

시뮬레이션과 계층분석법을 이용한 군 자동화 물류센터 최적 설계에 관한 연구

황은성¹, 백승원^{2*}

¹광운대학교 방위사업학과, ²육군사관학교 무기기계공학과

A Study on Optimal Design of a Military Automated Logistics Center with Simulation and AHP

Eun-Seong Hwang¹ and Seung-Won Baik^{2*}

¹Dept. of Defense Acquisition, Kwangwoon University

²Dept. of Weapons and Mechanical Eng., Korea Military Academy

요약 우리 군은 21세기 군수환경에 적합한 물류 운용체계 발전을 위해 아직 대다수를 차지하는 기존 재래식 물류 설비를 교체하는 현대화 사업을 활발하게 진행 중이며 향후 각급제대로까지 더욱 확대시켜나갈 계획이다. 본 연구에서는 군 물류 프로세스의 중심이 되는 자동화 물류센터를 시뮬레이션하여 현재의 시스템을 분석하고 나아가 최적대안을 설계하는데 효과적인 의사결정 과정을 제시할 목적으로 수행되었다. 특히 물류센터의 자동화 사업이 활발히 추진되는 것과 이러한 물류센터의 특성상 다양한 설계안과 평가기준이 필요하다는 것에 착안하여 동일규모의 대안을 추가 구성하였다. 총 48개의 대안 중에서, 기존 연구를 바탕으로 몇 가지 고려할만한 대안들을 정의하고 시뮬레이션과 AHP를 활용하여 최적의 설계안을 도출하였다. 의사결정권자의 경험과 능력이 어느 조직보다 가장 큰 비중을 차지하는 현행 군 물류체계에서 합리적인 최적대안을 선정하는데 큰 도움이 되도록 하였다. 본 연구에 제시된 이러한 방법은 방대한 국방예산이 투입되는 군 물류센터 현대화 사업에 있어 경제적인 비용의 절감과, 현재와 미래의 물류센터에 대한 진단과 평가가 가능하게 하여 향후 국방 군수 현대화 사업추진에 큰 기여를 할 것으로 기대한다.

Abstract Modernization projects are actively underway to replace conventional logistics equipment for the development of the 21st century logistics management system. The modernized logistics system is expected to expand to each troops on future. In this paper, we deal with simulation of automated logistics center to analyse the current system. Especially, the alternative to the same scale is designed based on needs of military distinctiveness. As a result, it can be effectively compared the current system. The result obtained in this design process is comprehensively analyzed by the AHP(Analytic Hierarchy Process). The proposed method in this study is allowed to cost-effectively evaluate current and future automated logistics center. And, that is expected to contribute to modernization projects of the military logistics system.

Key Words : AHP(Analytic Hierarchy Process), AS/RS(Automated Storage & Retrieval System), Automated logistics center, Simulation

1. 서론

많은 군사전문가들은 향후 미래전에서 작전상황이 더욱 신속하게 전개되고 효과중심의 정밀 타격전 양상을 보이게 될 것으로 전망한다. 따라서 이러한 전쟁수행 방

식의 변화를 고려할 때 다양한 전투요소가 투입되는 미래전에서는 작전의 주도권과 집중력을 유지하기 위해 효율적인 군수지원의 역할이 지금보다 더욱 중요해질 것으로 보인다. 이와 같은 내용은 최근 발간된 군사 기술연구 서에서도 잘 나타나 있으며[1], 육군의 미래 군수지원체

*Corresponding Author : Seung-Won Baik(Korea Military Academy)

Tel: +82-2-2197-2951 email: gem853@kma.ac.kr

Received October 8, 2013

Revised (1st November 28, 2013, 2nd December 5, 2013)

Accepted February 5, 2013

계의 발전 방향으로 제시된 속도중심 군수(velocity logistics), 자산가시화 군수(asset visibility logistics), 수요자중심 군수(pull logistics)가 바로 우리 국방군수가 완성해 나가야 할 현안 과제들이다. 이러한 변화의 흐름은 국방 선진국인 미 육군에서 가장 모범적으로 나타나고 있다. 미군은 이미 2000년 초, 국방 군수개혁 목표 중 하나를 속도중심 군수달성으로 정하고, 대규모 물류프로세스의 체계 개편을 통해 비용절감 및 효율성 극대화를 이뤄냈을 뿐 아니라 첨단 물류 설비 강화 등 다방면에서 활발한 연구를 진행 중이다.

최근 우리 군도 이러한 국방군수 첨단화의 중요성을 공감하여 민간사회의 선진물류시스템을 적극 수용하여 전군자산가시화를 위한 국방군수 통합정보체계 구축이라는 목표를 세우고 장비정비정보체계, 신 국방물자 시스템, 탄약정보 및 수송정보체계로 대표되는 현대적 시스템 개선 도입사업을 2009년부터 단계적으로 추진하고 있다. 또한 이러한 전산 시스템 개선사업 이외에도 자동화 물류센터로 대표되는 첨단 물류설비의 교체사업을 추진하는 등 다방면에서 국방군수 현대화사업이 펼쳐지고 있다.

군 물류체계는 민간 물류와는 달리 품목 및 사용부대에 따라 공급망 단계가 다를 뿐 아니라[2], 소요예측의 정확도 또한 50% 이하 수준으로 소요자료로서 제 역할을 하지 못하고 있다[3]. 하지만, 현실적인 군의 수용성 측면을 고려하지 않고 전문 분야별로만 특성화시켜 진행한 연구들이 있었다[4]. 국방 물류선진화 사업이 원활히 진행되고 당초의 기대효과를 원만하게 달성하기 위해서는 지금까지의 개선사업 과정과 산물을 종합적으로 진단할 시점이 되었다. 특히, 재래식 위주의 창고를 운용중인 군 물류환경을 고려할 때, 자동화 물류센터에 대한 평가요인의 선정과 그 분석방법의 정립이 필요하다. 특히, 군 물류 시스템에서 중심이 되는 자동화된 물류센터는 첨단화된 자동창고, 컨베이어 시스템, 무인운반차 등이 매우 복잡하게 설비되어 정확한 분석을 위해서는 보다 전문적인 노력이 필요하다[5].

따라서 본 연구에서는 현재 운용중인 군 자동화 물류센터를 중심으로 객관적이고 합리적인 평가척도를 반영하고, 시뮬레이션과 AHP를 통해 다수의 설계 대안들 사이에서 최적 설계안을 이끌어내는 효율적인 분석방안을 제시하고자 한다.

2. 기존연구

물류센터와 관련한 기존 연구는 물류센터의 전반적인 프로세스 분석을 통해 산출된 결과를 바탕으로 과학적

의사결정 방법을 접목시킨 최적대안 선정의 연구와 물류센터 프로세스를 시뮬레이션으로 모형화하여 각 연구 목적에 부합된 부분별 성과측정 중심으로 운용방법 및 설비상 고려된 기술적 측면의 개선사항을 다룬 연구로 주로 수행되었다.

주요연구로 김우균(2010)[6] 등은 다품종 소량생산 체제로 운영되는 자동차 부품 가공시스템을 대상으로 시뮬레이션과 네트워크 분석법을 이용한 최적 운영방안을 제시하였다. 이를 위해 설계에 포함될 중요한 운영 요소들을 시뮬레이션으로 모델링 후 반응표면법으로 메타모델을 설계하고 최종적으로 네트워크 분석법을 통한 최적 운영방안을 제시하였다. 허병안 등(2005)[7]은 Compromise Programming을 이용하여 물류센터 설계변수의 최적화와 AHP를 이용한 대안선정 과정을 제시하였고, 박임굴 등(2009)[8]은 균형성과지표와(BSC)와 AHP법을 활용한 군 물류사업 성과평가모형 개발에 관한 연구를 제시하였다. 한창호 등(2005)[9]은 시뮬레이션을 통한 물류센터 평가와 평가지표간의 상대적 중요성을 AHP법을 통해 가중치로 산출하여 체계적인 평가 모형을 제시하였으며, 강정운 등(2004)[10]은 진화전략과 DEA를 이용한 물류센터 분석방법을 제시하였다. 이러한 연구들은 물류센터 프로세스 평가와 최적설계에 관하여 물류센터를 모형화하여 정량적 평가치를 통해 물류센터 설계 및 평가방법을 제시하고 의사결정자에게 선택 가능한 대안 중 최선의 대안을 얻을 수 있는 토대를 제공하고자한 공통점이 있다.

한편 박윤기(2011)[11] 등은 물류창고의 AGVs(Automated Guided Vehicle system) 성능을 최대로 운영하기 위한 요인들을 선별한 후 직교배열(Orthogonal Array)을 통한 실험계획 방안을 제시하였다. 이는 고려해야 할 변수가 많아 실험계획이 방대해진 상황에서 실험의 수를 안전하게 줄일 수 있도록 한 것이 특징이다. 이러한 부분별 성과측정 중심으로 진행된 연구로 장영수 등(2008)[12]은 자동화 창고 성능개선 방안으로 자동창고의 S/R machine의 개선된 정주위치 고려와 재고회전 빈도에 따른 운용성능을 한재호 등(2006)[13]은 신병 초도 보급품 지급 자동화 방안을 이문섭 등은 시뮬레이션을 이용한 AGV최적대수 결정 방안을 제시하였고[14], Ottejes는 multi-AGV 시스템의 통합 설계 및 제어를 나타내었으며[15], Takakuwa는 AGV와 자동창고를 통합한 모델에 시뮬레이션을 적용하여 분석하는 기법을 제시하였다[16]. 이들은 물류센터 설계의 목적을 이루는 시스템 구성요소별 성과측정을 통한 기술적 발전방향을 모색하고 각 부분별로 분석된 성능개선사항이 전체 프로세스를 얼마만큼 향상시켰는지와 각 구성요소가 다른 요인에 미치는 영향력에 대한 설명이 추가 필요하다.

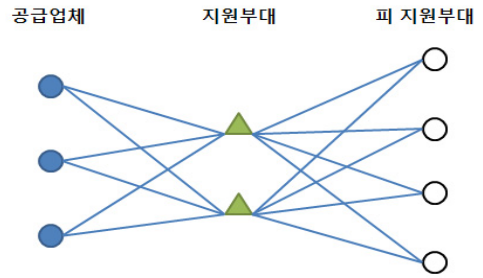
위에서 언급한 이러한 연구들의 시사점을 정리하면 다음과 같다.

1. 물류센터 설계에 대한 구체적인 시뮬레이션 모델링을 위한 설계명세서 구체화 필요, 실무적용 가능성 향상 필요
2. 각각의 물류설비 운영규칙을 고려한 시스템 설계요망, 실제 규모의 군수품 관리 가능토록 운용요망
3. 현실성 있는 다양한 설계안 수립과 합리적인 의사결정방법론을 통한 최적대안 도출과정 필요

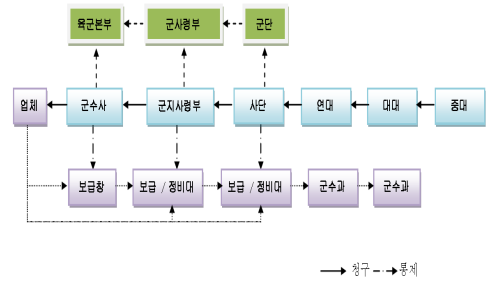
따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 ① 군 물류 프로세스 내에서 화두가 되고 있는 실제 군에서 운용 중인 자동화 물류센터를 대상으로 1개 보급단 차고에서 처리해야할 군수품의 규모를 상정하여 시스템상 중요요인과 설계변수를 결정하고 종합적인 설계명세서를 구체화했으며, ② AGV, RGV, 자동차고 등 통합 물류센터에서 적용되는 실제 설비들의 운영규칙을 기반으로 시뮬레이션 모델링을 구성하고, ③ 기존문헌에서 이용한 다기준하 의사결정 방법론 중에서 군실무에 있어 가장 적용이 용이하면서도 신뢰성 높은 최적안을 결정할 수 있는 계층분석법을 적용하여 대안선정과정을 시행하였다.

2.1 군 물류시스템의 개요

현행 군의 군수 지원 시스템은 공급부대로부터 수요부대까지의 군수품 또는 서비스의 배달과 관련된 모든 기능과 활동의 집합으로서 Fig. 1과 같이 노드(node)와 아크(arc)의 형태로 구성되는 일반적인 공급사슬망 구조와 큰 맥락을 같이한다. 하지만 현행 군 물류 시스템은 공급부대로부터 수요부대까지의 군수품 또는 서비스의 배달과 관련된 모든 기능과 활동의 집합으로서 계획 및 지침이 하달되는 지휘계통과 필요한 물자를 청구, 보급하는 지원계통으로 이원화하여 구분되어 이루어진다. 공급사슬은 납품업체-군수사령부-보급창-군수지원사령부-보급대대-사단보수대대-편성부대-단위부대의 단계별로 구성되며 보급지원 방식은 부대별 각각 보급수준과 보급한도량을 설정하고 그 물량을 확보하여 피지원 부대로부터 수요발생시 소요량을 지원하고 확보목표에 미달될 수량에 대하여 상급지원부대로부터 후속물량을 공급받는 방식으로 이루어진다[17-19]. 예상되는 수요에 대비하기 위한 군 공급사슬에 사전에 재고로 유지하도록 인가하는 보급품 수량 또는 일수를 보급수준이라고 하는데 군은 제대별로 임무에 따라 다르게 운영하고 있으며 일반적인 군 공급사슬망 구조는 Fig. 2와 같다.



[Fig. 1] General structure of supply chain



[Fig. 2] Structure of military supply chain[1]

2.2 이론적 배경

그 동안 우리 군은 의사결정과정에서 지휘관의 지휘철학과 경험, 직관에 크게 중점을 두고 의사결정을 해왔다. 엄격한 지휘구조 속에서 일관된 지휘방향을 세우고 부대가 합목적으로 나아가는데 이러한 방법이 효과적인 경우가 많으나 많은 예산과 물류 시스템이라는 특수한 분야를 다루는 것을 고려할 때 자칫 평가요소의 가중치를 고려하지 못하고 결과의 일면만으로 판단이 이루어지는 위험성이 내재된다. 따라서 군수라는 방대한 영역의 특성에 따라 군 물류 시스템을 평가하고 도출된 여러 기준에서 이루어진 평가결과를 보다 과학적이고 합리적으로 처리하여 의사결정에 활용하는 방법 정립 및 적용이 무엇보다 필요하다. 의사결정 문제는 여러 세부 요소로 구성된 복합요인으로서 다요인 분석에 속한다. 다요인 분석 기법에는 다요인 효용이론, 평점 모델, 목표계획법, 계층분석법등이 있다.

다요인 효용이론은 각 기준들에 대한 객관적이고 명확한 효용의 크기를 개발해야 하는 문제가 있으며 평점모델은 사용하기는 간단하나 일관성 및 평가척도를 고려해야 하는 한계가 있다. 목표계획법은 여러개의 목적을 동시에 충족시켜야 하는 상황에서 목적별로 목표를 정하고 실제 달성될 목적지표와의 표차를 목적함수로 삼아 이를

극소화하는 대안을 찾는 것으로 합리성에 기초하고 있으나, 계량적인 척도를 위주로 하는 분석기법이라는 한계가 있다. 그러나 계층분석법은 이러한 모든 문제를 포괄하여 계량적 및 비계량적 척도를 동시에 고려할 수 있고 이용이 편리하여 많은 다기준 의사결정 문제에 응용되고 있다. 계층분석법(AHP)은 다수의 속성들을 계층적으로 분류하여 각 속성의 중요도를 파악함으로써 최적 대안을 선정하는 기법으로 Tomas L. Saaty에 의해서 개발되었다 [20]. 이 기법은 대상이 되는 문제를 Top-down 방식으로 계층화하여 주요요인과 세부요인으로 구분하고 체계적으로 순위를 부여한 후 배타적 대안들의 전 과정을 계층구조화 한 다음 단계별로 구성된 속성의 쌍대비교(pair-wise comparison) 과정을 통해 가중치를 비율척도(ratio scale)로 도출하는 방법을 제시한다[20,21]. 의사결정의 질을 높이기 위해 산정된 가중치의 일관성 검증과정이 적용되며 무엇보다 민감도 분석을 통하여 분석내용에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다는 장점이 있다.

시뮬레이션은 실제 운용중이거나 운용할 시스템을 수학적이고 논리적인 모델로 설계하고 컴퓨터를 이용하여 이 모델을 시험하는 과정으로 실 시스템에 대한 실질적인 구축 없이도 예측평가를 실시할 수 있고 다양한 요구에 맞는 시스템의 설계방법들을 비교 예측할 수 있도록 해준다. 특히 시뮬레이션을 활용하면 시스템의 상세한 흐름까지 모형화가 가능하고 현실성이 높다는 장점을 가지고 있다.

시뮬레이션은 일반적으로 연구하고자 하는 문제를 정의하고 수학적이고 논리적 관계로 시스템을 추상화하는 모델 설계과정을 거쳐 자료 수집과 모델변환을 통해 시스템 설계와 검증과정을 반복하면서 최적설계에 접근하게 된다. 생산 및 물류 시스템과 같은 복잡한 대형 시스템의 설계와 운영 문제들을 해결하고자 하는 분야는 시스템의 고도화, 복잡화가 급속히 진행됨에 따라 이러한 시뮬레이션을 활용한 다방면에서의 연구 및 적용이 활발히 이루어지고 있다.

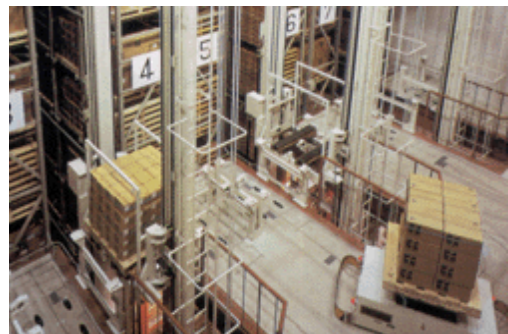
본 연구에서는 자동화 물류센터의 중요요인을 중심으로 여러 가지 설계대안을 수립한 후 가상 시뮬레이션 처리 결과를 바탕으로 대안을 합리적으로 평가하고 우선순위에 따른 최적의 대안을 판단하는데 적용하였다.

3. 군 자동화 물류센터 모델 설계

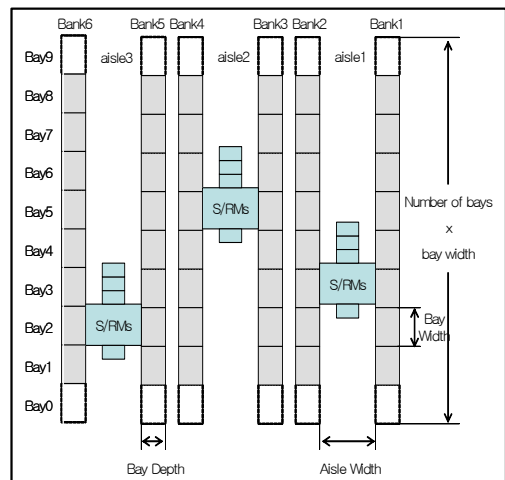
군 자동화 물류센터도 민간 물류센터의 일반적 기능인 제조업과 유통 분야의 물류네트워크에서 원자재, 부품, 반제품, 완제품 등의 효율적 보관과 반출을 위한 수배송

거점기능을 동일하게 가지고 있으며 자동창고(AS/RS : Automated Storage & Retrieval System), 자동대차(AGVs : Automated Guided Vehicle system), STV(Sorting Transfer Vehicle), 컨베이어, 구분기 등으로 구성된다. 육군의 자동화 물류센터는 창고 정보관리시스템(WMS : Warehouse Management System)에 의해 물류 흐름을 통제하고 있으며 이는 상위 시스템인 DMIS(Defense Materiel Information System)와 7, 9종시스템(DELIIS : DEfense Logistics Integrated Information System)과의 직접적인 연동으로 실시간 수입-저장-불출-적송에 대한 관리가 이루어지고 있다. 새롭게 구상할 물류센터 설계에 대한 분석에는 현재의 물류센터와 경합하는 대안들에 대한 측정과 분석이 요구되며 그에 따라 실행 가능한 대안들의 시뮬레이션을 통한 운용성 부분 분석이 필요하다.

본 연구에서는 실제 군에서 운용중인 육군 물류센터를 기준으로 규모와 설비수준이 유사한 모델을 AutoMod II(Brooks Automation Incorporate)를 사용하여 모델링하였다.

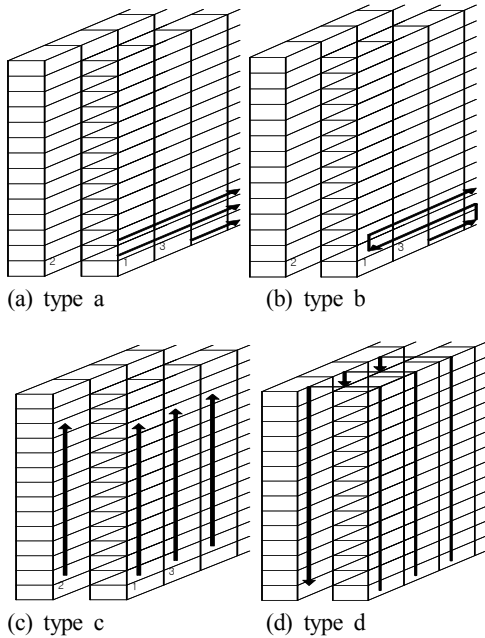


[Fig. 3] Operating state of automated warehouse



[Fig. 4] Experimental design of automated warehouse[12]

물류센터의 자동화 창고는 보관용 랙(rack)과 통로(aisle), 랙에 보관하는 물건을 자동으로 반출입하기 위한 자동 반송장비(SRM : Storage and Retrieval Machine)와 입출고 컨베이어 스테이션(P/D Station: Pickup and Drop down Station), 물류를 저장하고 출고하는 방법을 구성하는 것에 수직과 수평의 작업방향에 따라 크게 4가지 전형적 설계안을 구상할 수 있다.



[Fig. 5] Storage and release system of automated warehouse[4,16]

Fig. 5에서 유형 a, b는 수평으로 저장 및 출고를 하는 전형적인 설계안이고, 유형 c, d는 수직으로의 전형적인 설계다[13].

무인운반차 AGV(Automated Guided Vehicle)는 컨트롤러에 의해 자체 구동력으로 지정된 경로를 따라 이동하는 운반 시스템으로 시스템에는 매설된 유도체나 레이저 유도장치를 이용해 평지를 자동으로 주행 하는 유도 경로(guide path) 설계와 차량(vehicle) 운영방식이 있다. 이는 컨베이어와 레일방식의 대차와는 달리 자유로운 궤도설정이 가능하고 목적에 맞는 이체 장치(transfer unit)를 쉽게 결합할 수 있어 주변기기와의 연결 및 시스템의 확장이 용이한 장점이 있다. 하지만 이러한 AGV 시스템은 주로 작업자와 차량이 혼재하여 작업하는 작업장에서 많이 사용되기 때문에 안정성과 효율성을 고려한 최적의 경로(path)를 설계하는 것이 요구된다. 따라서 AGV 운영 방식은 혼잡도, 이용률, 대수의 결정 등이 큰 영향을 받기

때문에 설계시 다각적으로 고려되어야 할 사항이며 기본적인 운영방식은 차량이 유휴인 상태에서 가장 가까운 거리에 있는 load를 찾는 최단거리(closest distance)와 선입선출(FIFO)의 경우에서와 같이 load가 가장 먼저 신호를 보냈을 때 첫 번째 유휴 상태인 차량이 할당되는 경우인 최장시간(oldest time)로 구분된다.

기타 컨베이어는 가격이 저렴한 장점과 응용의 다양성이 많다는 것을 고려하였고 특히 모듈을 나누어 운반물을 잠시 대기하는 기능을 모의가 고려하도록 하였다. RGV는 고정 레일을 따라 주행하는 장비로 주행통로에 레일을 설치해야 하는 제약이 따르지만 비교적 빠른 주행속도를 낼 수 있는 것을 특징으로 한다. RGV는 주행속도를 기준으로 고속형과 일반형이 있으나 현재 군이 도입하여 적용중인 일반형을 고려하여 설계하였다.

3.1 시뮬레이션 조건 및 가정

시뮬레이션 수행을 위한 조건과 가정은 아래와 같다.

- (1) 시뮬레이션 수행 시간은 8시간으로 한다.
- (2) Vehicle(S/RM, AGV)의 고장 상태는 고려하지 않으며 언제나 가동이 가능하다.
- (3) Vehicle은 한 번에 하나의 Load만 운반 한다.
- (4) Load 운반을 끝낸 Vehicle은 첫 번째 수요를 운반하기 위하여 이동하며, 수요가 없으면 Parking Area로 이동하여 대기한다.
- (5) AGV 시스템은 각 분할마다 체크 포인트로 설계되었기 때문에 충돌이 일어나지 않는다.
- (6) 컨베이어의 고장 상태는 고려하지 않으며 언제나 가동이 가능하다.

3.2 대안설계 및 입력 요소 선정

자동창고, AGV 시스템, Conveyor 시스템 각각에 대하여 대안 구성을 위한 정성적 요소들을 각 항목 별로 정리하면 Table 1과 같다.

[Table 1] Factors

Factor A (AS/RS 방식)	Factor B (AS/RS Stock levels)
A1 : Type a, A2 : Type b, A3 : Type c, A4 : Type d	B1: 30%, B2: 70%
Factor C (AS/RS Zone setting)	Factor D (AGVs Operating type)
C1 : By items, C2 : Random, C3: By additional items	D1: Closest, D2: Oldest

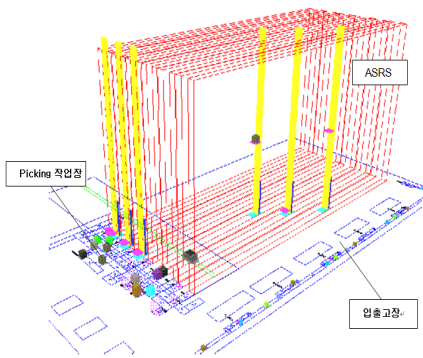
Factor 별로 모든 설계 가능성을 고려하면 시뮬레이션

대안 수는 48개가 된다. 그러나 기존 연구들에서 Factor A는 자동창고의 재고 수준에 관계없이 a, b 유형이 가장 효율적인 저장 및 출고 방법이며 Factor B에서는 프로세스의 성과측정에 차이를 보이지 않았다는 사실에 착안하여[16,22] 본 논문에서는 각 설계대안 구성요소들을 다음과 같이 구성하여 Table 2에서와 같이 5가지 대안을 설계하였다.

[Table 2] Configuration of design alternative for simulation

	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D
Alternative A	A2	B2	C1	D1
Alternative B	A2	B2	C2	D2
Alternative C	A1	B2	C3	D1
Alternative D	A1	B2	C2	D1
Alternative E	A2	B2	C1	D2

설계대안 중 B안은 현재 육군이 운용중인 방식을 기준으로 설계한 것으로 이를 기준으로 Factor C와 D를 재설계한 A안과 AS/RS 방식과 Zone 설정 등을 변화시켜 운용성 향상을 기대해본 C안 및 D안을 추가 설계하였다. 또한 AGV 운용방식에서도 운용성 부분에 여러 가지 성과판별이 필요할 것으로 판단하여 E안을 추가 구성함으로써 현재 운용중인 안을 중심으로 설비규모가 비슷한 가운데 설계변수의 차이를 준 4가지 대안의 설계안을 수립하여 실험을 실시하였다.

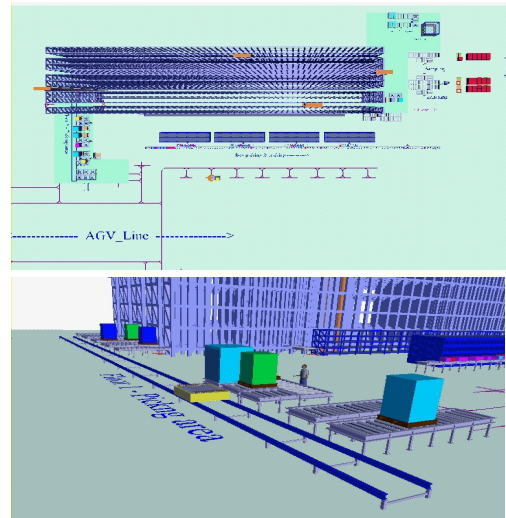


[Fig. 6] Design layout of military logistics center

모델에 이용된 Load는 5가지로 시스템에 들어온 후 AGVs로 이동하여 Vehicle에 Load가 적재된 후 검사장으로 이동한다. 검사를 마치고 포장된 Load는 컨베이어를 통하여 자동반송장치를 거쳐 자동창고 입력 컨베이어로 이동하면 이동된 Load는 자동창고 각각의 통로에 있는 자동 크레인에 의하여 할당된 랙으로 이동하게 된다. 자동창고에 도착한 Load는 자동 크레인에 의해서 출력 컨

베이어로 이동 후 자동반송장치에 의해 컨베이어로 이동 후 시스템을 떠난다.

Fig. 7은 이와 같은 프로세스가 적용되는 본 연구의 물류센터 모델 조감도로서 전체적인 레이아웃이다. Table 3은 시뮬레이션에 포함된 물류센터의 설계명세서이다.



[Fig. 7] Simulation of logistics center

[Table 3] Specifications

Items	Parameters
Storage Transfer Vehicle	
Number of Vehicle	
Velocity	5 (units)
Acceleration	1 (m/sec)
	0.5 (m/sec ²)
Rack	
Number of rack	
S/RMs	30×15×15
Number of S/RMs	5 (units)
Horizontal direction	
Velocity	0.5~3 (m/sec)
Acceleration	0.3 (m/sec ²)
Vertical direction	
Velocity	0.5~3 (m/sec.)
Acceleration	0.3 (m/sec ²)
Loading/Unloading Time	10 sec
AGV System	
Number of Vehicle	5~10 (units)
Velocity	0.5~3 (m/sec)
Acceleration	0.5 (m/sec ²)
Outgoing Conveyor	
Number of Conveyor	4 (units)
Velocity	1 (m/sec)
Load	
Number of kinds	3 (kinds)
Inspection Time	N(60,10) sec
Packaging Time	N(120,10) sec

4. 사례연구

4.1 실험계획

효과적인 실험을 위해 그 동안 물류센터에 관한 연구에서 주로 사용되어온 변수를 중심으로 Table 4와 같이 반응변수와 설계변수를 선정하였다. 이러한 성과척도(performance measure)들은 시스템 설계의 기본 목표인 최적화에 가장 큰 영향을 주거나, 영향력이 큰 변수라 예상되는 것들을 중심으로 고려하였다. 우선 물류센터 시스템의 성과를 분석하기 위하여 시뮬레이션 출력(output)인 반응변수로 AGV 이용률(utilization)과 혼잡도(congestion), AS/RS의 이용률과 시스템의 단위 시간 처리물동량(throughput)으로 선정하였다.

[Table 4] Response variable and factor

Response variable		
Variable	Content	Unit
Y ₁	AGV_Utilization	%
Y ₂	AGV Congestion	%
Y ₃	AS/RS_Utilization	%
Y ₄	Throughput	PLT(Pallet)/hr
Factor		
Variable	Content	Unit
x ₁	AGV_Velocity	m/min
x ₂	AGV_Number	AGV
x ₃	AS/RS_Length	Bay
x ₄	AS/RS_H_Velocity	m/min
x ₅	AS/RS_Number	SRM
x ₆	AS/RS_V_Velocity	m/min
x ₇	Picking_Station_Number	Station
x ₈	RGV_Velocity	m/min

AGV는 자동으로 주행하는 유도경로에 따라 물품을 수송하므로 그 운용방식의 선택 사항에 따라 이용률이 다르게 나타나고 전체 배치된 시스템에서의 AGV 설계사항별 혼잡도 수준이 시스템 성과지표에 중요요인이 될 것으로 예상했다. 창고의 이용률은 창고의 설계방식 및 현 재고수준 등의 물동량에 따라 전체시스템에서 효율적인 규모인가에 대한 판단이 되도록 고려했으며 최종적으로 총 처리량이 어떻게 나타나는지 살펴보고자 하였다.

Table 5는 실험에 사용된 각 설계변수들의 수준(level)을 정리한 것으로 설계변수인 AGV는 주행속도, 운행 대수에 수준별로 각 차이를 두었으며 RGV는 레일만을 따

라 이동하는 것으로 주행속도만을 고려하였다. AS/RS는 창고길이, SRM대수와 수평이동 및 수직으로의 승강속도를 고려하고 기타 군수품의 피킹 작업장 수를 고려하였다.

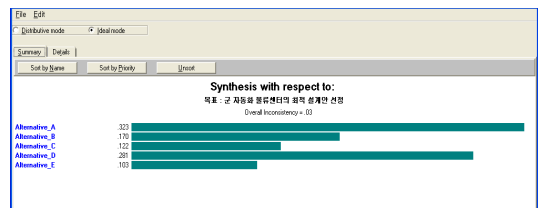
[Table 5] Factor level

Variable	Level(Low, Mid, High)	Unit
x ₁	20, 40, 60	m/min
x ₂	3, 6, 9	AGV
x ₃	10, 20, 30	Bay
x ₄	20, 50, 80	m/min
x ₅	3, 4, 5	SRM
x ₆	20, 40, 60	m/min
x ₇	1, 2, 3	Station
x ₈	50, 100, 150	m/min

4.2 대안별 평가결과

위의 실험계획에 의해 수행한 시뮬레이션 실험의 최종 결과는 Table 6과 같다.

AGV 이용률에 있어서는 대안 A와 D가 우수하나, 자연히 혼잡도가 다소 높았으며 AS/RS 이용률에서는 대안 D가 월등히 높게 나타났다. 총 처리량은 대안 A-D-C 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 현재 육군 보급단에 설치된 자동화 물류센터인 대안 B가 개선이 필요하다는 결과를 보여준다. 이러한 결과는 아직 대다수를 차지하는 재래식 창고를 현대화해야 하는 현 시점에서 어떤 설계방안이 최선의 방안인가를 고민하게 만든다. Fig. 8은 각 평가지표별로 판단된 결과를 앞서 살펴본 계층분석법 분석의 대표적 프로그램인 Expert Choice를 사용하여 분석한 도표이다. 여기에 분석된 결과를 보면 현재 운용중인 대안 B안을 기준으로 대안 A와 D가 보다 나은 설계안으로 제시될 수 있으며 그 중에서도 대안 A가 최적의 대안이라는 것을 판단할 수 있었다. 다만 추가 설계가 가능한 대안 C와 E는 현 설비시스템보다 성능적으로 개선된 형태가 아닌 것을 확인하였다.



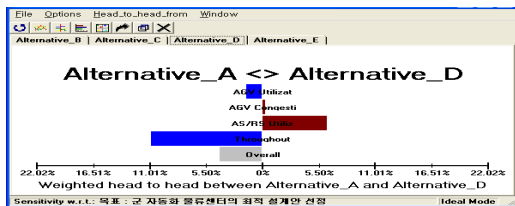
[Fig. 8] Result of each alternative

[Table 6] Experimental result of each alternative

	INPUT DATA							OUTPUT DATA				
	AGVs			AS/RS				v_c	y_1	y_2	y_3	y_4
	a	n	v	a_h	v_h	a_v	v_v					
A	0.5	5	0.665	0.3	0.787	0.3	1.032	1	0.9239	27.6	0.601	731
B	0.5	5	0.534	0.3	0.755	0.3	1.974	1	0.8795	3.2	0.781	681
C	0.5	5	0.480	0.3	1.865	0.3	2.053	1	0.8821	4.6	0.402	687
D	0.5	6	0.579	0.3	0.568	0.3	1.302	1	0.9058	18.3	0.827	715
E	0.5	5	0.532	0.3	1.367	0.3	2.798	1	0.8824	4.1	0.413	682

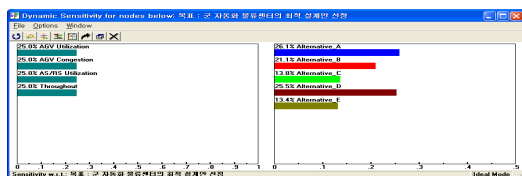
a 는 가속도, n 은 수, v 는 속도를 의미하며, a_h , v_h , a_v , v_v , v_c 는 각각 수평가속도, 수평속도, 수직가속도, 수직속도, 컨베이어속도를 의미한다.

Fig. 9는 최적 대안으로 분류된 대안 A와, 경합하는 대안 D의 평가지표별 분석결과로서 이를 통해 대안 A가 일부 평가지표에서 상대적인 낮은 점수를 받았음에도 비중이 높게 분류된 총처리량과 AGV 운용에서 좋은 결과를 받음으로써 가장 우수한 대안으로 선정된 것을 알 수 있다.



[Fig. 9] Detailed analysis of two alternatives

Fig. 10은 민감도 분석 결과로서, 이를 통해 가중치 평가의 변동이 있는 경우에도 대안 A가 가장 최적 설계안임을 재확인할 수 있었다.



[Fig. 10] Result of sensitivity analysis

5. 결론 및 향후 연구과제

군 물류는 대형 유통기업의 취급품목에 비해 수십배에 이르는 취급품목을 가지고 있으며 전·평시 작전지원의 효

율성까지 동시에 추구해야 하는 복잡한 특성이 있다. 그럼에도 현재 군은 재래식 창고가 상당히 많이 존재하고 시설 노후화로 인력에 대한 의존도가 높아, 군수지원 효율화 달성에 부정적 영향을 존재하는 것이 사실이며 빠른 물류체계 달성에 제한점이 발생하고 있다. 다소 고무적인 사실은 최근 군이 이러한 전반적인 문제를 인지하고 있으며 그에 따라 효율적인 자산관리와 재고통제를 위한 기반을 구축하기 위하여 군수통합정보체계 구축과 같은 여러 가지의 노력을 추진 중이라는 것이다. 최근 육군 보급단에 설비되어 운용중인 군 자동화 물류센터는 여러 가지 군 물류 현대화 추진사업에서 그 시사점이 매우 크다.

군 자동화물류센터가 각종 첨단설비가 구성되어 있으며 다양한 작업과정이 동시에 이루어지는 복합적인 공정 프로세스를 가지는 것에 주목하여, 중요 변수에 가장 큰 영향을 주는 변수인 설계변수(factor) 및 시스템 설계에 있어 기본 목표가 되는 성과척도 변수(performance measure)를 우선적으로 선택하여 평가지표를 결정하였다. 또한 중요한 설계변수인 AGV 및 AS/RS의 이용률(utilization), AGV 혼잡도(congestion), 시스템 총 처리량(throughput)을 반응변수로 선택하여 실험하여 실제 군수품을 자동물류센터에서 운용하는데 어떠한 설계대안을 가지고 수립하는 것이 가장 타당한 것인지 알아 보았다. 논문에서는 이러한 여러 기준에서 분석된 정량화된 데이터를 지휘관의 의사결정이 무엇보다 중요한 군 물류시스템의 특성을 고려하여 직관보다는 객관적이고 논리적으로 해답을 찾고자 계층분석법을 통하여 최적 대안을 선정하는 의사결정 과정을 적용하여 제시하였다. 시뮬레이션 기법과 AHP를 통한 설계대안을 도출하는 과정은 군 물류센터 설계에 있어 경제적 비용의 절감뿐 아니라, 현재와 미래의 군 자동화 물류센터에 대한 프로세스 진단 및 평가가 가능하기 때문에 향후 군 물류 현대화사업 추진에 상당한 기여를 할 것으로 기대한다.

향후 연구과제로는 본 연구에서 제시한 사항을 네트워크 분석법(ANP)과 자료포락분석(DEA) 등 다기준하 의사결정 방법(MCDM)과 통합 고려하여 최적대안 선정의 타당성을 다각도로 살펴보고자 한다. 또한 제시된 물류센터 설계 대안의 프로세스를 최근 구축된 군수통합정보체계 상에서 획득할 수 있는 국방수송정보, 장비정비정보 등의 데이터를 계량화하여 종합한 후 Vensim 6.1[17,18]과 컬러 페트리 넷(CPN) 시뮬레이션 프로그램[19]을 활용하여 전체 군 물류시스템 하에서 종합적으로 분석하는 방법을 구체적으로 제시하고자 한다.

References

- [1] B. H. Lee, D. H. Jeong and Y. H. Seo, "Design of military supply chain network using MIP & Simulation model," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, Vol.34, No.3, pp.1-12, 2008.
- [2] H. S. Jung, "A Study on improvement plan of military logistics," master thesis, Gwang Ju University, 2012.
- [3] *Improvement plan of military logistics*, Korea National Defense University. SCM Lab. of Army Headquarters. 2004.
- [4] Y. S. Jang, "A Simulation Study on Performance Improvement of the military AS/RS Based Travel Time of S/R machine," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, Vol.35, No.2, pp.63-76. 2009.
- [5] *Performance Analysis of Army Automated Logistics Center*, LOG CMD, 2012.
- [6] W. K. Kim, Y. J. Kim and H. C. Lee, "The Multi-Objective Optimal Design of Vehicle Component Manufacturing System with Simulation and ANP," Korea Academia -Industrial Cooperation Society, Vol.11, No.12, pp.4697-4706, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.12.4697>
- [7] B. W. Heo and H. C. Lee, "A Study for Design of Distribution Center using Compromise Programming," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.14, No.3, pp.43-54, 2005.
- [8] I. G. Park, "Study on the Development of Logistics Performance Evaluation Model using BSC and AHP," master thesis, Kyung Hee University, 2009.
- [9] C. H. Han, "A Study on the Development of Evaluation Method for Logistics Center," master thesis, Sung Kyun Kwan University, 2006.
- [10] J. Y. Kang, H. C. Lee and I. S. Um, "A Study for Design Optimization of an Automated Distribution Center using the Simulation and Metamodel," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.15, No.3, pp.103-114, 2006.
- [11] Y. K. Park, "Design of Experiment and Analysis Method for the Integrated Logistics System Using Orthogonal Array," Korea Academia -Industrial Cooperation Society, Vol.12, No.12, pp.5622-5632, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.12.5622>
- [12] Y. S. Jang, "A Simulation Study on Performance Improvement of the military AS/RS Based Travel Time of S/R machine," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, Vol.35, No.2, pp.63-76, 2009.
- [13] H. C. Lee, I. S. Um and J. H. Han, "The Operation Scheme of Automated Supplies Distribution System for New Military Recruits," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, Vol.30, No.2, pp.50-62, 2004.
- [14] M. S. Lee and S. Y. Lee, "Determination of Optimal Number of AGV by Simulation," Journal of Korean institute of industrial engineers Vol.16, No.1, pp.59-65, 1990.
- [15] J. A. Ottjes and F. P. A. Hogedoorn, "Design and Control of Multi-AGV Systems Reuse of Simulation Software," Proceedings of the 8th Simulation Symposium, October, 1996.
- [16] S. Takakuwa, "Precise Modeling and Analysis of Large-Scale AS/RS," Proceedings of the 26th conference on Winter simulation, pp.1001-1007, December, 1994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.1994.717480>
- [17] J. S. Lee, "Development of a Simulation Model to Decide the Proper Target Inventory Level for TOC Replenishment Inventory Management using System Dynamics", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.21, No.3, pp.25-33, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9709/JKSS.2012.21.3.025>
- [18] <http://www.vensim.co.kr/>
- [19] C. H. Jo, "A Study on Effectiveness Analysis of Information System of Military Logistics using M&S," master thesis, Korea National Defense University, 2005.
- [20] Field Manual 19-11 *Procurement Management*, p.2-1, 2-8, 2-17. Army Headquarters. 2006.
- [21] Field Manual 4-10 *Requirement Management*. Army Headquarters. 2006.
- [22] J. W. Kim, "Study of the improvement direction logistics support system at RFID base," master thesis, Kyung Hee University, 2009.
- [23] T. L. Satty. *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, New York. 1980.
- [24] *Analytic Hierarchy Process*. Kywooo Publishers. 2009.
- [25] I. S. Um, H. C. Lee and J. Y. Kang, "The Analysis Method of Integrated Logistic System using Evolution Strategies and Data Envelopment Analysis," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 13, No. 4, pp.17-29, 2004.
- [26] S. J. Jeong, J. J. Lee and K. S. Kim, "Simulation Anaysis for Determining Location and Size of Logistic Network," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.14 No.3, pp.67-77, 2005.

백 승 원(Seung-Won Baik)

[정회원]



- 2008년 3월 : 육군사관학교(공학사)
- 2013년 2월 : 서울대학교 산업공학과(석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 육군사관학교 무기기계공학과 강사

<관심분야>

최적화, 시뮬레이션, 워게임, 게임이론

황 은 성(Eun-Seong Hwang)

[정회원]



- 2001년 3월 : 육군사관학교(문학사)
- 2012년 2월 : 고려대학교 산업시스템공학(석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 육군사관학교 무기기계공학과 강사
- 2013년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 방위사업학과 박사과정

<관심분야>

Data mining, Simulation, 데이터 시각화, OLAP, MCDM