

배송센터 분석과 설계를 위한 공학적 틀

윤창선* · 최경일*

An Engineering Framework for Warehousing System Analysis and Design

Chang S. Yoon · Kyung-II Choe

(Abstract)

Warehouse planning or design is not a static, one-time activity. To survive in the constantly changing market warehouse design should be a continuous process in which the anticipated requirement are reflected on the current warehouse status. Thus, the goal of warehouse management is to effectively utilize the various warehouse resources to meet the varying customer requirements. This paper presents an engineering framework for warehousing system analysis and design from the perspective of a total system approach. The complexity pertinent to warehousing system analysis and design is first discussed, which mainly comes from the interplay among product data, order data, equipment types, operating strategies, and functional specification of the overall system. The understanding of the complexity leads to a general structure and a conceptual design procedure for a warehousing system. The general structure is comprehensive enough to represent most warehousing and flexible enough to accommodate the more sophisticated ones. The conceptual design procedure portrays the high-level interrelationships the design issues.

1. 서론

1980년대에 이룩한 고도성장을 지속하며 수익성의 제고를 위해 국내의 여러 기업들은 물류혁신활동을 전개하고 있다. 이와같은 혁신활동에서는 다양한 개선 목표가 있겠지만 이들 기업의 추진 배경을 정리하면 <표 1>과 같다. 특히 제품의 원가 구성면에서 분석해보면, 물류시스템 개선에 관심이 고조되는 이유를 일반적으로 생산비는 약 50%밖에 안되고, 물류비(상적 물류 비용과 물적 물류비용)가 나머지를 차지하는 실정이며, 또 매출액 대비 물류비 비율이 급속히 증가

하고 있기 때문이다[22][23]. 매출액 대비 물류비용과 세부 물류비용 항목은 <그림 1>에 나타나 있다.

<그림 1>에서 암시하듯이 물류관리는 크게 수배송 분야와 창고 분야로 구분될 수 있는데, 이 글은 이중 창고 혹은 배송센터 설계와 운영에 관한 것이다. <표 1>에서 보여주듯이, 국내의 여러 기업들은 물류개선에 높은 관심을 갖고 추진하고 있으나 아직 그 관리 상태가 전 근대적이며 초보수준에 머물러 있다. 특히, 배송센터의 설계 및 운영은 개선이 가장 필요한 분야로 손꼽히고 있다. 이의 원인은 주로 다음 세 가지 이유로 요약된다[19][20].

* 삼성 데이터 시스템

첫째, 창고운영은 매우 노동집약적인 물류작업(예: Order Picking)을 요하는데, JIT(Just-In-Time)과 이와 관련된 설비 운영 방안(예: Short Cycle Time, Low Inventory Level, Point-Of-Use)에 따른 다품종 소량 주문처리가 일반화되어짐에 따라 늘어난 작업량의 효율적 처리 방안이 중요한 과제로 부각되었다. 둘째, 시장 경쟁력 유지 및 강화를 위해 고객 만족도 향상이 강조됨에 따라 좀 더 빠르고 정확한 주문 처리가 필요하게 되었다. 또한, 국내의 한정된 토지에서 늘어나는 물량을 효과적으로 처리하기 위한 유효공간의 이용도를 높일 방안이 절실히 요구되어지고 있다. 따라서 단순히 물건을 저장만 하던 창고관리로부터 이제는 생산된 물품을 저장에서 고객에게 전달하는 입고, 보관, 피킹, 분류, 포장, 출고, 배송 등의 전과정에 대한 포괄적 관리 방법이 필요해지고 있다.

이와같은 필요성에 부응하여 국내의 여러 곳에 현

대화된 배송센터가 설치되고 있다. 예를 들어, <표 2>는 삼성데이터시스템에서 1980년 중반부터 1992년까지 참여해온 배송센터와 창고관련 과제들을 나열하고 있다. 이밖에 배송센터 설립을 진행중이거나 이미 운영하고 있는 여러 기업체와의 면담에 따르면, 과제주관(Task Force)팀을 만들어 배송센터에 관한 설계 제안과 운영방안을 검토시키고 있으나, 그들이 알고 있는 지식이 단편적이고 국소적이어서, 외부에 이러한 지식을 종합 정리할 수 있는 자문과 교육을 의뢰하고 있다.

이러한 상황을 고려하여, 본고는 먼저 배송센터 구축시 발생하는 복잡하게 얽힌 여러 요인들을 설명하고, 이 요인들을 체계적으로 반영하여 배송센터 설계 및 운영을 통합적 관점에서 검토할 수 있는 공학적 틀(Engineering Framework)을 제시하고자 한다. 이 틀은 배송센터 구축시, 현장 담당자들의 단편적 지식을 효

<표 1> 물류시스템 개선의 추진배경

- 급변하는 시장 환경에 대응하기 위한 물류 관리
 - 상품 Life Cycle의 단기화
 - 소 Lot 다빈도 배송
 - 교통체증
- 과도한 물류비 절감을 통한 "제3의 이익 추구"
 - 재고의 회전을 향상 제법
 - 생산·판매 조달·회수 연동체제
- 노동시장의 변화에 대응
 - 3D 현상에 따른 인력 부족
 - 설비 자동화
 - 법적 규제외 강화
- 효과적 매장관리를 위한 정보시스템 구축
 - 전략적 제품 수급·회수·회전 시스템
 - Global 종합 수급 정보시스템

과적으로 결합할 수 있는 지침서로서 활용될 수 있을 것이다.

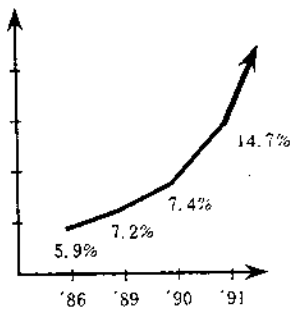
2. 연구배경

창고는 수동으로 운영되는 작은 소매점으로부터 전국 매장에 물건을 공급하는 대형 배송센터에 이르기까지 그 형태가 다양하다. 창고의 구조는 소비자의 수요형태(Demand Pattern), 공급자의 보충형태(Replenishment Pattern), 요구되는 주문처리 속도(Throughput Rate) 등 주요 운영기준에 의해 결정되어진다. 즉, 주어진 주요 운영기준에 따라 필요한 작업지역(예: 하역지역, 보관 및 피킹지역, 분류지역, 포장지역)들이 명시되어야 하며, 각 지역에는 적절한 설비형태와 그

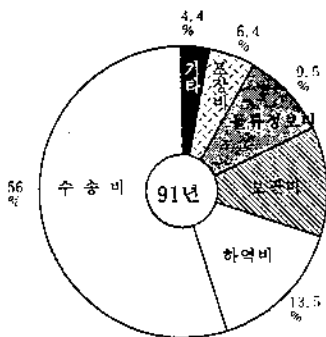
〈표 2〉 배송센터 관련 수행 과제 목록 : 삼성데이터시스템

번호	과 제 명	수행년도
1	대한통운 인천 양곡터미널 제어 및 관리	86년
2	동서식품 부평 자동창고	88년
3	삼성전자 A/S 창고	88년
4	포항제철 주물선고로 원료투입	88년
5	삼성전자배송센터(서울남부, 대구, 대전, 마산)	89년
6	전주제지 ROLL 완성관리시스템	89년
7	삼성전자 제품 자동창고	89년
8	한국 그라스 자동창고	90년
9	신세계 배송센터 정보 및 제어 CONSULTING	90년
10	삼성종합화학 자동창고(HDPE, PP, LDPE)	90년
11	삼성중공업 군포 배송센터	90년
12	동서식품 창원 자동창고	90년
13	대림제지 ROLL 완성관리 시스템	90년
14	신대양제지 ROLL 완성관리 시스템	90년
15	제일합성 경산공장 검사작반 자동화	90년
16	전주제지 DUMP SCALE SYSTEM	90년
17	한양화학 부강공장 자동창고	91년
18	동양제과 자동창고	91년
19	삼성종합화학 야적/수동창고 관리	91년
20	한국수출포장 ROLL 완성관리 시스템	91년
21	영풍제지 ROLL 완성관리 시스템	91년
22	삼성전자 정보통신(구미) 자동창고	91년
23	포항제철 자동창고	92년
24	한양목재 자동창고	92년
25	SKM REEL 공정관리	92년
26	반도체 온양 자동창고	92년
27	대한통운 울산항 석탄부두 제어 및 관리	92년
28	POSCO RF SYSTEM	92년
29	중공업 RF 시스템	92년
30	대림산업 호남 에틸렌 자동창고	92년
31	세풍제지 ROLL 완성관리 시스템	92년
32	선경 Industry 자동창고	92년

매출액 대비 물류비용(%)



× 일본 : 15~20%
 × 구비 : 10~20%



× 91년 물류비용 : 2,940,300,000,000원

〈그림 1〉 국내기업의 매출액 대비 물류비용과 물류세부 항목

의 운영방법이 선정되어야 한다. 이때, 설비형태와 운영방법은 제품특성(Product Properties)과 주문산포(Order Distribution)에 영향을 받게 된다. 이러한 점을 고려하여 창고의 형태가 결정되더라도, 이것은 다시 경제적 요인과 환경적 요인에 의해 수정과 보완 과정을 거쳐야 한다. 즉, 이 간략한 과정은 창고 혹은 배송센터의 구축에는 서로 얽혀 있는 요인들이 여러 단계에 걸쳐있으며, 검토과정이 여러 대안에 대해 한 차례가 아닌 반복적으로 수행되어야 함을 시사하고 있는 것이다.

다단계 다요소(Multilevel Interrelated Factors)가 얽힌 배송센터 구축에 관한 많은 연구들이 국내외 해외에서 발표되어왔다[3][4][6][10][12][13][14][16][17]. 하지만, 이들 연구의 대부분은 창고 및 배송센터의 한 작업 지역 혹은 한 설비 형태의 설계나 운영 방안에만 국한되어있고, 배송센터내에 있는 여러 작업지역의 실물 및 정보의 흐름으로 엮인 전체적 관계와 각 작업 지역내에 있는 여러 설비들의 관계를 고려하고 있지 않다. 비록 몇몇 연구는 배송 센터 설계를 통합 시스템 입장(Total System Approach)에서 검토를 하였으나, 그 또한 단편적이고 시사적 내용에 그치고 있어 실제 사례의 적용에는 부족하다[1][2][5][8][9][11][15][22].

이와같이 관련자료의 부족과 경험 미숙으로, 기업체의 배송센터 구축 과제 주관팀이 실제 작업 진행을 위한 체계적 지침서를 마련하는 데 어려움을 겪고 있다. 이러한, 과거 연구와 현실 상황으로부터 알 수 있는 것은 배송 센터에 관한 연구를 체계적으로 하기 위한 공학적 틀이 필요하다는 것이다. 이 틀은 제품흐름과 정보흐름이 얽힌 작업지역간의 관계가 전체적 배송센터 설계 및 그와 조화를 이루는 각 작업지역의 단위설비 설계에 관한 절차를 포함하고 있어야 한다.

본고에서는 먼저 배송센터구축에 따른 복잡도를 살펴보고, 이를 바탕으로 배송 센터내의 여러 작업을 수행하는 주요 작업지역의 관계가 개념적 설계 절차를 포함한 공학적 틀을 제시하고 있다. 이 공학적 틀은 배송센터 구축의 시발점으로 사용될 수 있을 뿐 아니라, 그 안에서 고려하는 상황에 적합한 여러 대안을 비교선택할 수 있는 큰 그릇으로서 활용될 수 있을 것이다.

3. 배송센터 구축의 복잡도

배송센터 구축이 어렵고 복잡한 이유를 알기 위해서는 먼저, 주요 배송센터 설계항목을 파악하여야 하며, 여러 물류설비 및 그의 기능을 이해해야 한다. 또한, 배송센터내에서 흐르는 복잡한 물류에 따른 제품의 변환(Physical Transformation)과 정보의 교환(Information Transformation)을 이해해야 한다.

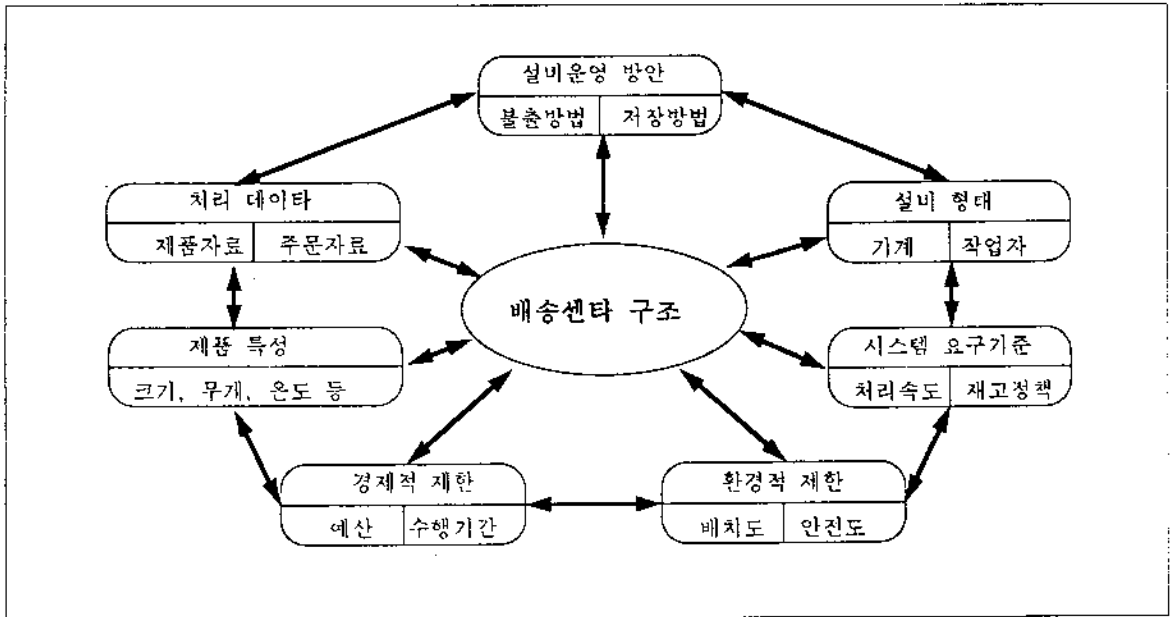
3.1 배송센터의 주요 설계 항목

배송센터 구축시에는 검토해야할 여러가지 설계항목이 있다. <그림 2>에 나타나 있듯이 이 설계 항목들은 서로 영향을 주어, 여러 양상의 검토사항들을 도출시킨다. <그림 2>의 각 항목들은 많은 세부 설계요인과 비용요인들을 포함하고 있다. 예를 들어, 시스템 요구항목은 제품당 적재 능력, 단위시간 처리 주문수, 주문 최고치 대 평균치 비율, 년 작업일수, 일 작업시간, 일 작업조수, 예상 주문 증가율 등을, 제품 특성항목은 제품크기, 무게, 가격, 가연성 등을 포함하고 있다. 이에 대한 자세한 설명은 배송센터의 개념적 설계절차에서 부연된다.

3.2 배송센터의 다양한 설비 종류

배송센터에서의 작업개선이 특별한 관심을 끄는 이유는 그곳에서 수행되어지는 작업은 매우 노동 집약적이며 이를 위해 여러 종류의 설비가 사용될 수 있기 때문이다. 즉, 손으로 끌고 다니는 수레는 농기구, 자루 등과 같이 특별한 모양의 제품을 다루는 데 적합하며, 자동화 및 제어 기술의 발전에 따른 AS/RS는 규격화된 제품의 입출을 빨리 처리하며 노동비 절감, 효율적 공간활용 및 재고의 위치별 수량을 관리하는 효과를 가져온다.

한 배송센터에서의 설비 자동화 수준은 종종 상호 상반되는 여러 기준에 의해 결정된다. 특히, 이 결정은 시스템 요구항목 및 환경제한 항목과 밀접한 관계가 있다. 예를 들어, 사용가능한 공간의 제한이 있을 때 설비는 자체 특성뿐만이 아닌 배치도, 건물 높이 등을 고려하여 선택되어야 한다. 또한, 설비선택시 광범위한 지식이 필요한 데, 현재 시장에 있는 우수한 종류의 설비를 일일이 파악하는 데는 종종 한계가 있다. 물류설비 형태에 대한 이해도를 높이기 위해 설비의 여러 특성을 기준으로 한 설비구분에 관한 연구들이 있어왔다. <표 3>은 설비의 움직이는 특성에 따라 설비를 분류하고 있다[5][18]. 설비에 대한 상세 내용은 [7][10] 등에 기술되어 있다.



〈그림 2〉 배송센터 설계 및 분석에 영향을 주는 요인

〈표 3〉 이동특성에 따른 설비의 종류

설비	이동특성 및 예
수평이동 설비 (Horizontal Travel)	작업자가 제품위치로 걸어서 혹은 차량을 타고 수평이동하여 토우트 상자, 카트, 혹은 컨베이어에 제품을 놓는다. 1~2단 Pallet Pick이 설비에 속하며, 그 이상은 수평-수직설비에 속한다. 예: Pallet Rack, Storage Drawer, Shelving, Bin-Shelving, Gravity Flow Rack
수평-수직이동 설비 (Person-Aboard)	작업자가 제품위치로 차량을 타고 수평수직 이동하여 제품을 차량에 붙은 작업판(Platform)에 놓는다. Aisle-Captive 차량은 수평, 수직으로 동시에 이동하며, Aisle-Mobile 차량은 주로 수평, 수직으로 한 방향씩 이동한다. 예: Person-Aboard System
제품이 작업자로 오는 설비 (Part-To-Picker)	자동화된 시스템으로 S/R 설비(Storage/Retrieval Device)가 저장통(Bin)이나, 판(Tray)을 작업자에게 갖고 온다. 예: Horizontal Carousel, Vertical Carousel, Miniloader, Vertical S/R System
특별설비 (Special Equipment)	높은 처리속도나 공간 사용도를 위해 만든 특별 설비 예: Aisle-Saver Shelves, Rotary Rack, Multiple-Shuttle Miniloader, Satellite S/R System, Automatic Item Picker
분류설비 (Sorting Equipment)	혼합된 설비들을 분리하는 설비 예: Conveyor System, Pigeon-Hole Cart, Kitting Matrix, Gravity Flow Rack, Carousel
이동설비 (Transport Equipment)	한 작업지역에서 다른 작업지역으로 제품을 이동하는 데 쓰이는 설비 예: Conveyor, Monorail, Hoist, Cranc, Industrial Truck, Automated Guided Vehicle
작업장 설비 (Workspace Equipment)	작업장에 쓰이는 기타 설비 예: Workbench, Transfer Device, Cart or Vehicle for Horizontal Travel, Scale and Counting Device, Voice Prompt and Recognition System, Automatic Identification Equipment, Lights and Screen Displays for Indicating Items

3.3 배송센터 내의 물류 흐름

주요 설계 항목과 여러 설비 종류 이외에 배송센터 구축시 파악해야 할 다른 주요 특성은 다양한 물류이다. 배송센터내에서 제품은 고객주문(Customer Order)과 보충주문(Replenishment)에 의해 여러 작업 지역을 흘러가게 되는데, 이때 아래와 같은 다양한 작업이 이행되며 이에따라 제품의 변환과 정보의 변환이 수반되게 된다[23].

- Receiving
- Unpacking
- Accepting
- Storing
- Picking/kitting
- Issuing
- Handling
- Inventory counting recording
- Inspecting
- Holding
- Rejecting
- Consolidating
- Packing/crating
- Shipping
- Cycle Counting

이 작업에 따라 일차로 단위 물량(Unit Load)의 수량, 위치, 혼합, 적재함(container) 등이 변환되어진다. 예를 들어, Pallet Rack에 있는 1개의 파렛트가 Shelving System으로 옮겨지면서 10개의 상자로, 이 상자들이 Storage Drawer로 옮겨지면서 수백개의 날개들로 분리될 수 있다. 이 변환이 복잡하게 보이나, 기본 개념적 입장에서 보면 단순하다. 단지, 현장에서 이 변환에 대해 혼돈이 있는 것은 제품을 운반하는 적재함에 대한 통일된 명칭이 없기 때문이다. 이 변환을 이해하기 위해 6가지 단위 물량을 설정하여 그들의 흐름을 <그림 3>에 나타내었다. <그림 3>에서 굵은 화살표는 대표적 단위 물량 변환을 나타내고 있다. 이중 단위물량 3과 6은 한 종류의 제품으로만 구성되어 있고, 상대적으로 단위물량 2, 4, 5는 2개 이상의 제품으로 구성되어 있다.

제품의 수량과 위치 변화이외에, 주문을 처리하는데 있어 설비의 종류와 운영 방법에 따라 작업자가 처리해야 할 작업지시서의 정보가 달라지게 된다. 예를 들어, 복도별로 구역화(Zoning)되어 Batching 방법으로 운영되는 5개 복도의 Person-Aboard System과 Single-Order-Pick 방법으로 운영되는 20개 복도의 Shelving

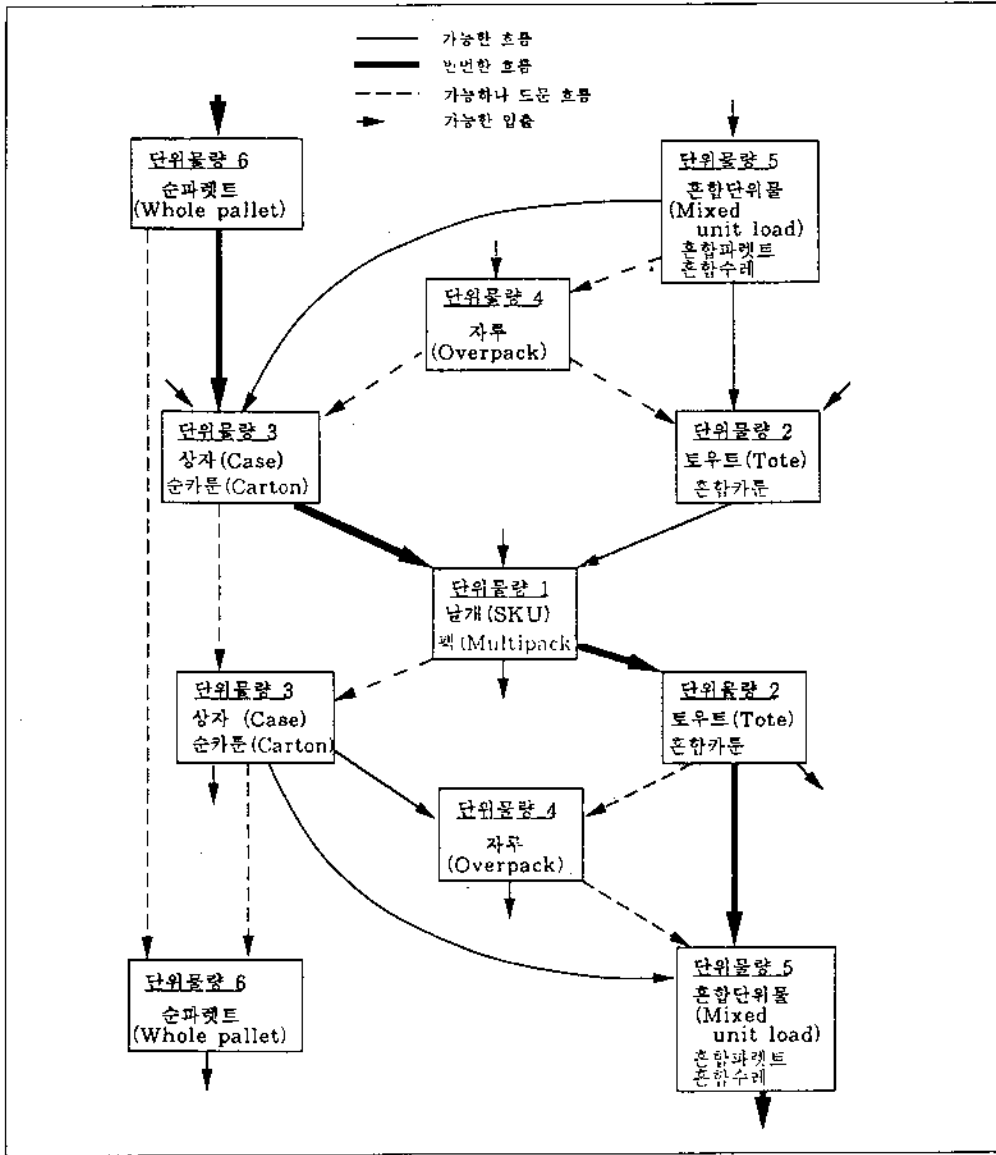
System은 같은 주문이라도 그 처리에 있어서는 상당히 다른 작업정보를 작업자에게 주게된다. 또한 이 차이는 배송센터 운영시 요구되는 주요 자원 특히, 작업자수에 차이를 가져오게 된다. 이와같이 배송센터내에서 물류흐름을 파악하기 위해서는 <그림 3>에서 보여지는 제품의 변환과 더불어 그에 해당하는 정보의 변환을 추적하여야 한다.

4. 배송센터의 일반적 구조

배송센터의 일반적 구조를 설정하기 위해서는, 앞서 설명한 주요 작업과 물류를 먼저 파악해야 한다. 고객주문과 보충주문을 처리함에 따라 주요 작업들은 대체로 각기 다른 작업 구역에서 다른 설비와 작동방법에 의해 수행되며, 각 작업구역에서 끝난 제품들은 적절한 물류 경로를 통해 다른 작업지역으로 이동하게 된다. 배송센터의 주요 작업과 물류를 고려할 때, <그림 4>에서와 같이, 배송센터의 일반적 구조는 8개의 작업지역과 20개의 물류 경로로 표시할 수 있다. 특히 <그림 4>의 굵은 화살표는 대표적 물류경로를 보여주고 있다. 이들 작업 지역과 물류 경로를 명시함으로써 다양한 배송센터의 구조를 설정할 수 있다. 이때, 각 작업지역, 작업지역 사이의 제품이동 및 전체적 배송센터의 설비와 작동방법 등을 결정하는 데는 앞서 <그림 2>에서 설명한 요인들의 상호작용을 고려해야 한다.

4.1 주요 작업 지역

8개의 작업지역들은 먼저 분류 장소(Breakdown Area)와 결합 장소(Consolidation Area)로 구분된다. <그림 4>에서 입고, 파렛트 보관, 상자 피킹, 날개 피킹 지역은 분류장소에, 다른 지역은 결합 장소에 속하게 된다. 제품의 평균 대기시간 견지에서 보면, 파렛트 보관, 상자 피킹, 날개 피킹 지역이 저장장소(Storage Area)로, 다른 지역은 전달장소(Transfer Area)로 구분된다. <표 4>는 각 작업지역에서의 입출고 물량 단위와 주요 기능을 보여주고 있다. 각 작업지역의 활동과 관계를 요약하면 아래와 같다.



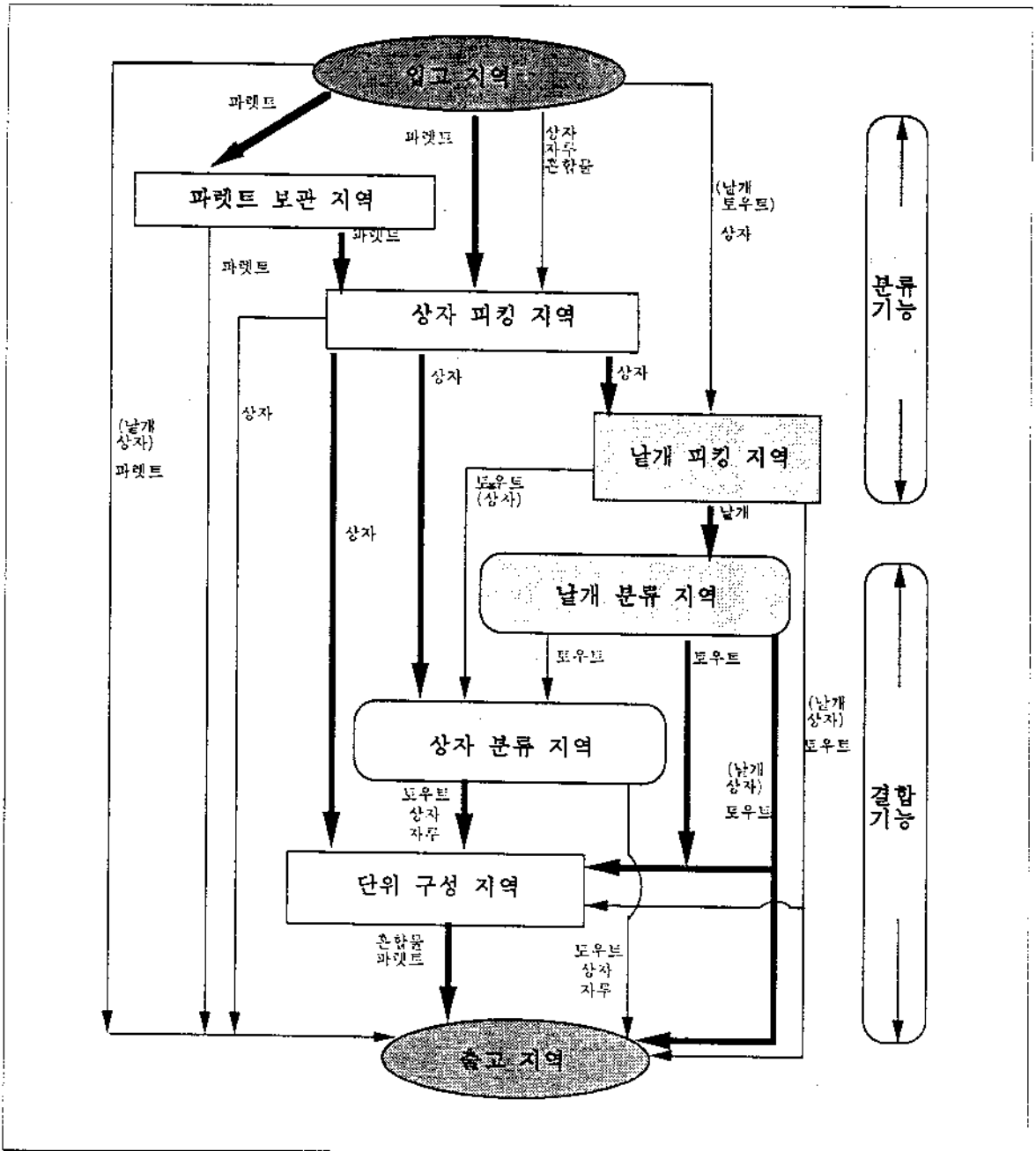
〈그림 3〉 배송센터에서의 제품의 변형

1) 입고지역

입고지역의 기본 기능은 들어오는 제품을 하역하고, 수량, 이상내역(부족분, 손상), 공급자, 제품코드, 입고날짜, P/O 번호 등을 기록하는 것이다. 입고된 제품은 보통 파렛트 보관지역, 상자 피킹지역, 날개 피킹지역으로 옮겨지나, 긴급주문에 해당하거나 시장요구가 큰 제품은 즉시 출고지역으로 이동되어지게 된다.

2) 파렛트 보관지역

파렛트 보관지역의 주기능은 상자 피킹지역을 보충하고 파렛트 단위의 고객주문을 처리하는 것이다. 이 지역의 특징은 입출고 물량단위가 모두 파렛트이며, 주로 평평한 바닥, Pallet Rack, Pallet Flow Rack을 저장설비로 하고 여러 종류의 트럭(Counter-Balance Truck, Reach Truck, Front/Sideloader Truck, Turret Truck 등)이 이동설비로 사용된다.



〈그림 4〉 배송센터의 일반적 구조

3) 상자 피킹지역

상자 피킹지역의 주기능은, 입고지역과 파렛트 보관 지역에서 제품을 보충받아서, 날개 피킹지역을 보충하고 상자 단위의 고객주문을 처리하는 것이다. 이곳의

출고 불량 단위는 상자로 불출방법과 주문크기에 따라 상자 분류지역, 단위 구성지역, 출고지역으로 이동되어진다. 일반적으로 평평한 바닥, Pallet Rack, Pallet Flow Rack, Case Flow Rack이 저장설비로 사용되며

〈표 4〉 작업지역별 입출고 물량단위의 주요기능

작업지역	입출고 물량단위		주요기능		
	입고물량	출고물량	저장장소 대 전달장소	결합장소 대 분류장소	기 타
입고지역		파렛트 혼합물 자루 상자 토우트 날개	전달	분류	검사
파렛트 보관지역	파렛트	파렛트	저장	분류	검사
상자피킹 지역	파렛트 혼합물 자루 상자	상자	저장	분류	검사 라벨 가격표
날개피킹 지역	상자 토우트 날개	상자 토우트 날개	저장	분류	검사 라벨 가격표
날개분류 지역	날개	토우트	전달	결합	검사 포장
상자분류지역	상자 토우트	자루 상자 토우트	전달	결합	검사
단위 구성 지역	자루 상자 토우트 날개	파렛트 혼합물	전달	결합	검사
출고지역	파렛트 혼합물 자루 상자 토우트		전달	결합	검사 포장 계량 라벨 가격표

상자 이동에 적합한 트럭(Order Picker Truck, Hybrid Truck, Man-Ride S/R Machine, Powered Vehicle, In-the-Aisle Conveyor)이 이동설비로 사용된다.

4) 날개 피킹지역

날개 피킹지역은 입고지역과 상자 피킹지역에서 제품을 보충받아, 보통 주문의 Line-Item당 한 상자 혹은 0.01cu.m보다 적은 양을 처리한다. 이곳에서 불출된 제품은 분류지역, 단위 구성지역, 출고지역으로 이동되며 물류작업이 추가되는 데, Bin Shelving, Storage Drawer, Horizontal Carousel, Vertical Carousel, Gravity

Flow Rack, Vertical S/R System, Miniload S/R System이 설비로 사용되어진다.

5) 날개 분류지역

분류지역의 주된 기능은 피킹작업중 잃었던 주문 통합성(Order Integrity)을 회복시키는 것이다. 즉, 한 개 혹은 여러개의 주문들에 대해 한꺼번에 불출된 제품들을 취합, 분리하여 상자 분류지역, 단위 구성지역, 출하지역으로 이동되며 개개 주문의 통합성을 회복하는 작업이 수행되어지게 된다. 주로 사용되는 설비로 Conveyor Loop System, Gravity Flow Rack, Shelving

System을 들 수 있다.

6) 상자 분류지역

한개 혹은 여러개의 주문에 대한 제품들이 상자, 자루, 토우트(Tote) 등으로 결합되어서 단위 구성 지역과 출고지역으로 이동한다.

7) 단위 구성지역

고객에 대한 여러 상자 및 토우트 등이 출고를 위해 결합되는 것이 주작업으로 종종 출고지역과 동일 장소에서 수행되어진다.

8) 출고지역

출고지역의 기본작업은 제품을 트럭 등에 상역하고 제품명, 수량, 고객명 및 주소, 주문번호, 운반번호, 운반수단 등을 기록하는 것이다.

4.2 물류경로

<그림 4>에서 물류경로는 고객 주문 경로와 보충 주문 경로로 구분된다. 입고에서 파렛트 보관, 상자 피킹, 날개 피킹지역; 파렛트 보관에서 상자피킹지역; 상자 피킹에서 날개 피킹 지역으로의 화살표는 보충 주문 경로를 나타내며, 나머지는 고객 주문 경로를 나타낸다. <표 5>는 고객 주문과 보충 주문의 입장에서 물류의 형태를 보여주고 있다. 물건이 어떻게 작업지역과 물류경로를 거쳐 가는지 이해하기 위해 한 예를 들어 보자.

제품이 파렛트 단위로 입고되면 먼저 파렛트 저장지역(예: Pallet Rack의 상단 부분)으로 옮겨지고, 다시 일부는 상자 피킹지역(예: Pallet Rack의 하단 부분)으로 옮겨 저장되어진다. 또한, 상자 피킹지역의 일부는 날개 피킹지역(예: 선반)으로 옮겨진다. 고객 주문으로 구성된 작업지시서에 의해 작업자가 선반에서 날개 제품들을 불출하여 컨베이어에 놓으면, 제품들은 날개 분류지역으로 옮겨지게 된다. 이곳에서 각 주문의 날개 제품들이 토우트에 분류되어지고, 토우트들은 단위 구성지역으로 옮겨져 결합 및 포장되어진 후, 출하지역으로 옮겨진다. 만일, 주문중 그양이 날개를

넘어선 상자 단위라면, 상자 피킹지역에서 상자들을 불출하여 상자 분류지역으로 옮긴 후 그곳에서 날개 분류지역에서 오는 토우트들과 같이 주문별로 분류되어져 단위 구성지역과 출하지역으로 옮겨진다.

5. 배송센터의 개념적 설계 절차

위에서 설명한 배송센터의 일반적 구조안에서 여러 수준의 상호연관된 요소들을 고려한 설계 및 분석에 대한 개념적 절차가 <그림 5>에 나타나 있다. 이 개념적 절차는 세단계로 나뉘어 있으며 배송센터 구축시 야기되는 여러 점검사항을 Top-Down 접근방법과 Bottom-Up 접근방법을 동시에 채택하여 만들어졌다. 이 개념적 절차는 <그림 2>의 일반적 구조내에서 언급된 주요 설계요인들의 상호 영향에 관한 상위 관계를 보여주고 있다. 이 개념적 절차를 토대로 배송센터 설계자와 설계의뢰자 사이에서 오가는 상호의견 및 사고과정(Thinking Process)을 도출하여 수립한 체계적 절차에 따라 배송센터 구축안을 작성해야 한다. 아래는 각 단계를 간략하게 설명하고 있다.

5.1 입력단계

입력단계에서 먼저 결정해야할 사항은 자료의 활용 가능성과 실제로 존재하는 상태를 고려한 자료의 요구 수준이다. 이 수준을 결정후 다음 사항에 대해 실제 자료를 정리하게 된다.

5.1.1 경영관리 고려사항

배송센터설계의 첫단계로 먼저 상위 결정 요인들을, 경제적 제한, 환경적 제한 및 설비의 처리 능력 등을 염두에 두고, 경영 및 관리 견지에서 설정해야 한다. 예를 들어, 대부분 배송센터 신규 투자에서 늘어나는 미래 물동량에 대비하여 높은 주문 처리 능력(Throughput Rate)만을 강조하고 있다. 하지만, 지나친 처리 능력 강조는 과도한 설비투자로 전체 설비의 효율에 문제가 생길 수 있으니, 설비의 추가 투자비, 감가상각비 및 효율도(Utilization)를 동시에 고려하여 경영관리 요인들을 설정할 필요가 있다.

〈표 5〉 배송센터에서의 대표적 물류흐름

From \ To	파렛트 보관지역	상자피킹지역	날개피킹지역	날개분류지역	상자분류지역	단위구성지역	출고지역
입고지역	* 파렛트	* 파렛트 상자 자루 혼합물	날개 토우트 상자				날개 상자 파렛트
파렛트 보관지역		* 파렛트					파렛트
상자피킹지역			* 상자		* 상자	* 상자	상자
날개피킹지역				* 날개	토우트 상자	날개 상자 토우트	날개 상자 토우트
상자분류 지역 A					토우트	날개 상자 * 토우트	날개 상자 * 토우트
상자분류 지역 B						* 토우트 * 상자 * 자루	토우트 상자 자루
단위구성지역							* 혼합물 * 파렛트

주: 밑줄친 흐름: 보충주문, 그의 흐름: 고객 주문, *: 대표적 경로

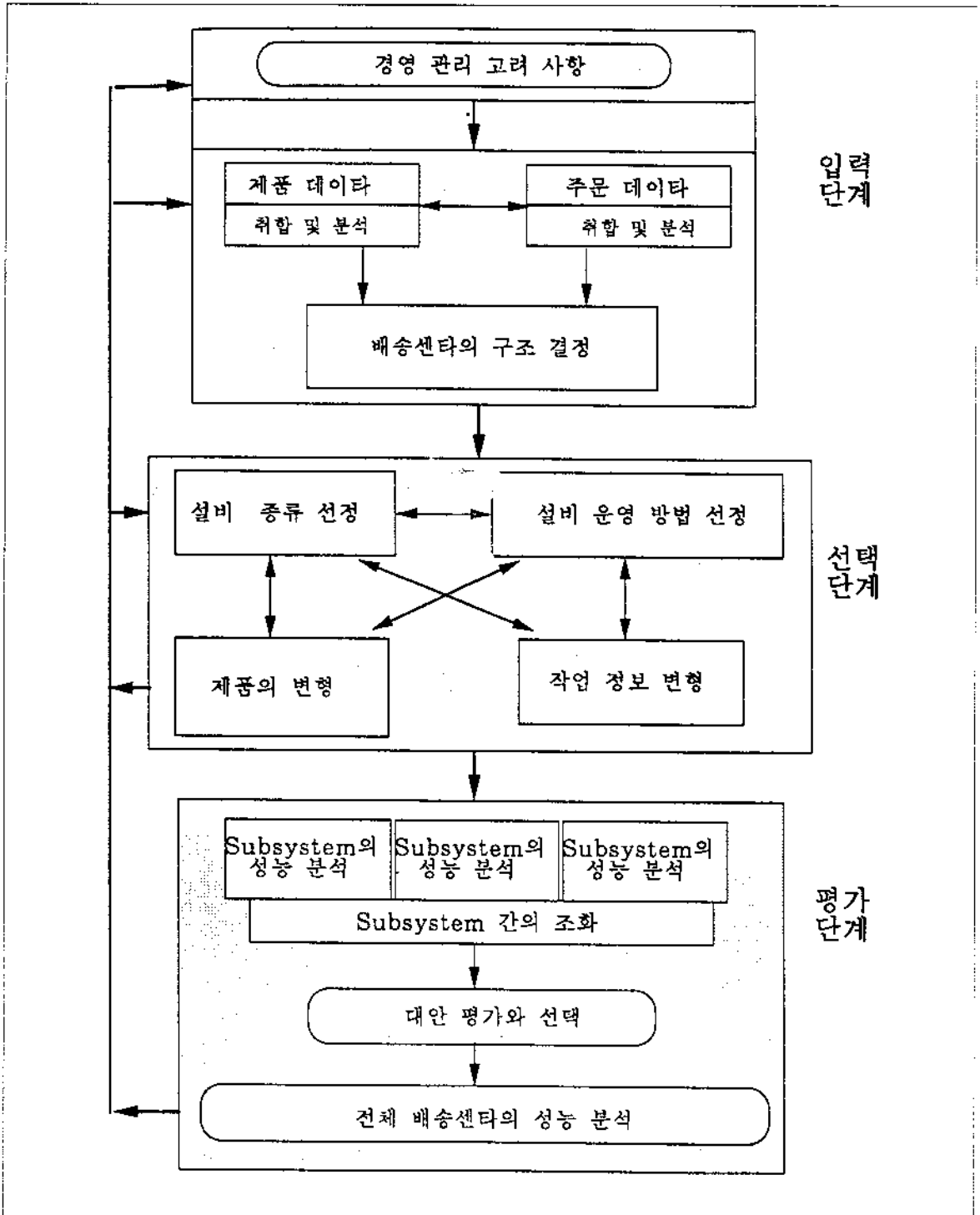
〈표 6〉은 이러한 경영관리 요인들을 나타내고 있다. 이 요인들은 이후의 설계에 대한 기본 조건으로 작용하게 되며, 일부 요인들은 다음 단계에서 점차 세부화되어 정의되어지게 된다. 예를 들어 경영관리 고려사항에서는 가용면적만이 고려되었으나, 각 작업지역을 설계할 때는 다시 할당된 작업지역 면적을 설정해야 한다.

5.1.2 제품군 데이터와 주문군 데이터

대부분의 배송센터들은 수백에서 수천 종의 다양한 제품을 다루고 있다. 배송센터 구축의 기본자료로서 먼저 제품과 주문을 그 특성에 따라 분류하여 제품군(Product Group)과 주문군(Order Class)으로 나누어야 한다. 일반적으로 제품은 물동량(Activity Level), 특성, 공급자, 총수요량 등에 의해 주문은 총주문수, 주문당 SKU(Stock Keeping Unit)수, 배송순위 등에 의해 구분되어진다. 〈표 7〉은 제품군과 주문군의 예를 보여주고 있다.

5.1.3 배송센터의 구조 설정

〈그림 4〉에서 보여주고 있는 배송센터의 일반적 구조는 모든 배송센터나 창고가 8개의 작업지역과 모든 물류경로를 갖고 있어야 한다는 것이 아니다. 오히려, 각 배송센터는 제품들이 어느 지역을 어느 경로를 따라 처리될 것인가에 대한 배송센터의 전반적 구조를 고유 작업특성을 고려하여 설정해야 한다는 것이다. 예를 들어, 어느 배송센터나 입고출고 지역은 필요하나, 큰 배송센터는 주문이 파렛트와 상자단위이므로 날개 피킹지역은 필요가 없는 경우가 대부분이다. 작은 슈퍼마켓은 주로 날개 단위 주문만이 있으므로 파렛트 저장지역은 필요가 없다. 따라서, 배송센터에서 운영하고자 하는 제품과 주문특성 등을 고려하여 필요한 작업지역과 물류경로만을 설계에 포함시켜 배송센터의 전체 구조를 결정해야 한다. 실제 이 단계는 배송센터 구축시 설계의 핵심으로써 한 작업지역내에서 흐르는 여러 제품군을 각각 어느 설비로 처리해야 하는지와 같은 문제로 연결되어 있다.



(그림 5) 배송센터 설계 및 분석의 개념적 절차

〈표 6〉 경영관리 고려사항

<p>☐ 경제적 제한요소</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 초기 투자 예산 ■ 추가 년 투자예산 ■ 시스템 구축시기 ■ 프로젝트 기간 (Project Life) ■ 감가 상각법 ■ 세금비율 (Marginal Tax Rate) ■ 투자회수기 ■ MARR 	<p>☐ 환경적 제한요소</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 총 가용 면적 ■ 천장 높이 ■ Building Layout ■ 소음 규제 ■ 화재규제 ■ 수동 한계 거리
<p>☐ 시스템 요구요소</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 주문처리 시간 ■ 교대좌당 주문수 ■ 제품당 저장 용적 ■ 작업활동 요소 (Activity Factor) ■ 보관 용적 요소 ■ 기타 작업처리 시간 (Labling, Pricing, Counting) 	<p>☐ 운용 제한 요소</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 교대 기간 ■ 일교대 수 ■ 년 작업일 ■ 제품군 수 ■ 주문군 수 ■ 작업자 가용 요소

즉, 배송센터의 구조에 포함된 〈그림 4〉의 각 작업 지역은 여러 Subsystem의 조합으로 되어있다. 예를 들어, 날개 피킹 지역에 두개의 다른 Gravity Flow Rack 과 Aisle-Captive Person-Aboard System이 각기 다른 제품군들을 처리하는 데 쓰일 수 있다. 또한, 각 저장 Subsystem은 〈그림 6〉에서 보여지듯이 전달 설비, 저장 설비, 불출 설비 등으로 구성되어지게 된다. 이와 같이 Subsystem의 명시는 물류설비와 같은 Hardware 뿐만 아니라 제품군, 주문군 등의 적용가능한 운영방법을 포함하게 된다.

5.2 선택단계

입력단계에서 설계에 포함시킨 각 작업지역의 세부 장비를 지정하기 위해서는 설비 종류, 운영 방안, 제품의 변형, 작업 정보 변형(Work List)이라는 4가지 검토 사항을 동시에 고려해야 한다. 예를 들어, 설비 운영방법은 〈표 8〉과 같이 정리되어진다. 이 설비 운영 방법은, 특히 불출방법은 작업구역수(Zone Number), 구역당 설비수, 구역당 작업자수에 의해 활용이 제한 된다. 예를 들어 〈표 9〉는 Horizontal Picker-to-Part System에서 설비구조와 불출방법의 조합을 보여주고 있다. 또한 설비사양과 불출방법은 작업구역에 따라 달라지게 된다. 예를 들어, 다루는 단위물량이 큰 과

〈표 7〉 제품군 데이터와 주문군 데이터

□ 제품군 데이터

- 군 이름
- 평균가격
- 평균크기 (부피, 치수)
- 특성 (무게, 가연성, 유약성)
- 제품군당 제품수
- 교대당 불출 제품종류
- 교대당 제품당 총 불출량
- Line Item당 불출량
- 평균, 최대 재고 수준
- 군 구분 기준
- 월 판매량
- 평균적하 크기
- 제품 변형 비율 (상자/파렛트, 날개/상자)
- 적체 지역간 이동을

□ 주문군 데이터

- 군 이름
- 교대당 총주문 수
- 제품당 주문 분포
- 주문량, 용량당 주문 분포
- 중요도, 수송 방법당 주문분포
- 군 구분 기준

릿트 저장장소에서는 기본적으로 Single-Order-Pick으로 국한된다. 반면 〈표 10〉에서 보여주듯이 날개 피킹지역에서는 가장 다양한 설비와 운영조합이 가능하다.

선택단계 수행시 반드시 유념되어야 할 점은, 4가지 사항이 동시에 검토되어야 한다는 점이다. 왜냐하면, 4가지 사항은 서로 얽혀서 배송센터 구축시 필요 자원 결정에 영향을 주기 때문이다. 예를 들어, 작업자의 작업지시서에 나타나는 제품의 변형과 정보의 변형은 설비 종류, 운영 방안 및 입력단계의 자료에 의해 결정되며, 이에따라 필요한 면적, 작업자 수, 비용이 달라지게 된다.

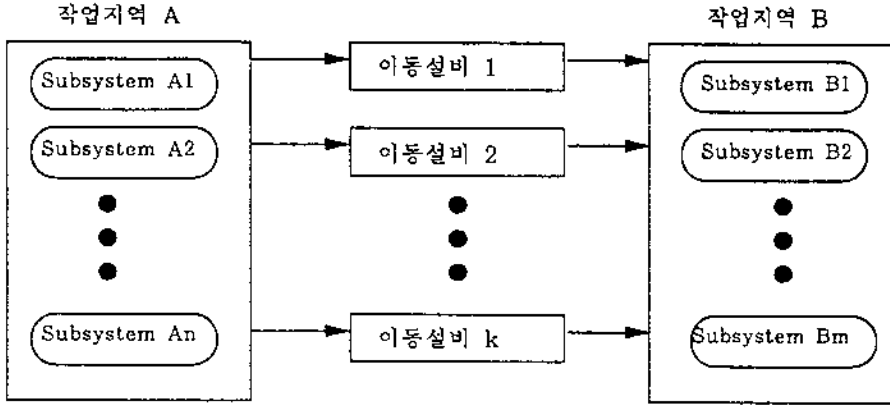
5.3 평가단계

선택단계에서 여러 안들을 검토한 후, 평가단계에

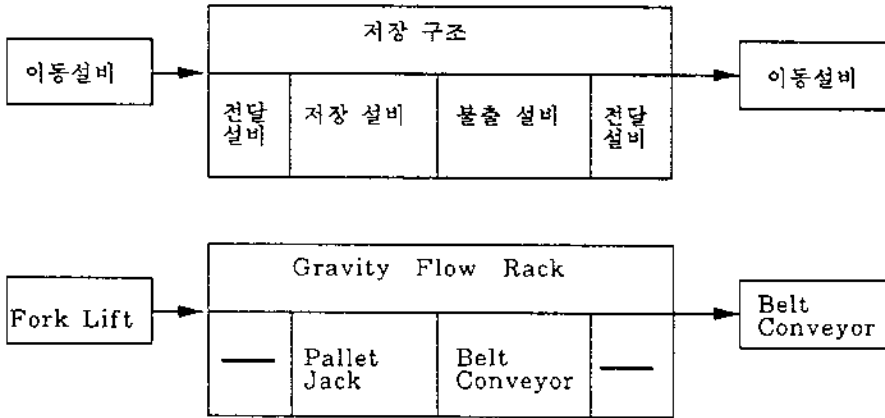
들어간다. 이 단계에서 가장 중요한 것은 각 설비간의 조화(Subsystem Reconciliation)를 이루게 하는 것이다. 예를 들어, Pallet Rack의 윗단은 파렛트 보관지역으로 아랫단은 상자 피킹지역으로 사용된다면, 각 작업을 모두 수행하는 데 공간과 시간이 충분한지 점검해야 한다. 두번째 예로는, 동일 설비가 Single-Order-Pick과 Batch-Pick으로 운영될 때는 두 방법을 수행하는 데 충분한 시간이 있나 검토해야 한다. 세째 예로는, 상자 피킹이나 날개 피킹지역에서 나오는 불량에 대해 해당 분류 지역이 충분한 처리능력을 갖고 있는지 점검해야 한다. 네째 예로는, 전체작업(예: 고객주문과 보충주문 처리시간)이 설정된 작업시간내에 처리될 수 있나 확인해야 한다.

즉, 평가단계에서는 각 작업 지역의 설비와 전체 배송 센터 설비 및 운영의 조화를 검토하고, 여러 가능한 대안 중 최적의 것을 가격, 필요공간, 작업자 수,

작업지역 구조



저장 작업지역의 Subsystem 구조와 예



<그림 6> 배송센터의 작업지역 구조와 Subsystem 구조

〈표 8〉 설비운영방법

입출방법	세부 운영방안
저장방법	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Random Location Assignment ▣ Assignment based on Adjusted Turnover ▣ Assignment based on Time in System for each Unit ▣ Assignment based on Location Visits between Replenishments ▣ Single versus Multiple Stocking Locations ▣ Location based on Dependent Item Demand
불출방법	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Single-Order-Pick (SOP) ▣ Single-Order-Pick With Zoning (SOPWZ) ▣ Batching and Sort-While-Pick (SWP) ▣ Batching and Sort-While-Pick with Zoning (SWPWZ) ▣ Batching with Downstream Sorting (B) ▣ Batching and Zoning with Downstream Sorting (BAZ)

〈표 9〉 가능한 설비 구조와 불출방법: Horizontal Picker-To-Part System

시스템 사양	조 합		
	1	2	3
Number of equipment zones	1	Nz	Nz
Number of equipment units	Nu	Nu = nNz	Nu = nNz
Pickers per equipment zone	Np	1	Np
Operating Strategies	SOP	SOPWZ	SOPWZ
	SWP	SWPWZ	SWPWZ
	B	BAZ	BAZ

(n, Nz, Np을 0보다 큰 정수)

〈표 10〉 설비 사양과 불출방법: 날개 피킹 지역

설비	불출방법	Single Order Pick	Sort-While-Pick	Batching
Pick to horizontal travel vehicle		SOP SOPWZ	SWP SWPWZ	B BAZ
Pick to person-aboard vehicle		SOPWZ	SWPWZ	BAZ
Pick to power/non-aboard conveyer		SOPWZ	SWPWZ	BAZ

주문처리시간, 설비종류, 설치시간 등을 고려해서 결정해야 한다. 이 단계에서는 여러 형태의 MCDM

(Multi-Criteria Decision Making)이 활용되며, 〈그림 5〉가 나타내듯이, 단계간의 부분적 설계 조정 작업이 반

복되어지게 된다.

6. 맺음말

다품종 소량 주문에 따라 늘어난 작업량의 효과적 수행, 신속 정확한 주문처리를 통한 고객 만족도 향상과 값이 싸고 비좁은 공간의 효율적 이용을 목적으로 국내의 여러 기업체에서 배송센터 구축에 관한 관심이 고조되고 있다. 하지만, 배송센터 설계 및 운영에 대한 경험이 적고, 지식이 단편적이어서 체계적으로 구축안을 만드는데 어려움을 겪고 있다. 이런 관점에서 본고는 배송센터 구축시 근간이 되는 공학적 틀을 논의하였다.

먼저, 배송센터 구축시 야기되는 복잡성을 제품, 주문, 설비형태, 설비운영방안 및 전체 시스템의 구조 등의 상호연계 작용으로 파악하였으며, 이 복잡성의 이해를 바탕으로 배송센터의 일반적 구조와 개념적 설계 절차가 제시되었다. 일반적 구조는 작업지역과 물류경로의 적절한 조합으로 대규모 배송센터에서 작은 소매상까지의 다양한 창고형태를 나타낼 수 있으며, 개념적 설계 절차는 배송센터 구축시 포함되어야 하는 여러 요인들을 어떻게 체계적으로 고려하는 방법론을 제공한다. 일반적 구조와 개념적 설계 절차로 구성된 배송센터 구축을 위한 공학적 틀은 실제 배송센터 설계자와 의뢰자 사이에서 오가는 사고 과정과 배송센터에 관한 여러 연구들을 통합할 수 있는 그릇으로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R. Bachers, W. Dangelmeier, and H. J. Warnecke, "Selection and Use of Order-Picking Strategies in a High-Bay Warehouse", *Material Flow*, 4, 233-245, 1988.
- [2] M. Bailey, *A Structured Approach to Warehouse Design with Special Emphasis on Fast Moving Consumer Goods in South Africa*, Unpublished Paper, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa, 1990.
- [3] Y. Bassan, Y. Roll, and M. J. Rosenblatt, "Internal Layout Design of a Warehouse" *AIIE Trans.*, 12, 317-322, 1980.
- [4] M. J. Branigan, "Visual Interactive Simulation for Automated Warehouse Design", *Proc. of the 9th International Conference on Automation in Warehousing*, 157-167, 1988.
- [5] K. Choe, *An Analysis of Order Pick Systems for Small Parts*, Ph.D Dissertation, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 1990.
- [6] W. Dangelmeier and R. Bachers, "SIMULAP-A Simulation System for Material Flow and Warehouse Design", *Material Flow*, 3, 207-214, 1986.
- [7] E. H. Frazelle, *Small Parts Order Picking: Equipment and Strategy*, Report OP-88-01, Material Handling Research Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 1988.
- [8] M. Goetschalckx and J. Ashayeri, *Classification and Design of Order Picking Systems*, Report TR-88-14, Material Handling Research Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 1988.
- [9] H. Hanelt and K. D. Kryder, "Designs-Phasing of Computer Integrated Automated Distribution Centers to Benefit Corporate Growth", *Proc. of the 10th International Conference on Automation in Warehousing*, 53-62, 1989.
- [10] R. Juenemann and F. Meister, "Rational Warehouse Planning - EDP-Supported", *Material Flow*, 4, 217-223, 1988.
- [11] E. D. Kooy, *Proposed Method of Determining the Best Order Picking System*, Unpublished Paper, Pillsbury Co, 1985.
- [12] M. K. Lee, "A Storage Assignment Policy in a Man-on-board Aisles", *Int. J. Prod. Res.*, 30, 2281-2291, 1992.
- [13] C. J. Malmberg, "A Heuristic Model for Simultaneous Storage Space Allocation and Block Layout Planning", *Int. J. Prod. Res.*, 32, 517-530,

- 1994.
- [14] S. M. McEwen and C. W. Pratt, "Sensitivity Shows Economics of Alternative Warehouse Design", *Industrial Eng.*, 12, 88-96, June, 1982.
- [15] Naval Supply Systems Command, *Warehouse Modernization and Layout Planning Guide*, NAVSUP Publication 529, Naval Publication and Forms Center, Philadelphia, Pennsylvania, 1985.
- [16] Y. H. Park and D. B. Webster, "Modelling of Three-Dimensional Warehouse Systems", *Int. J. Prod. Res.*, 27, 985-1003, 1989.
- [17] M. J. Rosenblatt and Y. Roll, "Warehouse Design with Storage Policy Considerations", *Int. J. Prod. Res.*, 22, 809-821, 1984.
- [18] G. P. Sharp, K. Choe, and C. S. Yoon, "Small Parts Order Picking: Analysis Framework and Selected Results", White, J. A. and I. Pence(eds.), *Progress in Material Handling and Logistics*, Vol. II, Springer Verlag, 1991.
- [19] T. W. Speh, *How to determine total warehouse costs*, DCW-USA Inc., Sarasota, Florida, 1990.
- [20] J. A. Tompkins, "Order-Picking Systems", *The Warehouse Management Handbook*, J. A. Tompkins and J. D. Smith (Eds.), McGraw-Hill, New York, 7-14, 1988.
- [21] Warehouse Education and Research Council, *Survey*, Oak Brooks, Illinois, 1986.
- [22] B. Wilde, "An Operating Plan is Critical in Distribution Center Design to Minimize Risks of

Change", *Industrial Eng.*, 20, 37-41, November, 1990.

- [23] 최신 물류 관리 매뉴얼, 한국 생산성 본부, 1990.
- [24] "물류 비용 많이 든다". 조선일보, 1993. 2.8.



윤창선(尹昶善)

1982년 서울대학교 산업공학과 졸업

1984년 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학석사)

1989년 Georgia Institute of Technology Industrial and Systems Engineering Department 졸업(공학석사)

1991년 Georgia Institute of Technology Industrial and Systems Engineering Department 졸업(공학박사)

1992년 Material Handling Research Center 연구원

현재 삼성데이터시스템 SI 컨설팅 팀 수석연구원

최경일(崔景一)

1980년 서울대학교 산업공학과 졸업

1982년 한국과학기술원 산업공학과 졸업(공학석사)

1990년 Georgia Institute of Technology Industrial and Systems Engineering Department 졸업(공학박사)

현재 삼성데이터시스템 CIM 개발 팀 수석연구원