술하였다. 특히 메트칼프의 법칙을 이용 네트워크 체계 구성에 따른 전투력증가를 함수식으로 유도하였다.

해군의 지휘통제체계 개선에 의한 전투력 상승효과에 관한 연구로는 네트워크화에 의해 실시간 표적 정보 공유를 통한 지휘통제 시간단축 측면에서 현재 해군 2함대에서 사용중인 지휘통제체계(KNTDS : Korea Navy Target Distribution System)의 전투력 상승효과³⁾를 평가 하였다. 위 논문에서는 Daniel M Schutzer의 C2 Theory를 이용하여 분석한 결과

KNTDS 사용으로 5분의 지휘통제시간이 단축되었을 경우 KNTDS체계의 전투력 상승효과는 기존체계보다 32% 향상되었으며, AHP기법을 적용하여 평가시에는 69%향상되었음을 알 수 있었다. 하지만 이 논문에서는 C2이론에 의한 3가지 전투력 상승효과 요소 가운데 생존확률의 향상이 전투력 상승효과에 미치는 영향만을 고려하였다.

육군의 지휘통제체계 개선과 관련 전투력상승효과 연구로는 강승철의 “AHP기법을 이용한 지상전술 C4I체계의 전투효과 분석에 관한 研究”⁴⁾가 있다. 지상전술 C4I체계의 전투효과를 분석하기 위해 지상전술 C4I체계의 개념 및 구성요소별 전투효과를 분석하여 세부 평가요소를 설계하였다. C4I체계 운용 실무자 30명을 대상으로 설문자료를 바탕으로 expert choice 2000 package 및 Excel 프로그램을 이용하여 지상전술 C4I체계의 전투효과를 분석한 결과 약 65.4%의 전투효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 C2 효과측정 모델을 적용하여 지상전술 C4I체계의 전투효과를 분석한 결과 약 62.9%의 전투력 상승효과가 있는 것으로 분석되었으며 분석된 전투효과지수를 이용하여 전차대비 지상전술 C4I체계의 비용대 효과분석 결과 지상전술 C4I체계가 전차보다 약 8배의 전투효과가 더 증대되는 것으로 분석되었다. 여기서도 C2 효과측정 모델을 적용시 생존확률의 요소만을 고려하여 보병 및 전차대대의 교전에 관한 전투력 상승효과를 평가하였다.

본 연구가 기존연구와의 차이점은 우선 군단급 지

1) Daniel M. Schutzer, " C2 Theory and Measures of Effectiveness", In John Hwang, Daniel M. Schutzer, Kenneth Shere & peter Vena, (eds)

Selected Analytical Concepts in Command and Control, Gordon and Breach Science Publisher, New York, 1982. pp. 119~144

2) 김영길, 임길섭, 전병욱, “네트워크화 무기체계의 전투기여 효과분석을 위한 기반연구”, KIDA연구보고서, 2000.9. pp 97~102.

3) 이수열, “KNTDS의 전투력 상승효과 평가에 관한 연구”, 국방대학교 운영분석 석사논문, 2001.

4) 강승철, “AHP기법을 이용한 지상전술 C4I 체계의 전투효과 분석에 관한 研究” 국방대학교. 운영분석 석사논문, 2001.

상전술 C4I체계 도입에 따른 통합화력운용간 전투력 상승효과를 평가한 연구가 전무한 실정이며, 위에서 언급한 해군 및 육군의 연구 결과는 Daniel M. Schutzer의 C2 Theory의 생존확률 요소만을 고려하였다.

본 연구에서는 C2 Theory의 3가지 효과, 즉 생존확률, 할당비율, 교환비율을 모두 적용한 전투력상승효과를 연구하였다. 추가적으로 C4I체계 구축에 따른 초기정보의 정확도 향상이 전투력상승효과에 미치는 영향까지도 연구하였다.

3. C2 이론을 이용한 C4I체계분석

3.1 C2 이론 소개)

지상전술 C4I체계 전투효과 분석은 란체스터 전투모델을 이용한 C2효과분석 모델로서 미해대원 Schutzer 교수가 해군함대간의 교전시 지휘통제체계의 획기적인 개선으로 나타나는 효과측정요소를 통해 전투력 상승효과를 측정된 모델이다. 이 모델의 특징은 지휘통제체계 (C2) 개선으로 나타나는 3가지 효과요소-생존확률증가, 자산개별효과 (교환비율) 증가, 할당된 자산비율 증가-를 설정하여 지휘통제상의 시간변수들과 란체스터 전투모델을 이용한 교전 전·후의 부대 잔존전투력의 MOE를 비교하여 전투력 상승효과를 측정된 것이다. 그러나 Sensor체계의 효과개선은 부분적으로 고려되었으며, Shooter 체계의 효과개선은 고려되지 않았다. 본 연구에서는 지상전술 C4I체계 구축전후의 전투력상승효과를 측정시 지휘통제체계의 개선효과요소 중 정보의 정확도와 시간변수의 변화에 따른 생존확률의 변화, 예하부대 가용시간의 증가에 따른 할

당비율의 변화, 생존확률과 할당비율의 향상으로 증가된 교환비율, 3가지요소를 개별적으로 혹은 전부 고려할 경우로 구분하여 평가하였다. 특히 잔존전투력 산출시 부대전력지수를 고려하였으며, 이것은 C2이론에서 특정시점에서의 자산 가치를 판단함에 있어 피아부대의 특정시점의 잔존전투력의 차를 부대의 순가치로 평가한 개념을 확장한 것이다. 즉 공군 및 육군 화력을 통합하여 운용할 경우 부대의 특성을 보다 정확하게 적용하기 위함이다.

이 모델은 지휘통제과정상의 생존확률과 할당비율, 교환비율변화에 대한 C2효과분석모델을 적용하며 이를 위해 요구되는 변수들은 시간요소, 전력지수, 교환비율, 단위부대의 이동속도 (전투상황) 정보의 정확도, 화력장비의 사거리와 무기의 비과시간 등이다

-세부적인 함수식 유도과정은 Schutzer의 C2 이론 관련문헌 참고.

먼저 선형법칙 유도시 특정 교전 j에서 단위부대의 특성을 고려하지 않으며, 교환비율이 단위부대간 동일하다고 가정하면 MOE는 다음과 같다.

$$MOE_j = \frac{\langle N \rangle_j - X_0 \langle M \rangle_j}{N_0} \quad (1)$$

여기에서,

X_0 : 교환비율 (평균 청군손실 / 평균 홍군손실),

$$\langle N \rangle = \sum_{k=1}^T p_{kj} a_{kj} n_{kj},$$

$$\langle M \rangle = \sum_{k=1}^S q_{kj} b_{kj} m_{kj},$$

$$N_0 = \sum_{k=1}^T n_{kj}$$

p_{kj} : 청군 k단위부대의 교전 j에서 생존확률,

5) Daniel M. Schutzer, " C2 Theory and Measures of Effectiveness", In John Hwang, Daniel M. Schutzer, Kenneth Shere & peter Vena, (eds)

Selected Analytical Concepts in Command and Control, Gordon and Breach Science Publisher, New York, 1982. pp. 121 ~ 128.

q_{kj} : 홍군 k'단위부대의 교전 j에서 생존확률,

a_{kj} : 청군 k단위부대의 교전 j에서 할당비율,

b_{kj} : 홍군 k'단위부대의 교전 j에서 할당비율.

이상의 경우는 단위부대 특성을 고려하지 않은 경우이고 단위부대의 특성을 고려할 경우는

$$MOE_j = \frac{\langle N' \rangle_j - \langle M' \rangle_j}{N'} \quad (2)$$

여기에서,

$$\langle N' \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{p_{kj} a_{kj} n_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$\langle M' \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{X_{kk'} q_{kj} b_{kj} m_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$N' = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj}$$

$X_{kk'}$ 는 홍군 k'단위부대와 청군 k 단위부대의 교환비율이다.

제곱법칙 적용시 특정 교전 j에서 단위부대의 특성을 고려하지 않으며, 교환비율이 단위부대간 동일하다고 가정하면 MOE는 다음과 같다.

$$MOE_j = \frac{\langle N^2 \rangle - X_0 \langle M^2 \rangle}{N_0^2} \quad (3)$$

여기에서,

$$\langle N^2 \rangle = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^T p_{kj} p_{kj} a_{kj} a_{kj} n_{kj} n_{kj},$$

$$\langle M^2 \rangle = \sum_{k=1}^S \sum_{k'=1}^S q_{kj} q_{kj} b_{kj} b_{kj} m_{kj} m_{kj}$$

$$N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^T n_{kj} n_{kj}$$

이상의 경우는 단위부대 특성을 고려하지 않은 경우이고, 제곱법칙에서 단위부대의 특성을 고려할 경우,

$$MOE_j = \frac{\langle N^{\prime 2} \rangle_j - \langle M^{\prime 2} \rangle_j}{N^{\prime 2}} \quad (4)$$

여기에서,

$$\langle N^{\prime 2} \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2}{1 + X_{kk'}}$$

$$\langle M^{\prime 2} \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{X_{kk'} q_{kj} b_{kj} m_{kj}^2}{1 + X_{kk'}}$$

$$N^{\prime 2} = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj}^2$$

위 식에서 변수로 정의된 생존확률, 할당비율, 교환비율은 지휘통제 체계 개선으로 인해 체계구축 이전과 비교가 가능하다.

위 식으로부터 계산된 초기/잔존 전투력은 t 시점에서의 부대수를 의미하며, 실제 MOE를 계산할 경우에는 특정시점에 잔존하는 전투부대의 형태별로 전력지수를 곱하여 계산하여야 한다. 이렇게 하는 이유는 군단급 통합화력운용시 단위부대가치를 전력지수 등으로 개량화 할 수 있다면 특정시점에서의 교전후 잔존 부대수에 전력지수를 곱하여 잔존전투력에 대한 가치를 구함으로써 단순히 C2이론에서 피아 함정간의 잔존부대수의 차를 비교하여 전투후의 순가치를 구하는 것보다 정확한 잔존부대 가치를 구할 수 있기 때문이다. 본 논문에서 이용한 식은 다음과 같다.

제곱법칙에서 단위부대의 특성을 고려할 경우, 교전후의 잔존전투력에 대해 단위부대의 전력지수를 곱하여 잔존전투력을 가치를 구하면 다음과 같다.

$$MOE_j = \frac{\langle N^{\prime 2} \rangle_j - \langle M^{\prime 2} \rangle_j}{N^{\prime 2}} \quad (5)$$

여기에서,

$$\langle N^{\prime 2} \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$\langle M^{\prime 2} \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{X_{kk'} q_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$N^{\prime 2} = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj}^2 v_{kj}$$

v_{kj} 는 교전 j에서 청군 k급부대의 전력지수,

w_{kj} 는 교전 j에서 홍군 k'급부대의 전력지수.

지휘통제체계에 의한 MOE 향상은 앞에서 언급한 바와 같이 세 가지 측면을 고려될 수 있는데 첫째는

단위부대 k가 j교전에서 생존할 확률 p_{kj} 는 개선된 지휘통제체계 사용으로 인해 반응시간 단축 이후에는 αp_{kj} , $\alpha > 1$ 로 증가된다. 즉,

$$p_{kj} \rightarrow \alpha p_{kj}, \quad \alpha > 1. \quad (6)$$

둘째, 전투체계 자체의 효용성증대로 교환비율 X_0 , $X_{kk'}$ 는 지휘통제체계 사용에 의해 반응시간 단축이후에는 $\gamma X_0, \gamma X_{kk'}$ $\gamma < 1$ 로 변화된다.

즉,

$$X_{kk'} = \gamma X_{kk'}, \quad X_0 = \gamma X_0, \quad \gamma < 1. \quad (7)$$

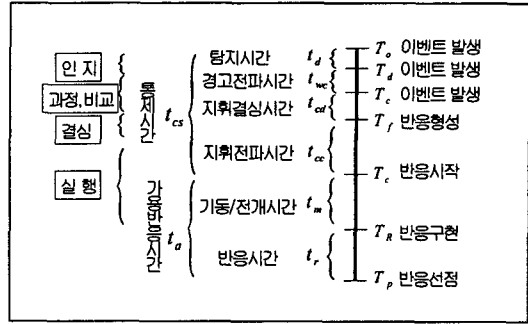
셋째, 단위부대형 k가 j교전에 할당될 비율 a_{kj} 는 지휘통제체계 사용에 의해 반응시간 단축이후에는 δa_{kj} , $\delta > 1$ 로 증가된다. 즉,

$$a_{kj} \rightarrow \delta a_{kj}, \quad \delta > 1. \quad (8)$$

식 (6), (7) 및 (8)은 청군의 지휘통제체계의 효과성만을 표시한 것이며 홍군의 경우도 지휘통제체계에 의한 위 3가지 요소의 상승이 있을 경우 동일한 방법으로 효과성을 측정할 수 있다. 이러한 세가지의 지휘통제의 효과성 증대는 지휘통제시간 단축으로 인한 예하부대에 충분한 반응시간을 할애함으로써 작전의 성공에 기여할 수 있다.

어떤 상황에 대처하는 군사력 활동에서 중요한 인자는 상황에 대한 "최초대응"과 최초대응을 구현하는 시점이 될 것이다. 효과적인 지휘통제 체계는 지휘관에게 지속적으로 정보를 제공하여 "최초사건"을 인지하고 원하는 최초대응을 생성하여, 예하부대에 대응 수행하도록 지시를 내릴 수 있게 함으로써 상황의 우위를 선점하도록 해준다

한 사건이 시간 T_0 에 발생하여 상황이 전개되기 시작하여, 시간 T_P (선제 공격을 받는 시간)이전에 대응하여 상황우위를 선점하는 과정을 [그림 3-1]과 같이 전개할 수 있다. 지휘관이 상황을 인지하고 대응책을 강구, 예하부대에 지시하여 최초대응이 이루어지는 시간 T_R 이 T_P 보다 선행하면 이 지휘



[그림 3-1] 지휘통제체계의 시간

는 성공적 또는 최소한 적절한 것으로 간주된다. 만약 T_R 이 T_P 보다 늦게 된다면 이 대응은 적으로부터 선제공격을 받게 되어 실패가 된다. 이러한 상황전개의 시간은 통상 다음과 같은 8가지의 시간종류를 갖는다

- t_a : 상부지시 수명 후 T_P 까지의 시간,
- t_{ca} : 최초 지시를 수명할 때까지 시간,
- t_d : 상황발생과 상황 탐지 시간(센서),
- t_{wc} : 상황 중요성인지 후 지휘관이 인지시간,
- t_{cd} : 지휘관이 인지 후 반응 형성시까지 시간 (명령 준비 시간),
- t_{cc} : 관련된 세력에게 지시하는 시간,
- t_m : 반응을 위해 이동(준비)하는 시간,
- t_r : 세력 반응시간.

이 시간개념에서 특이한 점은 지휘통제체계의 MOE는 지휘관의 계획 기능이 상당히 큰 영향변수라는 것이다. 만약 지휘관이 "우발계획"을 미리 가지고 있다면 t_{cd} , t_{cc} 는 현저하게 감소할 것이다(물론 통신능력도 고려되어야 한다). 또한 지휘관의 우발계획이 잘 작성되었다면 세력을 적절한 위치에 배치할 수 있어서 t_m 도 감소시킬 수 있을 것이다. 이런 측면에서 볼 때 지휘통제체계의 시간단축은 지휘통제체계에 의한 시간단축과 함께 사전에 준비된 상

황대처 능력(우발계획)도 중요한 영향변수이다. 다음 절은 시간의 민감도에 따른 3가지 변수의 변화를 세부적으로 알아보도록 한다.

3. 2 정보와 시간변수에 의한 생존확률 변화

생존확률(공격에서 성공할 확률)은 충분한 반응구현 시간 t_m 을 가지고 적과의 교전을 위해 정확하게 적을 탐지하고 대응할 확률과 직접적으로 관련이 있다.

만약 청군이 관심구역 내에서 적의 위치를 계속적으로 접촉, 유지하기 위해서는 계속적인 보고가 되어야 한다. 이러한 내용을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$T_R - t_{cs} = t_m \geq \frac{V_H T_R}{V_F} \quad (9)$$

T_R 은 반응구현시간, V_H : 적 부대속도

t_m 은 아군부대의전개/기동시간(대응을 하기위해)

V_H : 아군 부대속도

다시 말해 기동할 수 있는 시간(t_m)을 지휘통제 시간(t_{cs})의 식으로 정리하면

$$t_m \leq T_R(1 - \frac{V_H}{V_F}) \text{이 된다.}$$

여기서 $t_m \leq T_R(1 - \frac{V_H}{V_F})$ 이면 아군이 먼저 반응할 수 있는 여건을 제공하며 이는 아군의 생존율에 지대한 영향을 미칠 것이다.

시간변수 중 한부대의 실기동/전개시간의 단축은 반복 훈련에 의해 단축될 수 있으며, 장비의 성능 개량과 신형장비 도입으로 가능하다. 하지만 지휘 통제시간은 C4I체계 구축시에 상당히 단축할 수 있다

결국 생존확률은 아군부대의 충분한 반응구현시간을 보장하기 위해 지휘통제시간을 얼마나 단축할 수 있는가에 관심이 있다.

이 분야를 자세히 살펴보면, 어떤 지역 A에 적

이 $\rho = \frac{N}{A}$ (N 은 적의 목표물 수)의 밀도로 랜덤하게 분포되어 있다고 가정하면, 우리가 특히 관심을 가지고 있는 지역 ΔA (센서가 보고할 수 있는 지역)에서 탐지할 수 있는 적 목표물의 수는 $N' = \sigma A$ 이다.

이때 각각의 탐지된 적 목표물에 대한 정확한 연관분석이 이루어질 확률(P_c)은 다음과 같다.

$$P_c = \frac{1}{1 + \rho \Delta A} \quad (10)$$

하지만 이런 연관분석을 위해서는 ΔA (센서의 유효면적)에서 불확실성 문제가 발생한다.

이런 불확실성 요소는 적의 플랫폼의 속도와 아군의 지휘통제시간, 그리고 초기정보의 정확도와 관련이 있을 것이다.

$$\Delta A = C_1 V_P^2 t_{cs}^2 \sigma^2 \quad (11)$$

즉, ΔA 구역의 불확실성은 플랫폼의 속도와 지휘통제시간의 제곱에 비례하며, 초기정보의 정확도와 깊은 관련이 있음을 알 수 있다.(불확실성면적은 시간의 제곱에 비례하여 커짐)

위 식에서 시간변수, 적의 밀도, 단위부대의 이동 속도에 관련되는 자료는 실무부대의 적용사례를 통해 C4I체계 도입으로 인한 감소된 지휘통제시간과 예비부대 가용시간의 변화량을 분석할 수 있을 것이다.

다음으로 우리가 주목해야 할 분야는 어떤 감시지역에서의 정보의 정확도 혹은 그 지역에 대한 정보의 불확실성을 어떻게 측정 할 것인가 하는 것이다.

위 식에서 사용된 초기정보의 정확성은 C4I체계 도입에 따른 네트워크 체계 구축으로 동일한 탐지장비를 사용하더라도 보다 증가된 탐지확률을 얻을 수 있는 반면 초기정보에 대한 불확실성은 적 표적을 제대로 탐지하지 못할 확률과 관계가 있을 것이다.

σ^2 (최초 정보의 부정확도)의 평가시 $\sigma^2 = 1$ -탐지율(C4I 구축전후의 탐지확률)로 정의하면,

-C4I 구축전 : 자체 장비의 탐지율중 max값
 -C4I 구축후 : 네트워크와 연동시 탐지율은 1 -
 (가용탐지 장비의 미 탐지율의 곱)
 네트워크 구축시 탐지확률의 증가는 다음과 같다.

$$P_{max} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n)$$

정보의 불확실성은 탐지확률이 1일 경우 0이며, 탐지확률이 0일 경우 1로 하고, 각각의 장비가 적에 대한 정보를 탐지할 확률이 특정한 값을 가진다면 위 식에서 쉽게 구할 수 있다.

만일 탐지확률이 어떤 확률분포나 오차가 존재할 경우 ARENA 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 신뢰성 있는 값을 얻을 수 있다. 아래결과와 시뮬레이션 1000회 반복시 나타난 결과이다. half width는 95%의 신뢰수준에서 얻은 값이다.

<표3-1> 센서의 오차를 고려한 탐지확률과 σ^2 (정보의 부정확도)

구분	UAV	RASIT	기타수단
개별탐지확률	.90	.80	.50
표준편차	0.1	0.2	0.5
확률분포	정규분포로 가정		
C4I 도입전	탐지 확률 : 0.9374 (half width 0.0042) 부정확도 (σ^2) : 0.0626		
C4I 도입후	탐지 확률 : 0.9880 (half width 0.0011) 부정확도 (σ^2) : 0.0118		

※ARENA 프로그램은 부록 참조

따라서 <표3-1>에서 얻은 정보의 정확도를 가지고 시간 t_{cs} 내에 정확하게 탐지한 적 목표물에 대한 연관분석을 할 확률 (즉 생존확률) 은 아래 식으로 계산할 수 있다.

$$P_c = \frac{1}{1 + C_1 \rho [V_P^2 \sigma^2 t_{cs}^2]} \quad (12)$$

$$= \frac{1}{1 + C_1 \rho [V_P^2 \sigma^2 (T_R - t_m)^2]}$$

C_1 : 임의의 상수,

ρ : 적 밀도 평방킬로미터)

V_P : 단위부대의 이동속도

σ^2 : 초기정보의 정확도,

t_{cs} : 지휘통제시간,

T_R : 반응구현시간

t_m : 아군부대의 전개/기동시점

3.3 시간변수에 따른 할당비율의 변화

C2이론에 의한 전투력 상승효과를 평가하는 과정 상에서 또 하나의 중요한 변수는 할당비율의 변화에 많은 영향을 받는다는 것이다. 여기서 말하는 할당비율이란 작전을 수행하기 위한 특정국면에 투입 가능한 부대가 통제할 수 있는 지역을 의미하며 이는 임무를 수행하는 부대에 주어지는 가용시간과 무기의 성능과 연관된다. 특정 단위부대가 적과 교전을 위해 전개되어 있는 경우 상급부대로부터 임무 수령 후 가용시간에 의해 즉각적인 조치를 취해야하는 경우와 가용시간을 충분히 활용하여 아군에게 유리한 여건이 조성된 시기/장소에서 작전을 수행하여 가용자산의 가장 효과적으로 운용할 수 있는 방안이 있다.

예를 들어 단위부대의 통제거리는 시간변수의 영향을 받는데 그 식을 유도하면 다음과 같다.

단위부대의 통제거리는 가용시간이 단위부대의 이동속도를 제외한 통제거리 $\cdot r_c$ 는 식 (13) 로 표시된다.

$$r_c = v_w t_a \quad (13)$$

t_a : 무장발사 이전에 단위부대가 가용한 시간,

v_w : 무기의 비행속도,

r_c : 단위부대가 통제할 수 있는 거리,

r_w : 무기의 최대사거리

만약 기동/전개를 위한 여유시간이 없다면

$r_c \leq r_w$ 이지만 여유시간이 주어진다면 단위부대는 사전에 이동을 할 수 있고, 이 경우 단위부대의 이동속도 고려시 통제거리는 식 (14)과 같이

표시된다.

$$r_c = r_w + v_p(t_a - t_w), \quad (14)$$

무기의 사거리를 기준으로 통제반경의 증가율을 알아보면 다음과 같다.

$$\frac{r_c}{r_w} = 1 + v_w(t_a - t_w)/r_w, \quad (r_c > r_w), \quad (15)$$

- $t_a < t_w$ 인 경우 통제반경은 가용시간 만큼 무기가 비행하는 거리
- $t_a = t_w$ 인 경우 통제반경은 무기의 사거리
- $t_a > t_w$ 인 경우 통제반경은 $r_w + (t_a - t_w)$ 시간동안 플랫폼의 이동거리

우리가 관심 있는 분야는 무기의 효과를 최대한 이용할 수 있는 $t_a > t_w$ 경우일 것이다. 이것을 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{r_c}{r_w} = 1 + v_w(t_a - t_w)/r_w = 1 + \frac{v_p}{v_w} \left(\frac{t_a}{t_w} - 1 \right)$$

지휘관은 단위부대가 통제할 수 있는 구역에 관심이 있으며, 만약 세력들이 어느 일정구역에 균일하게 분포되어 있다면 세력집중요소는 식 (3. 29)와 같이 가용시간(t_a)의 함수가 된다.

$$\delta a = C_0 \left[1 + \frac{v_p}{v_w} \left(\frac{t_a}{t_w} - 1 \right) \right]^2, \quad (16)$$

여기에서, C_0 는 임의의 상수이며, 세력집중인자(δa)는 통제반경의 증가에 따른 책임지역의 증가율을 의미한다.

할당비율의 증가율 기준을 단위부대가 통제 가능한 지역의 변화에 두면, 지휘통제체계 개선으로 인한 할당비율의 증가는 통제반경의 제공에 비례하게 될 것이다. 그 외에 무기속도, 단위부대 기동속도, 무기의 사거리 등은 무기체계를 개선할 경우에 할당비율의 증가에 영향을 미칠 것이다. 지휘통제체계의 개선으로 인한 할당비율의 개선효과는 가용시간 변화에 강한 상관관계를 가짐을 의미한다.

즉, 단위부대의 통제반경 증가율은 시간변수에 영향을 받게 될 것이며, 가용시간과 지휘통제시간의 관계에 의해 가용시간이 증가되면 예비부대에 준비/기동시간에 더 많은 시간을 할애할 수 있어 세력집중인자(할당비율)도 증가하게 될 것이다.

여기서 세력집중인자를 구하는데 반경을 제공한 이유는 통제반경의 증가율은 결국 통제지역 범위의 변화에 영향을 받으며, 이것은 반경의 증가율의 제공에 비례하여 커지기 때문이다

3. 4 CAI체계 구축전후의 교환비율의 변화

C2이론에 의한 전투력 상승효과를 판단하는 과정 상에서 세 번째 요소는 교환비율의 변화이다. 교환비율은 생존확률과 직접적으로 관련이 있을 것이다. 즉 지휘통제시간의 감소를 예비부대 가용시간을 증가시켜 적보다 먼저 반응할 수 있는 여건을 조성하여 아군이 선조치, 선타격함으로써 적에게 더 많은 피해를 줄 수 있으므로 교환비율 역시 증가한다. 앞에서 생존확률과 관련된 식을 유도하면서 정보의 정확도 및 가용시간의 증가에 따라 생존확률과 할당비율이 향상됨을 알 수 있었다.

최초의 교환비율은 부대전력지수에 의한 상호교환비율을 과거 시뮬레이션 및 현재 훈련에 사용되는 결과로부터 획득 할 수 있으며, 체계구축이후 생존확률과 할당비율 증가에 의한 전투력 상승효과가 나타날 것이며, 이 전투력 상승효과만큼 아군의 상대적 가치가 향상되게 된다. 그러므로 개선된 교환비율은 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$\gamma X_{KK'} = X_{KK'} \frac{\langle MOE 1 \rangle}{\langle MOE 2 \rangle} \quad (17)$$

$X_{KK'}$: 현재 적용된 교환비율

$\gamma X_{KK'}$: CAI체계 구축후 변화된 교환비율

$\langle MOE 1 \rangle$: CAI체계 구축전 MOE

$\langle MOE 2 \rangle$: CAI체계 구축후 MOE

(생존확률, 할당비율만 고려)

최종적으로 C4I체계 구축에 따른 변화, 세가지 변수가 고려된 새로운 < MOE 3 >를 구한다. C4I 체계 구축에 따른 전투력 상승효과는 < MOE 1 >에 대한 < MOE 3 >의 비율로 계산한다.

3.5 지휘통제시간과 정보수준의 변화에 따른 잔존전투력과의 상관관계

전투를 수행하기 전 지휘관은 차후 작전을 대비하여 그 이전의 교전에서 잔존전투력을 얼마이상 확보해야하는가가 중요한 문제가 될 수 있다. 이러한 경우에 지휘통제체계 체계 개선으로 발생한 가용시간의 변화와 특정교전을 위해 아군에게 제공된 정보의 질이 향상됨으로 인해 지휘통제체계 개선이전의 임의의 가용시간과 정확도가 잔존전투력이 초기 전투력의 어느 수준을 유지하는데 필요하였을 경우, 체계 개선 후에는 잔존전투력이 얼마나 높아지는가에 관심이 있다. 이런 의미에서 만일 체계 개선 후 개전초기전력의 특정수준을 유지하기 위한 가용시간과 정보의 정확도 관계를 알아보고자 한다. Schutzer의 C2이론에 의한 란체스터 제곱법칙으로부터 유도하면 초기 및 잔존전투력은 아래와 같다.

초기 전투력

$$: N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^T n_{kj} n_{k'j}$$

단위부대의 특성을 고려하지 않은 경우 교전후 청군의 평균 잔존전투력은 다음과 같다. 제곱법칙에서 평균교환비율을 적용시 잔존전투력은 평균교환비율 ($E_0 = \frac{Avg.B.Losses}{Avg.R.Losses}$) 을 적용하여, $V_j = N_j^2 - E_0 M_j^2$ 로부터 시간의 함수가 고려된 < V_j >를 구할 수 있다.

$$< V_j > = < N_j^2 > - E_0 < M_j^2 > \quad (18)$$

- C4I체계 도입 전 t 시점에 잔존전투 부대는

$$< N^2 > = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^T p_{kj} p_{k'j} a_{kj} a_{k'j} n_{kj} n_{k'j}$$

- C4I체계 도입 후 t 시점에 투입된 전력은

$$< N^2 > = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^T a p_{kj} a p_{k'j} \delta a_{kj} \delta a_{k'j} n_{kj} n_{k'j}$$

홍군의 경우는 C4I 체계 도입전후의 < M^2 >는 동일한 것으로 가정하면,

$$< M^2 > = \sum_{k=1}^S \sum_{k'=1}^S a_{kj} a_{k'j} b_{kj} b_{k'j} m_{kj} m_{k'j}$$

단위부대의 특성을 고려할 경우 교전후의 잔존전투력 가치는 잔존부대수에 전력지수를 곱하여 계산하면 다음과 같다.

초기 전투력 가치

$$N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj} n_{k'j} v_{kj}, \quad (19)$$

기존체계에서 지휘통제시간과 정보의 정확도 변화시 잔존전투력 가치는

$$< N^2 > = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} \delta_k a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + \gamma X_{kk'}} \quad (20)$$

$$< M^2 > = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\gamma X_{kk'} q_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + \gamma X_{kk'}} \quad (21)$$

식에서 3.2의 식(6), (7) 및 (8)에 의해 청군의 지휘통제체계 개선으로 지휘통제시간이 감소될 경우, 효과승수 중 α, δ 는 모두 1보다 크고, γ 는 1보다 작은 값을 갖는다.

위 식에서 먼저 단위부대의 특성을 고려하지 않은 경우의 교전후전투력 변화를 살펴보면, 전투력 산출 MOE는 생존확률과 할당비율의 함수이며, 생존확률은 지휘통제시간(가용시간)과 정보의 정확도, 할당비율은 가용시간의 변화와 관련이 있다. 3.4에 제시된 교환비율도 가용시간과 정보의 정확도와 깊은 관련이 있음을 알 수 있다.

결국 우리가 관심이 있는 교전후의 전투력은 C4I 체계 도입전후의 가용시간과 정보의 정확도에 대한 변화에 영향을 받는다고 할 수 있으며, 이는 지휘통제체계의 개선으로 인한 가용시간 증가량을 3.1에서 연구한 시간의 민감도 패러다임에서 제시된 상황을 인지, 비교, 지휘결심을 하는 지휘통제시간의 중요한 분야에 더 많은 시간을 할애함으로써 적에

대한 최초의 정보의 정확도를 향상시킬 수 있다.

실제 전장에서 지휘통제시간, 정보의 정확도, 가용시간의 세 가지 측면에서 어떤 요소가 전투에 가장 효과적인지 판단 후 시간을 적절하게 사용함으로써 작전능력 향상에 기여할 수 있도록 해야한다.

예를 들면, 단위부대의 특성을 고려하지 않은 경우의 교전후 전투력과 가용시간 증가(지휘통제시간의 감소), 정보의 정확도 세가지 요소를 비교하면 다음과 같다.

4. 통합화력운동간 C4I체계의 전투력 상승효과 분석

4.1 가정사항

본 장에서는 3장에서 소개했던 지휘통제체계 평가 모델을 적용하여 군단 통합화력 운용시 C4I체계 운용이전보다 얼마나 전투력을 상승시켰는지 평가해 보고자 한다. 체계운용이전은 일반적인 랜체스터 방정식의 손실율만을 고려하고, 체계운용이후에는 정보의 실시간 전파에 따른 불확실성 감소, 지휘통제시간 감소에 따른 생존성 증가, 예하부대 가용시간 증가에 따른 할당비율 향상, MOE 변화에 따른 교환비율의 향상 3가지 요소를 고려하였다.

모델 적용에는 아래와 같은 가정사항을 고려하였다.

1. 지휘관의 지휘능력은 동일하다.
2. 체계를 운용하는 요원의 기술적 조작능력은 동일하다.
3. 첩보수집과 전투수행 국면은 이전 지휘통제체계와 동일하다.
4. 수집되는 정보의 정확도는 항상 일정하지만, C4I체계 도입이후는 네트워크 체계 구축으로 정보의 공유가 가능하다
5. 지휘관의 지휘결심 절차는 일정하다.

6. 참모조직 구조에 변화는 없다.
7. 전장환경에 변화는 없다.
8. 전투수행중 장비의 고장은 없다.
9. 청군의 지휘통제체계의 효과성 증가는 없다.
10. 청, 홍군은 전투에서 각 군의 전 자산을 투사한다.

4.2 C4I체계 운용자료

가. 체계구축이전의 교환비율

현재 통합화력운용을 위한 화력격멸지역내에 투입된 세력들의 교환비율은 보안목적상 자료를 <표 4-1>과 같이 가정하였다.

<표 4-1> 상호교환 비율

구분	전차대대 (2)	기보대대 (3)	포병대대1 (5)	포병대대2 (4)
공군대 (1)	0.27	0.2	0.9	0.8
할당대 (3)	0.83	0.3	1.2	1.5
포병대 (5)	0.9	0.7	0.84	0.75

나. 전력지수

위 상호교환비율에 기술된 장비별 전력지수는 아래 <표 4-2>과 <표 4-3>와 같이 가정하였다.

<표 4-2> 청군 전력지수

구분	A	B	C
전력지수	1000	350	180

<표 4-3> 홍군 전력지수

비교	A	B	C	D
전력지수	150	80	200	120

다. 지휘통제시간 변수

C4I체계 구축이전의 지휘통제 소요시간 및 가용 반응시간⁶⁾은 2001년 강승철의 논문을 참고하였으며, 전술공군은 통합화력운용절차 교범에 수록된 지원가능 요청시간을 기준하였다. 육군항공은 군단 작전통제/배속시 군단후방지역의 전개기지를 점령

6) 강승철, "AHP기법을 이용한 지상전술 C4I 체계의 전투효과 분석에 관한 研究" 국방대학교. 석사논문, 2001.p12~13.

한 상태에서 작전지역까지의 이동시간을 고려하여
가용반응시간을 산출하였다.

<표 4-4> 지휘통제 및 가용반응 소요시간

구분		C4I체계 구축이전	C4I체계 구축이후
지휘 통제 소요 시간	첩보자동접수기록	2-5분	3분
	첩보 종합분석/결심 상황전파	10-20분	10분
		5분	1분
가용 반응 소요 시간	기동/전개소요시간	8-25분	8-25분
수단별 소요 시간	포병	12분	8분
		헬기	25분
	전술공군	8분	8분

라. 정보수집수단 및 정보의 정확도 산출

센서의 개별탐지확률과 분산이 주어질 경우
ARENA 프로그램을 이용하여 C4I도입전후의 적을
탐지확률을 구할 수 있다. 제 3.2에서 소개한 네
트워크 구축전후의 함수식을 적용하여 1000회의
시뮬레이션을 실시한 결과는 <표 3-1>과 같다.

4.3 C4I체계 구축전후 전투력 상승효과 평가

가. 체계구축전후 생존확률과 할당비율

우선 어떤 교전에서 단위부대의 생존할 확률은
휘통제 시간내에 표적을 얼마나 정확하게 탐지하고
연관분석을 하느냐에 의존하게 된다. 따라서 최초의
생존확률(P_{kj})이 주어지면 식 (12) 로부터 증가
된 생존확률(αP_{kj})은 아래와 같이 계산된다.

$$\alpha P_{kj} = \frac{1}{1 + C_1 \rho [v_p \sigma^2 (T_R - t_{m2})^2]}$$

- C4I체계 구축후 초기 정보의 정확도가 향상될 경우

$$C_1 \rho = C_1' \text{라 하면}$$

$$C_1' = \frac{1 - P_{kj}}{P_{kj} [V_p^2 \sigma^2 t_{cs1}^2]}$$

$$\begin{aligned} \alpha P_{kj} &= \frac{1}{1 + C_1' [V_p^2 \sigma^2 t_{cs2}^2]} \\ &= \frac{P_{kj} \sigma_1^2 t_{cs1}^2}{P_{kj} \sigma_1^2 t_{cs1}^2 + (1 - P_{kj}) \sigma_2^2 t_{cs2}^2} \end{aligned}$$

- C4I체계 구축후 초기 정보의 정확도 변화가 없을 경우

$$\begin{aligned} \alpha P_{kj} &= \frac{1}{1 + C_1' [V_p^2 \sigma^2 t_{cs2}^2]} \\ &= \frac{P_{kj} t_{cs1}^2}{P_{kj} t_{cs1}^2 + (1 - P_{kj}) t_{cs2}^2} \end{aligned}$$

위 식으로부터 C_1 값을 구할 수 있으며, C4I체
계 도입에 따른 생존확률 증가는 지휘통제시간

9.5분 단축시, αP_{kj} 는 다음과 같이 표시된다.
C4I체계 도입전후의 입력자료를 <표 4-5>와 같
이 적용할 경우 생존확률 변화는 다음과 같다.

<표 4-5> C4I체계 구축전후의 생존확률 변화

구분	포병	헬기	항공기
최초 생존확률	0.5		
단위부대 기동속도	20	60	800
σ^2 (네트워크 구축전)	0.0626		
σ^2 (네트워크 구축후)	0.0120		
최초 지휘통제시간	17-30분 (0.28-0.5시간)		
변경된 지휘통제시간	14분 (0.233시간)		
C_1	0.2603	0.0289	0.0002
αP_{kj} (네트워크 미고려시)	0.7386	0.7386	0.7386
αP_{kj} (네트워크 고려시)	0.9365	0.9365	0.9365
α (생존확률 승수)	네트워크 미평가 : 1.4773 네트워크 평가 : 1.8730		

※지휘통제시간은 C4I체계 도입전의 경우 23.5분
(0.3917시간)을 적용함

위 생존확률의 결과를 종합하면 체계구축후의 생
존확률은 최초 생존확률과 정보의 정확도, 지휘통
제시간과 밀접한 관련이 있으며, 단위부대의 기동
속도는 고려되지 않는다. 하지만 초기 생존확률이
모두 다르다면 이때는 단위부대의 기동속도가 C_1
값에 영향을 줌으로써 체계구축후의 생존확률에도
변화를 가져올 것이다.

다음은 할당비율의 변화에 대해 알아보자

지휘통제체계의 개선으로 인한 단축된 지휘통제시
간은 예하부대의 준비 및 기동시간으로 할애할 수
있다. 가용시간의 증가는 세력집중인자와 연관되어
할당비율의 상승을 가져온다.

4. 1의 C4I체계 도입전후의 시간 파라미터를 이용하여 할당비율의 개선을 유도하면 다음과 같다.

지휘관은 단위부대가 통제할 수 있는 구역에 관심이 있으며, 만약 세력들이 어느 일정구역에 균일하게 분포되어 있다면 세력집중요소는 식 (16)과 같은 가용시간(t_a)의 함수가 된다

$$\begin{aligned} \delta a &= \frac{a (v_w t_w)^2}{(v_w t_w + v_p t_{a1} - v_p t_w)^2} \times \frac{(v_w t_w + v_p t_{a2} - v_p t_w)^2}{(v_w t_w)^2} \\ &= \frac{a (v_w t_w + v_p t_{a2} - v_p t_w)^2}{(v_w t_w + v_p t_{a1} - v_p t_w)^2} \\ &= a \left(\frac{r_w + v_p (t_{a2} - t_w)}{r_w + v_p (t_{a1} - t_w)} \right)^2 \end{aligned}$$

<표 4-6> C4I체계 구축전후의 할당비율 변화

구분	포병	헬기	항공기
최초 할당비율 (a)	0.5		
단위부대 기동속도	20	60	800
주요 타격무기	FASCAM	토우탄	기타
유효 비파시간 (초대)	60초	21.5초	20초
유효 사거리 (최대)	40km	3.75km	10km
반응선점시간	1시간		
최초 가용시간	36.5분		
변경된 가용시간	46분		
C_0	0.2979	0.0044	0.0002
δa (개선 할당비율)	0.5629	0.7665	0.7904
δ (할당비율 상승)	1.1258	1.5333	1.5808

<표 4-6>의 관련자료를 이용하여 C4I체계 구축전후의 할당비율을 계산할 수 있다. 이 결과를 종합하면, 체계구축후의 할당비율은 최초 할당비율과 단위부대의 기동속도, 무기의 성능과 관련이 있으며, 가용시간의 변화에 상당한 영향을 받는다. 특히, 단위부대의 기동속도와 가용시간의 증가율의 채 곱에 비례한다.

나. 체계구축전후 전투력 상승효과 분석

앞에서 구한 체계구축전후의 생존확률과 할당비율의 결과를 이용하여 군단 C4I체계의 전투력상승효과를 평가하는데 있어 크게 4가지 경우로 구분하였다.

CASE 2-1 : 이수열의 KNTDS 전투력 상

승효과 평가와 강승철의 육군부대의 전투력 상승효과 분석에 적용한 사례로서 체계구축전후 할당비율, 교환비율의 변화는 없고, 초기정보의 정확도도 일정하다고 가정하였다. 지휘통제시간 감소로 인해 증가된 생존확률만 고려한 경우이다.

CASE 2-2 : 체계구축전후 할당비율, 교환비율은 동일하며, 체계구축이후 정보의 정확도와 지휘통제시간의 변화를 적용하여 생존확률을 계산한 경우이다.

CASE 2-3 : 체계구축전후 교환비율은 동일하며, 체계구축후 가용시간증가에 따른 할당비율 향상 및 정보의 정확도와 지휘통제시간의 변화를 적용하여 생존확률을 계산한 경우이다.

CASE 2-4 : 체계구축후 교환비율 변화, 가용시간의 변화에 따른 할당비율 향상, 정보의 정확도와 지휘통제시간에 변화에 의한 생존확률의 증가 3가지 요소가 모두 적용된 경우이다.

(1) 체계구축이전의 MOE

단위부대의 특성에 따른 전력지수를 고려하고 란체스터 제곱법칙을 적용하면,

$$MOE_j = \frac{\langle N^2 \rangle - \langle M^2 \rangle}{N_0^2}$$

여기에서,

$$\langle N^2 \rangle = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$\langle M^2 \rangle = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{X_{kk'} a_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + X_{kk'}}$$

$$N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj}^2 v_{kj}$$

위 식에 4.2에서 구한 자료를 대입하여 구하면,

$$\langle N_1^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 19571.37$$

$$\langle M_1^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{X_{kk'} a_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 8604.76$$

$$N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj}^2 = 34600$$

$$\langle MOE_1 \rangle = \frac{19571.3 - 8604.76}{34600} = 0.3169$$

(2) 체계구축이후의 MOE

(가) CASE 2-1 MOE

지휘통제시간 변화에 따른 생존확률만 고려한 경우로서 MOE 입력자료는 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> CASE 2-1 MOE 입력인자

구분	생존확률	할당비율	교환비율
체계구축전	0.5	0.5	표 4-1
체계구축후	0.7386	0.5	"

체계구축후 생존확률이 구축이전보다 약 1.5배 증가하여 생존확률이 0.7386으로 향상되었다.

$$\langle N_2^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 28912.43$$

$$\langle MOE_2 \rangle = \frac{28912.43 - 8604.76}{34600} = 0.6889$$

(나) CASE 2-2 MOE

CASE 2-1의 경우에서 생존확률 계산하는데 있어 정보의 정확도를 추가로 고려시 MOE 입력자료는 <표 4-8>와 같다.

<표 4-8> CASE 2-2 MOE 입력인자

구분	생존확률	할당비율	교환비율
체계구축전	0.5	0.5	표 4-1
체계구축후	0.9365	0.5	"

체계구축후 생존확률이 구축이전보다 약 1.9배 증가하여 생존확률 0.9365로 향상되었다.

$$\langle N_2^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 36656.4$$

$$\langle MOE_2 \rangle = \frac{36656.40 - 8604.76}{34600} = 0.8107$$

(다) CASE 2-3 MOE

CASE 2-2의 경우에서 가용시간 증가에 따른 할당비율의 향상을 고려시 MOE 입력자료는

<표 4-9>와 같다.

<표 4-9> CASE 2-3 MOE 입력인자

구분	생존확률	할당비율	교환비율
체계구축전	0.5	0.5	표 4-1
체계구축후	0.9365	포병 : 0.5629 항공 : 0.7665 공군 : 0.7904	"

체계구축후 할당비율이 구축이전보다 약 1.1~1.6배 증가하여 0.56~0.79로 향상되었다.

$$\langle N_2^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} \delta_k a_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 48785.5$$

$$\langle MOE_4 \rangle = \frac{48785.50 - 8604.76}{34600} = 1.1613$$

(라) CASE 2-4 MOE

CASE 2-3에 추가하여 MOE 1에 대한 CASE 3의 교환비율의 상승효과를 고려한 경우로서 식 (17)을 이용하여 교환비율 상승지수 γ 를 구하면 다음과 같다

$$\begin{aligned} \gamma X_{KK'} &= \frac{\langle MOE_1 \rangle}{\langle MOE_4 \rangle} X_{kk'} \\ &= \frac{0.3169}{1.1613} X_{kk'} = 0.2686 X_{kk'} \end{aligned}$$

교환비율 상승지수 : $\gamma = 0.2686$

위 식으로부터 CASE 2-4의 MOE 입력자료는 <표 4-10>과 같다.

<표 4-10> CASE 2-4 MOE 입력인자

구분	체계구축전	체계구축후	교환비율
체계구축전	0.5	0.5	표 4-1
체계구축후	0.9365	포병 : 0.5629 항공 : 0.7665 공군 : 0.7904	$\gamma \times$ (표 4-1)

체계구축후 할당비율은 구축이전보다 약 1.1~1.6배 증가하였으며, 생존확률은 1.9배, 또한 교환비율은 3.7배 정도 향상되었다.

위 결과를 적용하여 피아의 잔존전투력과 <MOE>를 구하면 다음과 같다.

$$\langle N_2^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} \delta_k a_{kj} n_{vj}^2 v_{kj}}{1 + \gamma X_{kk}} = 71175.33$$

$$\langle M_4^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\gamma X_{kk} q_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + \gamma X_{kk}} = 3636.13$$

$$\langle MOE_5 \rangle = \frac{71175.33 - 3636.13}{34600} = 1.92$$

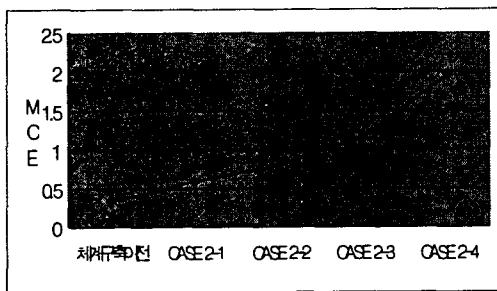
지금까지의 계산 결과를 종합하면 다음과 같다.

체계구축이전을 기준으로 CASE별 체계구축이후의 전투력상승효과 <MOE₅> 및 상승효과지수(K)는 <표 4-11>과 같다

<표 4-11> CASE별 전투력 상승효과지수 (K)

구분	체계구축이전	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
<MOE ₅ >	0.316	0.586	0.810	1.161	1.92
K	1	1.85	2.56	3.66	6.16

기준 <MOE>는 최초의 생존확률과 할당비율, 교환비율이 고려된 <MOE₁>이 적용되었으며, 체계구축후의 <MOE>는 지휘통제시간과 정보의 정확도 개선에 따른 생존확률 향상, 단위부대의 가용시간 증가에 따른 할당비율 향상, 생존확률과 할당비율 개선으로 증가된 γX_{kk} 를 CASE별로 구분하여 적용하였다. 이 결과를 그래프로 도식하면 아래와 같다.



[그림 4-2] CASE별 MOE 변화

결론적으로 지휘통제시간이 23.5분에서 14분으로 9.5분 단축되고 예비부대 가용시간이 36.5분에서 46분, 정보의 정확도가 0.94에서 0.99로 증가하면 전투력 상승효과는 체계 구축이전보다 CASE별로 최

소 1.8배에서 최대 약 6배까지 증가 되었음을 알 수 있다.

4.4 전투종료시점에서의 잔여전투력

규모에 대한 t_{cs} (t_a) 와 σ^2 과의 관계

전투를 수행하기 전 지휘관은 차후 작전을 대비하여 그 이전의 전투에서 잔존전투력을 얼마이상 확보해야하는가에 관심이 있으며, 만일 체계 개선 후 개전초기전력의 특정수준을 유지하기 위한 가용시간과 정보의 정확도와의 관계를 알아보려고 한다.

Schutzer의 C2이론에 의한 란체스터 제공법칙으로부터 잔존전투력은 3.5에서 보는바와 같이 유도되며 그 식은 아래와 같다.

단위부대의 특성을 고려할 경우 교전후의 전투력 가치는 초기 전투부대와 전력지수의 곱으로 표시하면 다음과 같다.

초기 전투력 가치

$$N_0^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S n_{kj} n_{kj} v_{kj}$$

기준체계에서 지휘통제시간과 정보의 정확도 변화시 잔존전투력 가치는

$$\langle N^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\alpha p_{kj} \delta_k a_{kj} n_{vj}^2 v_{kj}}{1 + \gamma X_{kk}}$$

$$\langle M^2 \rangle = \sum_{k=1}^3 \sum_{k'=1}^4 \frac{\gamma X_{kk} q_{kj} b_{kj} m_{kj}^2 w_{kj}}{1 + \gamma X_{kk}}$$

위 식에서 Arena 6.0 시뮬레이션 프로그램을 사용하면 C4I체계 도입 후 잔존전투력을 3가지의 형태로 분석할 수 있다.

CASE 3-1. C4I체계 구축후 정보의 정확도는 구축이전과 동일하며, 지휘통제시간만 단축된 경우

CASE 3-1에 적용된 조건은 4장 2절의 C4I체계 구축상태 중 초기정보의 부정확도 σ^2 을 0.0626으로 적용하였다. 즉 초기정보의 정확도는 향상됨이 없이 지휘통제시간만 6분에서 24분으로

변화시킨 경우이다. 감소된 지휘통제시간은 가용시간의 증가분에 해당된다.

<표 4-18> CASE 3-1의 잔존전투력

구분 t_{cs} (분)	초기 전투력 가치	$\langle N^2 \rangle$	$\langle M^2 \rangle$
6	아 균: 3 6 4 0 0 / 적 균: 2 4 7 2 0	92414.01	2942.95
8		82283.25	3239.38
1 0		75791.27	3461.46
1 2		72096.62	3604.36
1 4		65165.93	3902.10
1 6		55330.73	4423.56
1 8		46423.71	5033.23
2 0		41547.47	5444.00
2 2		34137.47	6217.10
2 4		27639.18	7103.94

예를 들면 기존 체계(지휘통제시간 23.5분)에서 지휘통제시간을 10분으로 단축할 경우 4장 2절의 체계구축 이전의 아 잔존전투력 가치(42쪽)와 비교 시 3.87배의 잔존전투력이 향상되었음을 의미한다. 즉 체계개선으로 인한 지휘통제시간 요소만 단축시키더라도 작전초기 타임무로 전환할 수 있는 예비전투력이 체계개선 이전의 잔존전투력 가치를 기준하여 최소 2.87배를 확보할 수 있다.

이것은 지휘통제시간 단축시 특정 교전에 기존 초기전투력의 25%만 투입하더라도 체계개선이전과 동일한 효과가 나타남을 의미한다.

CASE 3-2. CAI체계 구축으로 정보의 정확도 향상과 지휘통제시간이 단축된 경우

CASE 3-2에 적용된 조건은 4장 2절의 CAI체계 구축이전을 기준으로 체계 구축 후 초기정보의 부정확도 σ^2 은 0.0120으로 향상되고, 지휘통제시간의 변화는 CASE 3-1과 동일하게 적용하였다

예를 들면 기존 체계(지휘통제시간 23.5분)에서 지휘통제시간을 10분으로 단축하고 초기정보의 부정확도가 0.062에서 0.012로 감소할 경우 4장 2절의 체계구축 이전의 아 잔존전투력 가치(42쪽)와 비교 시 4.31배의 잔존전투력이 향상되었음을 의미한다.

즉 체계개선으로 인한 지휘통제시간 요소와 탐지체계의 효과 증대(네트워크 체계구축으로 인한 정보활용 및 보고주기 단축으로 초기 정보의 정확도 향상)

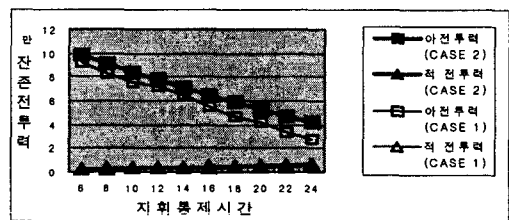
<표 4-19> CASE 3-2의 잔존전투력.

구분 t_{cs} (분)	초기 전투력 가치	$\langle N^2 \rangle$	$\langle M^2 \rangle$
6	아 균: 3 6 4 0 0 / 적 균: 2 4 7 2 0	97991.19	2802.19
8		91172.62	2977.04
1 0		84390.87	3173.93
1 2		77705.59	3395.22
1 4		71161.26	3643.85
1 6		64795.84	3923.24
1 8		58656.11	4236.51
2 0		52768.37	4587.79
2 2		47152.51	4981.84
2 4		41836.99	5422.81

로 작전초기 타임무로 전환할 수 있는 예비전투력을 체계개선 이전의 잔존전투력 가치를 기준하여 약 3.31배 정도 확보할 수 있다.

이것은 지휘통제시간 단축과 정보 정확도 향상으로 특정 교전에 기존 초기전투력의 23%만 입하더라도 체계개선이전과 동일한 효과가 나타남을 의미한다.

<표 4-18>, <표 4-19>의 자료를 이용하여 도식하면 [그림 4-3]과 같다. 즉, 초기정보의 부정확도 σ^2 을 0.0626와 0.0112를 적용시킨 상태에서 지휘통제시간을 6분에서 24분으로 변화시켰을 경우이다.



[그림 4-3] 지휘통제시간 변화에 따른 잔존전투력

지휘통제시간이 단축되고, 정보의 정확도가 향상될수록 피아 잔존전투력 비율의 격차가 커짐을 알 수 있다. 즉, CASE 3-1보다 CASE 3-2의 피아

잔존전투력 비율의 차가 동일한 지휘통제시간에서 더 크게 나타난다. CASE 3-1의 경우 지휘통제시간이 10분이 소요될 경우 적과 아군의 잔존전투력 비가 1:21.9정도이다. 하지만 CASE 3-2의 경우 적과 아군의 잔존전투력 비가 1:26.8이상으로 변화됨을 알 수 있다. 즉, 아군 전투력은 지휘통제시간 증가에 따라 감소하며, 적 전투력은 증가함을 알 수 있다. 동일한 지휘통제시간에서는 정보의 정확도가 증가 할수록 전투력의 격차는 커지며, 지휘통제시간이 증가하고 정보의 정확도가 감소하면 상호전투력의 차는 점점 작아진다. 위 그림에서 정보의 정확도 보다는 지휘통제시간 요소가 잔존전투력에 미치는 영향이 커다는 것을 알 수 있다.

CASE 3-3 CAI체계 구축이전을 기준으로 정보의 정확도와 지휘통제시간을 모두 변화시킬 경우

CASE3-3에 적용된 조건은 4장 2절의 CAI체계 구축 후 초기정보의 부정확도 σ^2 을 0.16에서 0.005로, 지휘통제시간을 6분에서 24분으로 변화시켰으며, 이때 잔존전투력 변화추세는 <표 4-20>과 같다. 감소된 지휘통제시간은 가용시간의 증가분에 해당된다.

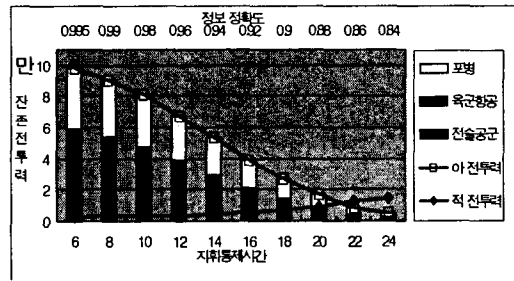
<표 4-20> CASE 3-3의 잔존전투력.

t_{cs}	σ^2	구분 초기 전투력	$\langle N^2 \rangle$	$\langle M^2 \rangle$
6	0.005	아 군 : 3 6 4 0 0 적 군 : 2 4 7 2 0	97946.44	2782.69
8	0.01		90743.74	2966.64
10	0.02		81468.90	3242.26
12	0.04		67800.75	3756.10
14	0.06		53170.14	4524.91
16	0.08		39221.10	5626.77
18	0.10		27133.20	7143.08
20	0.12		17316.85	9167.05
22	0.14		8150.02	12514.82
24	0.16		4932.42	14384.18

예를 들면 <표 4-20>에서 기존 체계(지휘통제시간 23.5분)에서 지휘통제시간을 6분으로 단축하고 초기정보의 부정확도가 0.062에서 0.005로 감소

할 경우 4장 2절의 체계구축 이전의 아잔존전투력 가치(42쪽)와 비교시 5배의 잔존전투력이 향상되었음을 의미한다. 즉 체계개선으로 인한 지휘통제시간 요소와 탐지체계의 효과 증대로 작전초기 타임무로 전환할 수 있는 예비전력을 체계개선 이전의 잔존전투력 가치를 기준하여 약 4배 정도 확보할 수 있다. 체계가 구축되면 교전에 투입되는 실제 전력을 훨씬 감소시킬 수 있으므로 투입되지 않은 부대를 예비전력 혹은 다른 전투에 참가시킬 수 있다. 이는 지휘관에게 융통성 있는 전투력운용을 할 수 있게 해준다. 반면에 지휘통제시간이 22분으로 15분 단축되더라도 초기정보의 부정확도가 0.14로 증가하면 오히려 기존의 잔존전투력 가치 대비42% 밖에 되지 않는다.

이는 정보의 정확도가 잔존전투력에 중대한 영향요소임을 알 수 있다.



[그림 4-4] t_{cs} 와 σ^2 에 따른 잔존전투력

[그림 4-4]에서 잔존 전투력을 분석함에 있어 정보의 정확도가 0.87이하이면 지휘통제시간이 23.5분에서 21분까지 단축되더라도 적보다 전투력의 우위를 점할 수 없다. 결국 교전에서 진다는 것을 의미한다. 만일 정보의 정확도가 0.87이상인 경우 아군지휘관이 지휘통제시간을 21분 이하로 단축시키면 최소한 전투에서 우위를 점할 수 있으나, 초기정보에 대한 불확실성이 너무 높아 작전의 성공을 보장하기는 어렵다.

4.5 체계구축후의 전투력상승효과를 달성하기 위한 체계구축이전 투입 부대규모 평가

본 절은 CAI체계 구축으로 인한 전투력상승효과를 CAI체계 구축이전 지휘통제체계에서 적용시 얼마만큼의 전투력을 추가 투입해야만 CAI체계 구축과 동일한 효과를 가져 올 수 있는지에 대해 알아보고자 한다.

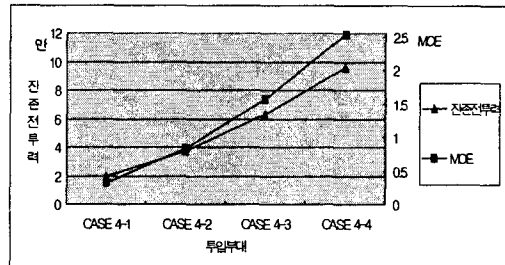
4장 2절의 <표 4-17>에서 CAI체계 구축후의 전투력 상승효과는 체계구축이전의 6.34배, MOE는 2.03이 나왔다.

<표 4-21> 투입규모별 MOE와 잔존전투력.

구분	전술공군	육군항공	포병	MOE	잔존전투력
전술공군 투입부대 증가	1	3	5	0.317	19571.37
	2	3	5	0.551	27679.19
	3	3	5	0.942	41192.22
	4	3	5	1.489	60110.47
육군항공 투입부대 증가	1	4	5	0.471	24888.42
	1	5	5	0.668	31724.63
	1	6	5	0.91	40079.99
	1	7	5	1.195	49954.51
	1	8	5	1.524	61348.19
	1	9	5	1.898	74261.03
포병부대 투입부대 증가	1	3	6	0.445	23985.7
	1	3	7	0.595	29202.63
	1	3	8	0.769	35222.17
	1	3	9	0.966	42044.31
	1	3	10	1.187	49669.06
	1	3	11	1.43	58096.41
	1	3	12	1.697	67326.36
	1	3	13	1.987	77358.92
	CASE 4-1	1	3	5	0.317
CASE 4-2	2	4	6	0.833	37410.568
CASE 4-3	3	5	7	1.571	62976.738
CASE 4-4					

단일전투력을 증가시킬 경우에는 <표 4-21>에서 보는바와 같이 전술공군은 5개편대 투입시 MOE 2.19, 육군항공 10개대대 투입시 MOE 2.32, 포병 14개대대 투입시 MOE 2.3으로 향상

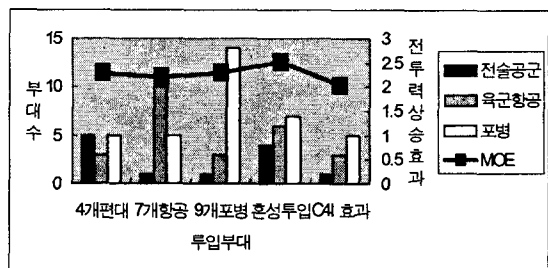
시킬 수 있다. 만일 부대를 편조하여 CASE 4-1부터 CASE 4-4까지 변환하여 투입한다고 가정하면, CASE 4-3의 경우는 MOE 1.57, CASE 4-4의 경우는 MOE 2.53으로 향상되었다. 예를 들면, CASE 4-3에서 CAI체계 구축후의 전투력 상승효과



[그림 4-5] CASE별 투입부대와 잔존전투력

를 얻기 위해서는 최소한 전술공군 3개편대, 육군항공 2개대대, 포병 3개대 이상을 추가로 투입하여야 동일한 전투력 효과를 얻을 수 있다.

결론적으로 CAI체계 구축에 따른 효과를 현 체계에 부대를 추가 투입하는 경우와 비교하면 [그림 4-6] 과 같다.



[그림 4-6] CAI체계/투입부대별 전투력상승효과 비교

예를 들면, CAI체계 구축후의 전투력 상승효과와 동일한 효과를 얻기 위해서 단일부대를 투입할 경우에는 기존체계에서 공군 4개편대, 항공 7개대대, 포병 9개대대를 추가 투입하여야 한다. 즉 CAI체계는 이들과 동일한 전투력 상승효과를 나타낼 수 있다.

위 결과는 부대 특성별 전력지수와 교환비율을 보안목적상 임의로 선정하여 입력된 산출결과이며,

정확한 전투력상승효과를 얻고자 한다면 훈련결과 및 위계임을 통한 신뢰할 만한 값을 입력한다면 보다 현실적이며 정확한 값을 얻을 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 현재 육군 군단급에서 도입 추진 중인 지상전술 C4I체계의 투력 상승효과를 네트워크화에 의해 실시간 표적정보 공유를 통한 지휘통제 시간단축과 정보의 정확도측면에서 평가해 왔다. 먼저 지휘통제체계 전력평가 모델을 이용, 지상전술 C4I체계의 전투력 상승효과를 평가하였고, 지휘통제 체계 전력평가 모델을 이용한 분석결과, 지상전술 C4I체계 사용으로 9.5분의 지휘통제시간이 단축되었을 경우, 주어진 시나리오에 의한 교전에서는 체계 구축이전보다 6.2배 정도 전투력이 상승하였고, 잔존 전투력과 지휘통제시간 및 정보의 정확도와의 상관관계를 통하여 지휘관의 지휘결심에 있어 주요국면에서 요구되는 최소 전투력확보와 교전에서의 승리를 위해서 요구되는 정보수준과 지휘통제시간의 단축, 즉 결심을 하기까지의 지휘통제시간을 얼마만큼 단축할 것인가에 대해 예측할 수 있었다. 본 논문의 연구 결과, 정보화 전력을 평가함에 있어 여러 가지 복합적인 요소 중에서 지휘통제시간의 단축으로 증가된 생존성, 할당비율, 교환비율과 정보의 정확도 향상이 전투력 상승에 어떠한 영향을 미치는가를 중심으로 분석하였다. 기대효과로서 군단의 C4I체계 도입후 통합화력운용간 전투력 상승효과를 계량화하였으며, 특정 작전단계의 최종 전투력을 요구수준으로 유지하기 위한 초기 정보 정확도와 지휘통제시간의 상관관계를 분석하였다. 이러한 결과로부터 계량화된 MOE를 잘 활용한다면 정보화 사업 추진시 사업간의 대안 비교나 단위 사업별 정보화 체계의 효과를 측정할 수 있을 뿐만 아니라 인

간의 신경조직과도 같은 정보우위의 C4I체계 전력이 초기에 야전배치 되어야하는 필요성을 제시하였다. 향후에는 전투에 관련되는 제반 작전 및 군수지원요소를 고려한 전투력 측정모델을 개발해야겠으며, 특정국면에서의 작전에서 발생 가능한 불확실성 요소를 보다 현실적으로 묘사하고 시뮬레이션화 할 수 있다면 전투력상승효과 평가시 보다 정확한 분석 자료를 얻을 수 있다.

參 考 文 獻

- [1] 이재영의 4명, 「정보전력체계의 전투효과 평가방법 기본개념 연구」, (21세기 군사연구소), 2001. 12.
- [2] 육군전술 C4I개발단, 「지상전술 C4I체계운용개념 기술서」, 2000.9.
- [3] 국방정보체계 연구소, 「C4I체계 연구」, 1998.
- [4] 김충영의 3명, 「군사운영분석의 이론과 실제」, 국방대학교, 1996.
- [5] 김영길의 2명, 「네트워크와 무기체계의 전투기여 효과분석을 위한 기반연구」, KIDA연구보고서, 2000.9.
- [6] 원은상, 「전력평가의 이론과 실제」, KIDA연구보고서, 1998.8.
- [7] Daniel M.Schutzer, 「C2 Theory and Measure of Effectiveness, in John Hwang, Daniel M.Schutzer, Peter Vena,(eds.). Selected Analytical Concepts in Command and Control, Grden and Brench Science Publisher, New York, 1982.
- [8] Richard Darilekk, Walter Perry의 3명, 「Measure of Effectiveness for the Information-Age Army」, RAND, 2001.
- [9] James. G. Taylor, 「Lanchester Model of Warfare」, 1983.3.
- [10] 육군본부, 야교 6-1 「화력운용」, 1997. 1.
- [11] W. David Kelton 외 2명, 「Simulation with

Arena_J , McGraw-Hill, 2001.

[1 2] James. G. Taylor, Optimal Commitment of Force in Some Lanchester Combat Model, NPS 55-77-2, 1976.