

C2모델 기반 전장아키텍처의 전투효과 평가방안

A Study on Evaluation of Combat Effectiveness in WMA-EA based on C2 Model

박 양 수* 정 찬 기**
Yang-Soo Park Chan-Ki Jung

Abstract

ROK Joint Chiefs of Staff in developing an WMA-EA(Warfighting Mission Area-Enterprise Architecture) tries to create the practical buildup requirements of military power through precise requirements and operational capabilities based on the architectures. However, it is difficult to verify the effectiveness of target architectures and do efficient requirement planning because we cannot know the gap of quantitative combat effectiveness between current and target WMA-EAs. This study presents an evaluation method of combat effectiveness and focuses on combat's positive effects in WMA-EAs. The method proposed is based on C2 model which is appropriate for the evaluation of combat effectiveness in architectures. We verify the effectiveness of the proposed method through a case study of an anti-ship warfare architecture.

Keywords : Warfighting Mission Area-Enterprise Architecture(전장아키텍처), Combat Effectiveness(전투효과), C2 Model, Anti-Ship Warfare(대함전)

1. 서론

정보기술(IT)의 발달은 미래전의 양상을 전투원 개개의 자산 능력을 중시하는 플랫폼중심전(PCW)에서 네트워크중심전(NCW)으로 변화시키고 있다^{5,11)}.

합참에서는 한국형 NCW 구현 및 미래 전력 소요 도출, 작전임무 수행절차 개선, 상호운용성 향상 등을

위해 전장아키텍처 구축사업을 추진 중에 있다. 그러나 전장아키텍처의 정량적인 전투효과 평가방안의 부재로 효과적인 아키텍처 활용이 어렵다. 첫째, 현행 및 목표 전장아키텍처 간의 명확한 전투력 상승효과의 식별이 불가하여 신뢰성 있는 미래전력 소요기획은 한계가 있다. 둘째, 제한된 예산을 고려하였을 경우 최대의 전투효과 창출을 위한 효율적인 목표 전장아키텍처 구축에 어려움이 있다.

본 연구는 전장아키텍처의 효과적인 활용을 위해 전장아키텍처 특성을 반영한 전투효과 평가방안을 제안한다. 제안된 평가방안은 현행 전장아키텍처와 목표 전장아키텍처간의 전투력 상승효과를 정량적으로 측

† 2010년 4월 23일 접수~2010년 7월 12일 게재승인

* 해군 제1함대사령부(1st Fleet Command)

** 국방대학교(Korea National Defense University)

책임저자 : 박양수(pysces2543@hanmail.net)

정하기 위함이다. 전장아키텍처 전체를 평가하기 위해서는 전장아키텍처를 구성하는 감시체계, 무기체계, 지휘통제체계 등의 모든 평가요소와 이들의 상호작용으로 인한 상승효과(Synergy Effects) 등을 반영한 총체적인 평가가 요구되나, 본 연구는 전장아키텍처 특성을 기반으로 전투력 상승효과를 유발하는 요소를 식별하여 전투효과 평가모델에 적용하는 것으로 한정한다. 따라서 제안된 평가방안은 현행 및 목표 전장아키텍처간의 전투력 상승효과 평가에 초점을 맞춘다.

본 연구의 구성은 먼저 전장아키텍처의 개념 및 특성을 살펴보고 다양한 전투효과 평가모델의 전장아키텍처 적용가능성을 분석한다. 분석 결과로 선정된 C2 모델을 기반으로 전장아키텍처의 전투효과 평가 방안을 제시한다. 최종적으로 해군 대함전 아키텍처 사례 적용을 통해 제안된 평가 방안의 효용성을 보인다.

2. 연구배경

가. 전장아키텍처(WMA-EA)

우리군은 KJCCS(Korea Joint Command Control System), MIMS(Military Intelligence Management System), 각 군 전술C4I체계 등에 대한 상호운용성향상과 한국형 NCW(Network Centric Warfare) 구현을 위해 전장아키텍처를 구축 중에 있다^[1,2].

전장아키텍처는 운용관점(OV : Operational View) 및 체계관점(SV : Systems View)을 통해서 과업수행을 위한 작전개념 및 작전요소들 간의 관계, 과업수행 절차, 작전요소를 지원하는 체계의 구성 및 체계 간의 관계 등을 묘사한다. 현행(As-Is) 전장아키텍처는 작전계획 및 조직편성의 타당성을 검증하고 대안을 수립하는데 사용하고, 목표(To-Be) 전장아키텍처는 전력증강 목표와 명확한 미래 전력소요 제시를 통해 국방변혁의 청사진으로서 역할을 한다. 따라서 전장아키텍처는 현재 국방능력과 미래 국방능력의 차이를 줄이기 위한 변혁관리를 통해 국방비전 달성을 위한 로드맵을 제시하는 것이다.

전장아키텍처 구축은 예산과 효율성을 고려하여 단계화하여 추진하고 있으며, 현행 전장아키텍처는 현행 작전계획 및 운영 중인 전력을 중심으로 구축완료 하였으며, 목표 전장아키텍처는 2012년 전작권 전환에 따른 연합작계 및 2020년 전력 및 합동개념요구능력서를 기반으로 구축을 진행 중이다^[10].

나. 전장아키텍처 특성 및 전투효과 요소

전장아키텍처에서는 과업별 임무수행 절차, 체계 운용 등에 관한 사항을 구현하기 위해서 아군과 적군의 전력 및 방책이 전장아키텍처 작성을 위한 서술문 및 운용개념에서 직·간접적으로 표현된다. 운용관점은 시간흐름에 따른 임무수행 절차, 작전에 참가하는 작전요소들 간의 관계, 시간대별 운용활동의 전개내용 등을 표현한다^[10]. 체계관점은 작전요소에서 운용하는 체계의 구성 및 체계를 통한 작전요소들 간의 정보교환 성능(정확성 및 적시성 등), 체계 간의 인터페이스 세부내용 등을 표현한다.

전장아키텍처의 특성을 토대로 전투력 상승 또는 감소를 유발하는 전투효과 요소는 Table 1과 같다. 전투효과 요소는 전장아키텍처의 운용관점 및 체계관점 분석을 통해 직·간접적으로 식별할 수 있으며, 전투효과 평가모델에 적용하기 위해 수치화가 가능하다.

Table 1. 전투효과 요소 식별 결과

전장아키텍처 특성	전투효과 요소	수치화 가능성
아군의 전력 및 방책	아군전력(지수)	가 능
적군의 전력	적군전력(지수)	가 능
시간흐름에 따른 작전요소의 운용활동	작전소요시간 (지휘통제시간)	가 능
체계 간의 정보교환	작전소요시간 및 정보의 정확성	가 능

다. 전투효과 평가모델의 전장아키텍처 적용가능성 분석

부대에서 보유중인 전력 및 장비, 병사의 질 등을 비교평가 하는 ‘단순수량 비교법’^[4], 화력지수, 기동성 지수, 생존성 지수를 고려한 ‘무기효과지수/부대효과 지수(WEI/WUV)방법’^[4,12], 보유중인 화력의 전력지수 뿐만 아니라, 지형, 자연조건, 지휘통솔 등의 전투 상황계수 및 군수지원 능력 등 무형의 전력요소를 포함한 ‘계량화 판단기법’^[4,12] 등과 같은 정태적 비교평가 방법은 전력지수에 의한 평가는 가능하나 작전소요시간 및 정보의 정확성에 따른 전투효과 반영은 할 수 없다.

‘메트칼프 법칙’을 고려한 전투효과 평가 방법은 센서체계, C2체계, 무기체계가 네트워크로 연결됨에 따

라 전체 네트워크 가치가 상승하므로 이에 비례하여 전투력 효과도 증가할 것이라는 개념을 이용한 평가 방법이다^{13,8)}. 메트칼프 이론은 네트워크화 수준을 고려한 전투력의 상승효과는 일부 측정할 수 있으나, 전장아키텍처를 구성하는 전체적인 관점에서의 전력지수, 정보의 정확성 향상 및 지휘통제시간의 단축을 고려한 효과측정은 어렵다.

‘C2 모델’은 청군과 홍군 사이에서 일정 규모의 전력이 교전에 참가하여 교전이 종료 되었을 때, 청군의 교전 전 자산 가치와 교전후의 자산 가치를 비교하여 전투효과를 산출하는 알고리즘으로 식 (1)과 같다^{6,8,13)}.

$$\langle MOE \rangle = \frac{\langle N_j^2 \rangle - \langle M_j^2 \rangle}{N^2} \quad (1)$$

- MOE : 교전 j에서의 전투력 상승효과
- N_j : 교전 j에서의 아군의 자산
- M_j : 교전 j에서의 적군의 자산
- N^2 : 아군의 전력 지수

여기서, $\langle N_j^2 \rangle = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{\alpha p_{kj} a_{kj} n_{kj}^2}{1 + X_{kk'}}$,
 $\langle M_j^2 \rangle = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{X_{kk'} q_{k'j} b_{k'j} m_{k'j}^2}{1 + X_{kk'}}$, $N^2 = \sum_{k=1}^T n_{kj}^2 a_{kj}$
 이다.

$\alpha p_{kj}/q_{k'j}$ 는 청군 k자산/홍군 k'자산의 교전 j에서 생존확률, $a_{kj}/b_{k'j}$ 는 청군 k자산/홍군 k'자산의 능력, $n_{kj}/m_{k'j}$ 는 청군 자산 k/홍군 자산 k'가 교전 j에 참가한 수, X_{kk} (교환비율)은 청군 자산 k형의 손실/홍군 자산 k'형의 손실의 비율 이다.

청군의 생존확률(αp_{kj})은 식 (2)와 같다.

$$\frac{1}{1 + C_1 [v_p \sigma^2 (T_R - t_m)^2]} \quad (2)$$

- v_p = 적군의 전진속도
- σ^2 = 정보의 부정확도
- $(T_R - t_m)$ = 지휘통제 시간
- C_1 = 임의의 상수

C2모델에서 아군의 전투효과를 상승시키는 핵심요인은 아군의 전력지수(a_{kj}), 아군의 지휘통제시간 단축

(tcs (TR-tm)), 정보의 정확성 향상(정보의 부정확도를 나타내는 σ^2 의 감소)으로 분석된다.

전장아키텍처의 전투효과 요소를 토대로 전투효과 평가모델별로 적용 가능성을 판단한 결과를 종합하면 Table 2와 같다.

Table 2. 적용 가능성 판단결과 종합

전투효과 요소	적용 가능성 판단				
	단순수량 비교법	WEI/WUV	계량화 판단기법	메트칼프 이론	C2 모델
아군 전력지수	적용 가능	적용 가능	적용 가능	적용 제한	적용 가능
적군 전력지수	적용 가능	적용 가능	적용 가능	적용 제한	적용 가능
지휘통제 시간	적용 불가	적용 불가	적용 불가	적용 불가	적용 가능
정보교환의 정확성	적용 불가	적용 불가	적용 불가	적용 불가	적용 가능

3. C2모델 기반 전장아키텍처 전투효과 평가 방안

C2모델 기반 현행 및 목표 전장아키텍처간의 전투력 상승효과를 측정하기 위해서는 먼저 전장아키텍처의 분석을 통해 작전요소의 운용활동 및 체계의 성능에 따른 전투효과 요소의 식별(적·아 전력지수, 지휘통제시간 및 정보의 정확성)이 선행되어야 한다. 식별된 전투효과 요소를 분석하여 수치화 과정을 거친 후, 이를 C2모델에 적용하여 전투효과를 평가하며 이에 대한 절차는 Fig. 1과 같다.

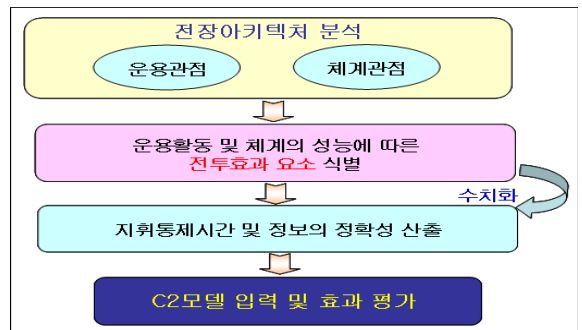


Fig. 1. 전장아키텍처 전투효과 평가 절차

C2모형을 기반으로 현행 및 목표 전장아키텍처 간의 전투력 상승효과를 평가하기 위해서는 먼저 C2모델의 전투효과 요소인 아군/적군 전력지수, 지휘통제 시간 및 정보의 정확성을 전장아키텍처의 운용관점과 체계관점 분석을 통해 식별해야 한다.

전장아키텍처는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 센서(Sensor), 지휘통제(Command and Control), 슈터(Shooter)와의 복합적인 관계가 기술되며, 과업수행 절차를 기술하기 위해서는 전 작전요소 즉, 탐지자산, 지휘부, 타격자산 등에 의한 운용활동(탐지, 결심, 타격 등)이 상세하게 표현된다. 체계관점에서는 작전요소에서 수행되는 운용활동과 관련된 체계, 체계간의 관계 및 정보교환 내용, 체계의 성능, 상호운용성 수준 등이 기술된다^[10].

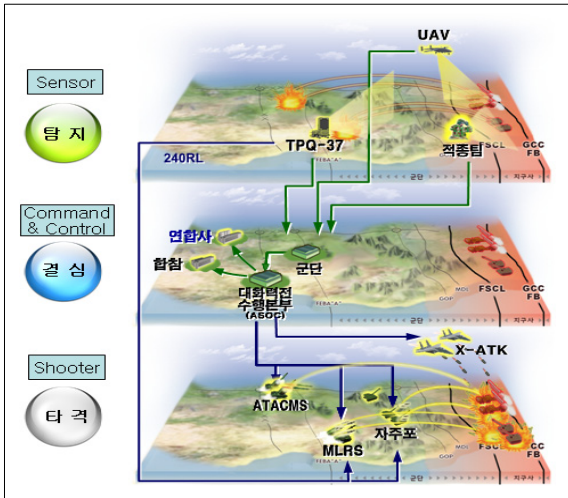


Fig. 2. 운용활동 및 체계 간의 연관 관계도

전장아키텍처를 작성하기 위해 아군과 적군의 전력, 과업수행절차, 체계구성 등을 묘사하는 시나리오 작성이 선행되며^[2,10], 이를 통해 전력지수 식별이 가능하다. 또한 운용관점을 통해 작전수행에 관한 전반적인 개념 및 작전에 참가하는 작전요소 등이 기술되므로 이를 통해 아군 및 적군의 전력을 기반으로 한 전력지수의 식별이 가능하다.

지휘통제시간과 정보의 정확성을 분석하고 도출하기 위해서 Fig. 3과 같은 개념적인 전투모형을 제시한다. 제시된 전투모형은 미국 공군 존 보이드 대령이 제안한 관측(Observe), 평가(Orient), 결심(Decide), 실행(Act)의 전투행동절차를 기반으로 한다^[14].

지휘통제시간은 작전요소의 운용활동에서 나타나는 상황판단 시간과 정보교환시의 소요시간으로 구분되며, 이는 다음과 같이 유도할 수 있다.

지휘통제시간=상황판단시간(T_a)+정보전송시간(T_b) 여기서, 상황판단시간(T_a)은 OODA 루프에서 관측, 평가, 결심의 소요시간이며, 정보전송시간(T_b)은 체계를 통한 정보처리의 소요시간이다.

	탐지 자산	지휘부	타격 자산
	상황판단1	정보전송1	상황판단2
지휘통제시간	3분	1초	2분
정보의 정확성	90%	98%	95%

Fig. 3. 지휘통제시간 및 정보의 정확성 분석 예시

정보의 정확성은 탐지자산에 의해 수집된 정보가 최종 지휘결심 과정까지 데이터의 손실 없이 도달한 결과를 의미한다. 따라서 탐지자산의 능력을 고려한 표적의 정확도와 처리과정상에서의 지연 및 누락률을 반영한 정보처리의 정확도를 이용하여 수식화하면 다음과 같다^[3].

$$\text{정보의 정확성}(I) = \text{표적의 정확도}(i) \times \text{상황판단시의 정확도}(1-E_r) \times \text{정보처리의 정확도}(T_i)$$

표적의 정확도(i)는 적의 기동속도, 탐지자산의 능력에 따라 다소 차이가 발생할 수 있으나, 이를 배제하고 탐지자산의 표적정보 수집률과 자산별 표적획득 정확성을 고려한 값이다^[3]. 상황판단시의 정확도는 인간 개입에 따른 에러율(E_r)을 고려한 정확도이다. 정보처리의 정확도(T_i)는 정보를 처리 및 전송하는 과정에서 발생할 수 있는 오류 및 지연율(%)을 고려하여 산출한다.

현행 전장아키텍처에서는 모든 체계가 실제 구축되어 있는 현재의 전장상황을 기술하므로 컴퓨터 시뮬레이션 또는 실제 데이터의 통계값을 적용하여 지휘통제시간 및 정보의 정확성 산출이 가능하다.

목표 전장아키텍처에서의 지휘통제시간 및 정보처리의 정확도 산출은 미래에 구축될 목표체계의 능력을 고려해야 하므로 통계 값을 통한 산출방법의 적용은 불가하다. 따라서 목표 전장아키텍처에서의 지휘통제시간 및 정보처리의 정확도를 산출하기 위해서는

목표체계의 요구성능을 분석하고 정보교환 요구량 예측을 통해 정보유통 ROC 설정기준 식별이 필요하며, 이를 위한 방법으로는 수학적 모델 기법^[7], 네트워크 시뮬레이션 기법^[7], 미래 정보교환요구량 예측기법^[9] 등이 있다. 목표 아키텍처에서는 자동화 체계가 구축되어 인간 개입 오차 및 지연시간이 미미한 것으로 간주한다. Table 3은 전투효과 평가를 위한 요소의 종합적인 산출방안을 나타낸다.

Table 3. 전투효과 요소 산출 방안

구 분		산출 방안
현행 전장 아키텍처 (AS-IS)	전력 지수	적군 및 아군 작전요소에서 전력지수 산출
	지휘통제시간	인간의 상황판단 시간 및 현행 체계의 정보처리 소요시간 고려 산출
	정보의 정확성	현행체계의 표적의 정확도, 정보처리의 정확도 및 인간개입 오차율 고려 산출
목표 전장 아키텍처 (TO-BE)	전력 지수	적군 및 아군 작전요소에서 전력지수 산출
	지휘통제시간	목표체계의 ROC를 고려한 상황판단시간 및 정보처리 소요시간을 고려 산출
	정보의 정확성	목표체계의 ROC를 고려한 표적의 정확도 및 정보처리의 정확도를 고려 산출

C2모델에서 살펴본 바와 같이 아군의 전투효과를 향상시키는 주요한 요소가 아군 생존확률($\alpha p_{kj} = \frac{1}{1 + C_1[v_p \sigma^2 (T_R - t_m)^2]}$)의 향상이며, 생존확률을 향상시키는 주요한 요소는 정보의 부정확도(σ) 감소와 지휘통제시간의 단축($T_R - t_m$)이다. 따라서 위의 Table 4를 통해 분석한 지휘통제시간 및 정보의 정확성을 C2모델에 적용하기 위해 전투효과를 유발하는 핵심변수인 정보의 부정확도($\sigma^2 = 1 - \text{정보의 정확성}(\%)$)와 지휘통제시간($T_R - t_m$)을 수식화하면 Table 4와 같다.

4. 사례적용 : 대함전 아키텍처

현행 대함전 아키텍처는 해군 전술자료처리체계(KNTDS)를 운용하는 작전수행방식으로 아키텍처를 작성하며, 목표 대함전 아키텍처는 해군 지휘통제체계(KNCCS)가 구축된 것을 가정하고 KNCCS와 KNTDS를 기반으로 아키텍처를 작성한다. 대함전 아키텍처 작성을 위한 시나리오는 보안 목적상 작전 및 임무수행 방식은 가상 상황을 고려하여 설정하였으며, 제반 수치는 가상의 데이터를 활용한다.

가. 가정 사항 및 시나리오 설정

- 1) 탐지자산의 능력은 현행 및 목표 전장아키텍처에서 동일하다고 가정한다.
- 2) 아군 및 적군 함정의 최대속력은 30노트(54km/h)

Table 4. C2모델 적용을 위한 수식화

구 분	적용 수식	설 명	
현행 전장 아키텍처 (AS - IS)	지휘통제시간 ($T_R - t_m$)	$T_a + T_b$	T_a : 인간의 상황판단시간 T_b : 현행체계의 정보처리 소요시간
	정보의 부정확도(σ^2) (1 - 정보의 정확성)	$1 - [i \cdot (1 - E_r)] \times T_i$	i : 표적의 정확도 T_i : 정보처리의 정확도 E_r : 인간개입에 의한 오차율
목표 전장 아키텍처 (TO - BE)	지휘통제시간 ($T_R - t_m$)	$T_c + T_d$	T_c : 인간의 상황판단시간 (목표체계의 ROC 고려) T_d : 목표체계의 정보처리 소요시간
	정보의 부정확도(σ^2) (1 - 정보의 정확성)	$1 - (i \times T_i)$	i : 표적의 정확도 (에러율 감소효과 고려) T_i : 목표체계의 ROC를 고려한 정보처리의 정확도

이고, 상호 교환비율은 1로 동일하며, 적·아군 최초 생존확률은 0.5(지휘통제시간 10분, 정보의 정확성 0.5)이다.

- 3) 탐지체계, 무기체계 및 지휘통제체계 간의 상호작용에 의한 상승효과(Synergy Effect)는 고려하지 않는다.

적은 일정 규모의 전투함정(a, b, c, d 형 함정)으로 구성된 전투진을 형성하여 아측 해역에 접근하고 있다. 우군 전투함정은 전투전대를 형성(A, B, C, D형 함정)하여 대응하기 위해 지정된 해역에 전투진을 형성하여 전투 준비 중이다. 아군 함정은 표적 정보 획득을 위해 자함의 R/D 운용 및 우군 전력(함정, R/S, UAV 운용함)과 지속적인 정보교환을 실시중이다. Fig. 4는 대함전 ‘운용개념도(OV-1)’를 나타낸다. 대함전에 참가하는 아군 및 적군 함정의 전력지수는 Table 5와 같다.

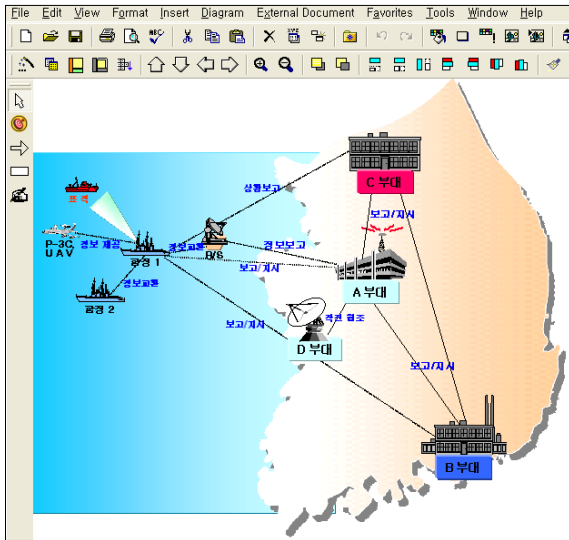


Fig. 4. 대함전 운용개념도

Table 5. 아군 및 적군 함정의 전력지수

아군		A	B	C	D
현행	전력지수	2.40	1.33	1.00	0.52
목표	전력지수	2.80	1.70	1.20	1
적군		a	b	c	d
현행/목표	전력지수	1.24	0.97	0.50	0.48

나. 전투효과 평가

1) 현행 아키텍처의 전투효과 평가

연구 목적상 아군 및 적군의 전력은 시나리오 설정에서 제시한 전력을 반영한다. 따라서 유형별 아군 및 적군 함정의 전력지수를 종합하면 식 (1)에 의해 아군은 $N^2 = \sum_{k=1}^T n_{kj}^2 a_{kj} = 5.25$, 적군은 $M^2 = \sum_{k=1}^S m_{kj}^2 b_{kj} = 3.19$ 로 각각 산출된다.

지휘통제시간은 각 작전요소에서 수행되는 인간에 의한 상황판단과 시스템의 정보처리시간을 종합하여 산출한다. 대함전 아키텍처에서의 운용활동을 분석하면 ‘접촉-기점/평가-보고/전파-전시/평가-대응지시/보고’의 활동 순으로 수행된다. ‘접촉’에서 ‘기점/평가’까지의 운용활동은 함정에서 시스템화 되어있지 않은 인간에 의한 상황판단시간이다. 이를 분석하기 위해 00부대에 소속되어 있는 유형별 함정 10척의 작전 및 훈련 시 소요되는 상황판단시간의 통계자료를 토대로 평균소요시간을 분석한 결과 3.02초로 산출되었다. 상급부대에서의 상황판단 소요시간은 ‘전시/평가’에 소요되는 운용활동 시간이다. 00부대의 상황판단시간의 통계 값을 분석한 결과 소요시간은 평균 2분 55초로 산출되었다. 함정과 상급부대간의 ‘보고/전파’, ‘대응지시/보고’는 KNTDS를 이용하여 이루어진다. 통계적 분석결과 평균 소요시간은 2.6초이다. 작전요소(함정 및 상급부대)에서의 상황판단 시간과 체계를 통한 정보처리 소요시간을 합산한 지휘통제시간은 5분 59초이다.

대함전 아키텍처에서 정보의 정확성을 산출하기 위해서는 아키텍처에서 표현되는 작전노드, 작전노드에서 운용하는 체계, 체계 간의 인터페이스를 확인할 수 있는 ‘인터페이스 기술서(SV-1)’를 분석한다. 탐지자산인 작전노드는 UAV, 함정, R/S 이며, 00부대의 표적 정보 수집률과 표적획득의 정확성을 분석한 결과 표적의 정확도는 0.96이다. 현재 구축되어 있는 체계를 통한 정보처리의 정확도를 통계기법을 통해 분석한 결과 0.98로 산출되었으며, 상급부대에서 상황판단시의 에러율을 분석한 결과 평균 5%가 발생함을 식별하였다. 따라서 3장에서 수식화된 공식에 대입하면 정보의 정확성은 0.89이다.

현행 대함전 아키텍처에서 산출된 전투효과 요소를 종합하면 Table 6과 같다.

아군의 개선된 생존확률은 식 (2)에 의거하여 다음과 같다.

$$(\alpha p_{kj}) = \frac{1}{1 + C_1 [v_p \sigma^2 (T_R - t_m)^2]}$$

v_p = 적군의 전진속도(54km/h), σ^2 = 정보의 부정확도(0.11), t_{cs} ($T_R - t_m$) = 지휘통제시간(359초) 등의 값을 적용하면 생존확률(αp_{kj})은 0.936의 값이 도출된다.

식 (1)을 적용하여 대함전 현행 전장아키텍처의 전투효과를 산출하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \langle MOE_a \rangle &= \frac{\langle N_2^2 \rangle_j - \langle M^2 \rangle_j}{N^2} \\ &= \frac{9.825 - 3.19}{5.25} = 1.2637 \end{aligned}$$

산출된 전투효과는 가정에서 제시한 생존확률이 0.5 (지휘통제시간 10분, 정보의 정확성 0.5)일 경우의 전투효과($MOE_b = 0.392$) 대비 3.2 배(= $\frac{MOE_a}{MOE_b}$)의 전투효과가 나타남을 의미한다.

Table 6. 전투효과 요소 산출 결과

구 분	아군/적군 전력지수	지휘통제 시간	정보의 정확성
산출 결과	5.25/3.19	5분 59초	0.89

2) 목표 아키텍처의 전투효과 평가

목표 아키텍처에서 교전에 참가하는 적군의 전력은 현행 아키텍처와 동일하며 아군의 전력은 Table 5에서 제시한 전력을 적용한다. 아군 및 적군 함정의 전력지수는 각각 6.7과 3.19를 적용한다.

목표 아키텍처의 복합체계(KNTDS + KNCCS)는 지휘통제시간을 단축하고 정보의 정확성을 향상시키며, 이에 따른 전투효과 평가에 중점을 둔다. 목표 아키텍처에서의 지휘통제시간 산출을 위해 먼저 운용활동을 분석하면 함정 및 상급부대의 상황판단 소요시간과 KNCCS의 정보처리 소요시간으로 구분된다.

함정 및 상급부대의 상황판단 소요시간은 KNCCS의 작전성능을 분석한 결과, 약 70%의 시간 단축 효과가 있다. 현행 아키텍처의 함정 및 상급부대의 상황판단 소요시간을 고려하여 목표 아키텍처에서의 소요시간을 분석하면, 상황판단 소요시간은 각각 55초 및 52초로 산출된다.

KNCCS 정보처리 소요시간은 목표체계의 ROC 분석을 통해 산출하며, 이는 ‘체계데이터교환 목록(SV-6)’에 반영된다. 탐지자산과 상급부대 간의 인터페이스를 통해 송수신 되는 정보의 평균소요시간을 분석한 결과 평균 1초로 산출되었다.

위의 결과를 종합하면 목표 아키텍처에서의 지휘통제시간은 함정 및 상급부대에서 상황판단시간과 KNCCS를 통한 정보처리 소요시간의 합으로 1분 49초로 산출된다.

목표 아키텍처에서의 정보의 정확성 산출을 위해 ‘인터페이스 기술서(SV-1)’를 분석한다. 탐지자산은 현행 아키텍처에서와 동일하다고 가정하였으므로, 표적 정보 수집률은 현행 아키텍처와 동일하다. 목표 아키텍처에서는 자동화된 정보처리에 따라 상황판단시의 어려움은 극히 미비(어려움 미반영)하며 표적획득의 정확성은 KNCCS의 ROC 분석결과, 현행 대비 최소 20% 향상이 기대된다.

식별한 표적정보의 수집률과 표적획득 정확성을 토대로 표적의 정확도를 산출하면, 표적의 정확도는 0.97이다. 정보처리의 정확도는 체계 간의 정보교환 시에 나타나는 정보의 손실을 고려한 값으로 현재 구축되어 있는 체계를 통한 정보 송·수신시의 정확성을 분석한 결과 평균 0.99로 산출되었다.

따라서 표적의 정확도와 정보처리의 정확도를 고려하여 목표 아키텍처에서의 정보의 정확성을 산출하면, 정보의 정확성은 0.96이다.

목표 아키텍처에서 산출된 전투효과 요소를 종합하면 Table 7과 같다.

Table 7. 전투효과 요소 산출 결과

구 분	아군/적군 전력지수	지휘통제 시간	정보의 정확성
산출 결과	6.7/3.19	1분 49초	0.96

식 (1)에서 아군의 생존확률은 $(\alpha p_{kj}) = \frac{1}{1 + C_1 [v_p \sigma^2 (T_R - t_m)^2]}$ 이며, v_p = 적군의 전진속도(54km/h), σ^2 = 정보의 부정확도(0.04), t_{cs} ($T_R - t_m$) = 지휘통제 시간(109초)이므로 생존확률(αp_{kj}) = 0.998이다.

따라서, $N^2 = 6.7$ 이고, $\langle N_2^2 \rangle = 13.376$ 이며, $\langle M^2 \rangle = 3.19$ 이므로 목표 전장아키텍처의 전투효과

$$\langle MOE \rangle = \frac{\langle N_2^2 \rangle_j - \langle M^2 \rangle_j}{N^2} = 1.5203 \text{이다. 산}$$

출된 전투효과는 가정에서 제시한 생존확률이 0.5(지휘통제시간 10분, 정보의 정확성 0.5)일 경우의 전투효과(0.392) 대비 3.9배의 전투효과가 나타남을 의미한다.

3) 사례결과 분석

전투효과 평가 결과, 현행 아키텍처의 전투효과(MOE₁)는 1.2637, 목표 아키텍처의 전투효과(MOE₂)는 1.5203로 각각 산출되었다. 따라서 전투력 상승효과 지수를 K라 하면, $K = \frac{\langle MOE_2 \rangle}{\langle MOE_1 \rangle}$ 이며, $K = 1.5203 / 1.2637 = 1.203$ 이므로 목표 아키텍처의 구축 시 20%의 전투력 상승효과가 나타남을 확인할 수 있다.

현행 및 목표 아키텍처 간의 전투력 상승효과가 다소 미비(20%)하게 산출된 이유는 해군이 보유한 최신 전력을 반영하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 목표 아키텍처에서 현재보다 성능이 향상된 이지스함급 이상의 전력을 반영하여 전투효과 평가를 한다면, 전투력 상승효과는 보다 클 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 전투효과 측정 모델인 'C2모델'을 기반으로 현행 및 목표 아키텍처 간의 정량적인 전투력 상승효과 평가방안을 제안하였고, 대함전 아키텍처 사례적용을 통해 제안 평가방안의 효용성을 제시하였다.

제안 평가방안은 신뢰성 있고 효율적인 소요기획 업무지원이 가능하고 평가결과를 목표 전장아키텍처 구축 시 환류(feedback)하여 반영함으로써 효과적인 아키텍처 구축에 도움이 될 수 있다.

본 연구에서는 전력지수, 지휘통제시간, 정보의 정확성 등 제한된 일부 특성만 고려하였으나 이외의 특성(네트워크화 수준, 상호운용성 등)을 고려한 전투효과 평가방안 연구가 필요하다. 아울러 전장아키텍처 기반의 총체적인 전투효과 평가를 위한 C2모델의 확장(수정) 또는 새로운 모델의 연구가 필요하다.

Reference

- [1] 김한욱, “전장아키텍처(WMA-EA) 구축계획”, 합참지 제33호, pp. 20~22, 2007.
- [2] 공성호, “합동전장아키텍처 구축 및 활용에 대한 소고”, 합참지 제41호, pp. 70~76, 2008.
- [3] 김용흡, “네트워크 기반하 전장정보체계의 전투효과 측정방안 연구”, 국방대학교 석사학위 논문, 2008.
- [4] 김진준, “ANP기법을 이용한 C4I체계의 효과 평가 방법에 관한 연구”, 국방대학교 석사논문, 2003.
- [5] 박찬중, “한국형 NCW를 위한 서비스 기반의 통합 프레임 워크 개발에 관한 연구”, 국방대학교 석사논문, 2007.
- [6] 신철, “C2 효과측정 모델을 이용한 지휘통제 체계강화와 부대 전투력과의 상관관계 연구”, 국방대학교 석사논문, 2002.
- [7] 안은경, “네트워크 시뮬레이션을 통한 군 통신정보유통량의 효율적 예측 기법”, 국방대학교 석사논문, 2005.
- [8] 이재영 등 4인, “C4I체계 전투력 상승효과 평가”, 국방대학교, 2008.
- [9] 국방과학연구소, “전술응용체계 정보유통량(IER) 분석”, 2008.
- [10] 합동참모본부, “전장 아키텍처 2단계 사업계획”, 2009.
- [11] 이태공, “NCW 이론과 실제”, 홍릉과학출판사, 2008.
- [12] 원은상, “전력평가의 이론과 실제”, 한국국방연구원, 1998.
- [13] Schutzer, Daniel M, “C2 Theory and Measures of Effectiveness”, Gordon and Breach Science Publisher, 1982.
- [14] Thomas M. Box, “Hardball and OODA Loops : Strategy for Small Firms”, Jacksonville, 2007.