

# 크로스도킹 시스템을 위한 물류센터의 설계에 관한 연구

유우연\* · 박운선\* · 신정현\*\*

\*명지대학교 산업경영공학과 · \*\*한국로지스풀(주) 경기지점

## - Design of Distribution Facility for Cross Docking Systems -

Wooyeon Yu\* · Yunsun Park\* · Junghyun Shin\*\*

\*Department of Industrial and Management Engineering, Myong-Ji University

\*\*Gyeonggi Branch, Korea Logis Pool Corporation

### Abstract

Cross docking is a warehouse management concept in which items delivered to a distribution facility by inbound trucks are immediately sorted out and reorganized based on customer demands and are routed and loaded into outbound trucks for delivery to customers without actually being held in inventory in the distribution facility. In this research, the design of distribution facility for cross docking systems was studied.

The objective of this research is to find the minimum number of receiving docks and shipping docks, respectively, in order to meet the daily demand of the distribution center. Two solution approaches are employed in modeling and solving the problem. The first approach is mathematical modeling and the second approach is a simulation. The logic developed in the simulation model is expected to apply to the real world situation.

Keywords : Cross Docking, Distribution Center, Warehouse, Dock, Simulation

### 1. 서론

최근 물류 및 유통에 대한 관심이 증가하면서, 기업은 구매에서 생산 그리고 판매에 이르는 모든 단계에서 재고의 감축을 통한 비용절감에 노력을 기울이고 있다. 또한 공급망 관리의 발전에 따라서 고객은 주문 물품에 대한 정확한 배송과 빠른 납기를 기대하고 있다.

일반적으로 공급망 관리를 설계함에 있어서 효율적인 물류관리를 위해서 제조업체로부터 최종 소비자까지 직접 배송되기 보다는 물류센터 (distribution facility) 라는 중간 지점을 거쳐서 배송이 이루어진다. 이러한 물류센터를 운영함에 있어서 가장 커다란 비용을 차지하는 부분이 재고와 관련된 비용인데, 크로스도킹 시스템은 이러한 재고 비용을 절감하기 위하여 최근에 많

이 활용되고 있는 물류기법이다. 크로스도킹은 물류센터의 운영 개념으로써 입고트럭에 의해 배달된 물품이 재고로써 보관됨이 없이 즉시 고객의 수요에 따라 재분류되어 출하트럭에 적재되어 고객에게 배달되는 프로세스로 구성된다.

여러 문헌에서 General Motors[3], UPS[5], Wal Mart[6], 그리고 Toyota[12] 등과 같은 글로벌 기업에서의 성공적인 크로스도킹 운영에 따른 물류비용의 절감을 보고하고 있으나, 크로스도킹 시스템에 대한 학문적인 연구는 미흡한 실정이다. 특히, 크로스도킹 시스템을 위한 물류센터의 설계 부분은 물류센터의 운영비용 및 효율성에 가장 결정적인 미치는 요인임에도 불구하고 이에 대한 학문적인 연구는 매우 미흡하다.

† 이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-003-D00457).

‡ 교신저자: 유우연, 경기도 용인시 처인구 남동 명지대학교 산업경영공학과

직 장: 031-330-6455, E-mail: wyyuie@mju.ac.kr

2008년 4월 접수; 2008년 6월 수정본 접수; 2008년 6월 게재확정

크로스도킹 시스템을 적용한 물류 센터를 설계할 때는 하루에 처리하여야 하는 예상 물동량을 근거로 물류 센터의 규모를 결정하고 이에 따라 입고 창구와 출하 창구의 수와 위치가 결정되어야 하며 이러한 요인들과 아울러 물류센터 내 제품의 흐름을 통제하여 대기시간을 최소화 할 수 있는 설계가 이루어져야 한다.

본 연구는 크로스도킹 시스템 운영을 위한 물류센터의 설계를 위해서 수학적 모델과 시뮬레이션 모델이 개발을 목적으로 수행되었다.

## 2. 크로스도킹 시스템에 대한 선행연구

물류와 관련된 많은 상업적인 잡지 및 신문에서 크로스도킹 시스템의 성공적인 구축을 기사화하여 다루고 있지만 크로스도킹 시스템에 대한 학문적인 연구는 매우 미흡하며 이러한 이유로 체계적이고 과학적인 크로스도킹 시스템의 적용은 아직까지 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

크로스도킹 시스템에 대한 첫 번째 학문적인 연구는 Rohrer[8]에 의해 발표되었다. 그는 크로스도킹 시스템을 모델링할 때의 기법과 발생할 수 있는 이슈에 대해서 논하였으며 크로스도킹의 성공적인 도입을 위해서는 시뮬레이션 기법을 통하여 최적의 하드웨어적인 요소와 소프트웨어적인 요소를 결정해야 한다고 주장하였다. 그의 논문은 비록 크로스도킹 시스템의 구축에 있어서 시뮬레이션 기법을 활용할 것을 주장하였지만 실제적인 적용 사례는 발표되지 않았다.

크로스도킹 시스템 하에서의 운영방안에 대한 연구는 Yu[14, 15, 16]에 의해서 발표되었다. 그는 여러 가지 운영 환경 하에서 크로스도킹 시스템의 총 운영 시간을 최소화하기 위한 입고 트럭과 출하 트럭의 일정계획을 수립하기 위한 수학적 모델(mathematical model)과 경험적 기법(heuristic method)을 개발하여 다양한 모델에 적용하였다. 그는 논문에서 수학적 모델의 실무 적용은 장시간에 걸친 계산 시간(computational time)으로 불가능하기 때문에 다양한 경험적 기법들이 개발되어야 한다고 주장하였다. 그의 연구에서는 입고 창구와 출하 창구가 각각 하나인 크로스도킹 시스템을 가정하였기 때문에 그의 연구 결과에 대한 실무적인 적용은 어려운 점이 있지만 논문에서 수행된 크로스도킹 시스템의 운영 원리에 대한 분석은 복수 창구를 지닌 크로스도킹 시스템을 위한 운영 방안의 연구에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 최근에 Bartholdi[2]는 그의 논문에서 크로스도킹 시스템을 위한 물류센터의 입고 창구와 출하

창구의 지형적인 배치 모양에 대해서 연구하였다. 물류 센터를 효율적으로 운영하기 위해서는 물류센터 내부에서의 운반 거리를 줄이는 것이 중요하다고 판단하여 전통적인 직사각형 모양의 물류센터 이외에 L자형 물류센터, H자형 물류센터, 그리고 T자형 물류센터에 대한 실험을 하였다. 이들은 입고 창구 및 출하 창구의 크기에 따라 어떠한 모양의 물류 센터가 최적의 모양인지를 연구하였다.

이상에서 본 바와 같이 크로스도킹에 대한 학술적인 연구는 초기적인 상황이다. 효율적인 크로스도킹을 적용한 물류센터의 운영을 위해서는 크로스도킹 시스템 설계에 대한 학문적인 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

## 3. 크로스도킹 시스템을 운영 환경

본 연구에서 고려하는 크로스도킹 시스템의 운영환경을 간단히 설명하면 다음과 같다.

다양한 종류의 물품을 실은 입고 트럭(inbound truck)이 물류센터에 도착한다. 입고 트럭에 실려 있는 물품은 물류센터 내에서 목적지에 따라서 재분류 되어진 후 다양한 출하 트럭(outbound truck)에 적재된다.

입고 트럭이 물류센터에 들어 왔을 때 이용 가능한 입고 창구(receiving dock)가 하나 이상 있으면 적절한 입고 창구를 선택해 적재하고 있는 물품을 하역한다.

만일 모든 입고 창구에서 하역 작업이 이루어지고 있어서 이용 가능한 입고 창구가 없다면 입고 트럭은 입고 창구가 이용 가능해질 때까지 대기한다.

입고 트럭에서 하역된 물품은 물류센터 내에서 최종 목적지에 맞게 분류되어서 적절한 출하 창구(shipping dock)로 보내진다.

출하 트럭(outbound truck)은 이용 가능한 출하 창구가 하나 이상 있으면 적절한 출하 창구를 선택해 필요한 물품을 적재한다. 만일 모든 출하 창구에서 상차 작업이 이루어지고 있어서 이용 가능한 출하 창구가 없다면 출하 창구가 이용 가능해질 때까지 출하 트럭은 대기한다. 출하 트럭은 모든 필요한 물품이 적재될 때까지 물류 센터를 떠나지 못하며 필요에 따라서 출하 창구에서 필요한 물품이 도착할 때까지 대기하여야 한다.

위와 같은 크로스도킹 시스템과 관련된 문제의 어려움은 여러 대의 입고 트럭에 나누어져 적재되어 있는 물품을 여러 대의 출하트럭에 배분하여야 함과 동시에 이들 트럭들을 적절한 창구에 배치해야 한다는 것이다.

입고 트럭은 적재하고 있는 물품을 모두 하역할 때까지 물류센터를 떠나지 못하며 출하 트럭은 필요한

물품을 모두 적재할 때까지 물류센터를 떠나지 못한다.

따라서 물품이 물류센터에 머무르는 시간은 입고 트럭과 출하 트럭의 스케줄 및 입고 트럭의 입고 창구 배치 그리고 출하 트럭의 출하 창구의 배치에 종속적(dependent)이다. 마찬가지로 입고 트럭이나 출하 트럭이 물류 센터에 머무는 시간도 입고 트럭과 출하 트럭의 스케줄 및 입고 트럭의 입고 창구 배치 그리고 출하 트럭의 출하 창구의 배치에 종속적이다. 물류센터에서 머무르는 물품의 소요 시간, 입고 트럭 또는 출하 트럭의 소요 시간을 산업공학 분야에서 일반적으로 널리 활용되는 개념인 프로세스 시간(processing time)으로 볼 경우에 이들 시간은 트럭의 스케줄 및 창구의 배정에 따라서 가변적이 된다. 이러한 경우와 같이 스케줄에 따라 종속적으로 변하는 프로세스 시간에 대한 해법을 제시할 수 있도록 개발된 기존 연구는 없으며 이러한 이유로 기존에 개발된 연구 결과의 직접적인 적용이 불가능하며 새로운 개념의 연구가 수행되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 수학적 모델링 기법(mathematical modeling) 및 시뮬레이션 기법(simulation)이 개발되었다.

본 연구에서 수행한 물류센터의 설계는 다음과 같은 가정 하에서 이루어졌다.

단위 기간 동안에 (예를 들면, 1일) 물류센터로 입고 되는 모든 물품은 반드시 그 단위 기간 내에 출하된다.

각 물품 종류에 대해서 단위 기간 동안에 입고되는 물품의 총 수량과 출하되는 물품의 총 수량은 동일하다.

장기간의 재고는 허용되지 않는다. 물류센터 내에서 재고가 허용되는 유일한 경우는 물품이 입고 트럭으로부터 하역되었으나 그 물품을 필요로 하는 출하 트럭이 아직 출하 창구에 들어오지 못했을 경우에만 단기 재고로 허락된다.

하역과 적재에 있어서 별도의 분류(sorting) 및 식별(scanning) 프로세스는 고려하지 않는다.

각 입고 창구와 출하 창구에 도착한 차량은 각각 하역 및 적재가 완료되기 전에는 차량 교체가 이루어지지 않는다.

#### 4. 크로스도킹 시스템을 위한 물류센터 설계 기법

본 연구에서 크로스도킹 시스템을 위한 물류 센터의 설계란 다음과 같은 일련의 연구를 수행하는 것을 의미한다.

물류센터의 규모(scale) 결정

입고 창구(receiving dock)의 수 결정

출하 창구(shipping dock)의 수 결정

본 연구에서는 수학적 모델링 기법 및 시뮬레이션 기법을 활용하여 크로스도킹 시스템을 위한 물류 센터의 설계를 수행하였다. 본 연구에서 개발된 기법은 이론적인 측면 뿐만 아니라 실제 크로스도킹 운영을 위한 물류센터 구축을 계획할 때 활용될 수 있는 수준의 실용적인 측면에 초점을 맞추어 수행되었다.

#### 4.1 수학적 모델링

수학적 모델링 기법은 모든 데이터가 결정적(deterministic data)일 경우에 적용될 수 있으며 장점은 요구되는 물동량을 충족하기 위해서 필요한 최소 입고 창구의 수와 출하 창구의 수를 결정하기 위한 최적해를 구할 수 있다는 것이다. 하지만 이러한 수학적 모델링 기법은 실제 생활에서 발생할 수 있는 확률적인 사건들에 대한 처리를 할 수 없으며 이러한 이유로 일반적으로 현실 세계에서 크로스도킹을 운영하는데 필요한 입고 창구의 수나 출하 창구의 수보다 적은 최적해를 산출할 수 있다는 단점을 지니고 있다.

물품의 상하차 시간이 결정변수인 경우에 입출하 창구의 수를 정하는 수학적 모델은 다음과 같다.

$$N_1 = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^P r_{ij} t_{1j}}{H} \times \alpha \quad (1)$$

$$N_2 = \frac{\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^P s_{ij} t_{2j}}{H} \times \alpha \quad (2)$$

where,

N1 = 물류센터에 필요한 입고 창구의 수,

N2 = 물류센터에 필요한 출하 창구의 수,

R = 물류센터에 도착하는 입고 트럭의 총 수,

S = 물류센터로부터 출발하는 출하 트럭의 총 수,

P = 물류센터에서 취급하는 물품 종류의 총 수,

H = 계획 기간 동안의 물류센터의 총 작업 시간,

r<sub>ij</sub> = 입고 트럭 i에 실린 물품 종류 j의 총 수량,

s<sub>ij</sub> = 출하 트럭 i에 실려야 하는 물품 종류 j의 총 수량,

t<sub>1j</sub> = 입고 트럭에 실린 물품 종류 j의 한 단위를 하역하는데 소요되는 시간,

t<sub>2j</sub> = 출하 트럭에 물품 종류 j의 한 단위를 상차하는데 소요되는 시간,

α = 안전계수.

위의 식 (1)은 물류센터에서 처리하여야 하는 물량을 기초로 하여 도출한 입고 창구의 수를 나타내며, 식

(2)는 출하창구의 수를 나타낸다. 비록 위의 수학적 모델은 안전계수를 고려하여 정적인 환경하에서 도출된 입고 창구와 출하 창구의 수에 대하여 동적인 상황에 대한 반영을 시도하고 있기는 하지만 실제 운영상 발생할 수 있는 확률적인 사건들에 대한 처리를 할 수 없으며, 시간에 따라 차등적으로 입고되는 물량을 반영하지 못하여 트럭의 대기시간을 증가시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 이유로 일반적으로 현실 세계에서 크로스도킹을 운영하는데 필요한 입고 창구의 수나 출하 창구의 수보다 적은 최적해를 산출할 수 있다는 단점을 지니고 있다.

## 4.2 시뮬레이션 기법

실제 환경 하에서의 운영조건과 유사한 확률적인 데이터를 처리하기 위해서 시뮬레이션 기법이 활용된다.

실제 크로스도킹 운영 환경의 예를 들면, 모든 입고 트럭이 단위 시간 동안에 균일하게 분포되어 물류 센터에 도착하지는 않으며 어떠한 시간대에 집중적인 확률적 분포를 가지고 도착할 수 있다. 이러한 확률적인 상황을 고려하여 필요한 입고 창구의 수를 계산하는 것은 수학적 모델로는 불가능하며 시뮬레이션 기법을 이용하여 구현 하여야 한다.

크로스도킹 시스템을 위한 시뮬레이션 모델은 실제 물류센터의 운영환경과 유사한 환경에서의 물류센터 운영에 대한 분석을 위해 다음의 기능을 수행할 수 있도록 개발하였다.

첫째, 입고 트럭이 물류센터에 도착하는 시간대에 대한 분포를 가질 수 있도록 설계 하였다. 이러한 기능을 적용함으로써 피크타임(peak time) 동안의 물류센터 운영 상황을 분석할 수 있는 기회를 갖는다.

둘째, 입고 트럭이 입고 창구에 진입할 경우와 출하 트럭이 출하 창구에 진입할 경우의 트럭 선정에 대한 우선순위 적용을 위한 다양한 규칙(rule)을 적용할 수 있는 기능을 갖추도록 개발하였다. 선입선출(first-in first out) 또는 후입선출(last-in first-out)을 비롯한 많은 규칙들을 적용시켜가며 크로스도킹 시스템을 위한 물류창고의 운영에 가장 효율적으로 작용하는 규칙에 대한 연구를 수행할 수 있다.

셋째, 입고 창구와 출하 창구의 수를 변경시킬 수 있는 기능을 갖는다. 연구 목적중의 하나는 최적의 입고 창구 수와 출하 창구수를 설계하는 것이기 때문에 이러한 기능이 포함되도록 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

넷째, 물류센터의 규모를 변경시킬 수 있는 기능을 갖는다. 앞의 문제와 마찬가지로 최적의 물류센터 규모

를 도출하는 것이 연구목적중의 하나이므로 이러한 기능이 포함되도록 시뮬레이션을 설계하였다.

### 1) 입력 데이터

본 연구에서 개발한 시뮬레이션의 입력 데이터로는 물품정보, 트럭정보 및 각 입고트럭에 적재되어 있거나 출하트럭에 적재되어야 할 물품 종류 및 수량, 입고트럭의 도착 시간 분포, 입고트럭과 출하트럭의 교체시간 분포, 그리고 각 물품의 하역 및 적재 시간 등을 쉽게 처리할 수 있는 기능을 갖도록 설계 되었다. 사용자가 이러한 입력 데이터를 손쉽게 바꾸어 가며 시뮬레이션을 실행시킴으로써 다양한 시나리오에 대한 분석이 가능하도록 설계되었다.

### 2) 트럭선정 로직

최적의 크로스도킹 시스템을 모델링하기 위해서는 무엇보다도 입고 트럭과 출하 트럭이 입출하 창구에 접근하는 규칙을 결정하는 것이 가장 중요하다. 입고트럭을 선택하기 위한 로직은 사용자가 필요에 의해 직접 선택할 수 있도록 QPick Module을 사용하였다. 이로써 사용자는 RAN, CYC, LNQ, SNQ 등 원하는 룰을 사용하여 비교분석 할 수 있다.

크로스도킹은 입고되는 물량을 최단시간에 원하는 출하트럭에 적재하여 출하시킴으로써 무재고를 추구하는 시스템이다. 효과적인 시스템운영을 위해서는 시스템 내에 체류하는 물품의 대기시간을 최소화 하는 것이 가장 주요한 핵심이다. 이를 위하여 출하트럭을 선택하는 논리를 개발하였다. <그림 1>은 출하트럭이 3개인 경우와 물품의 종류가 4가지인 경우의 출하트럭 선정 로직의 순서도의 예를 나타낸다.

### 3) 시뮬레이션 모델 구현

시뮬레이션 모델은 ARENA V10.0 Professional Edition 을 이용하여 구현 하였다<그림 2>. 모델은 다음과 같이 총 3개의 Sub-model 구성되어 있으며, 각 Sub-model의 기능은 다음과 같다.

Receiving Truck : 일정한 스케줄을 가지고 도착하는 트럭의 정의와 각 트럭의 용량에 맞는 물품을 생성한다.

Receiving Dock : 물품을 입고 창구를 통해 하역하여 임시저장소에 보관하며 하역 시간동안 트럭은 입고 창구에 머무른다.

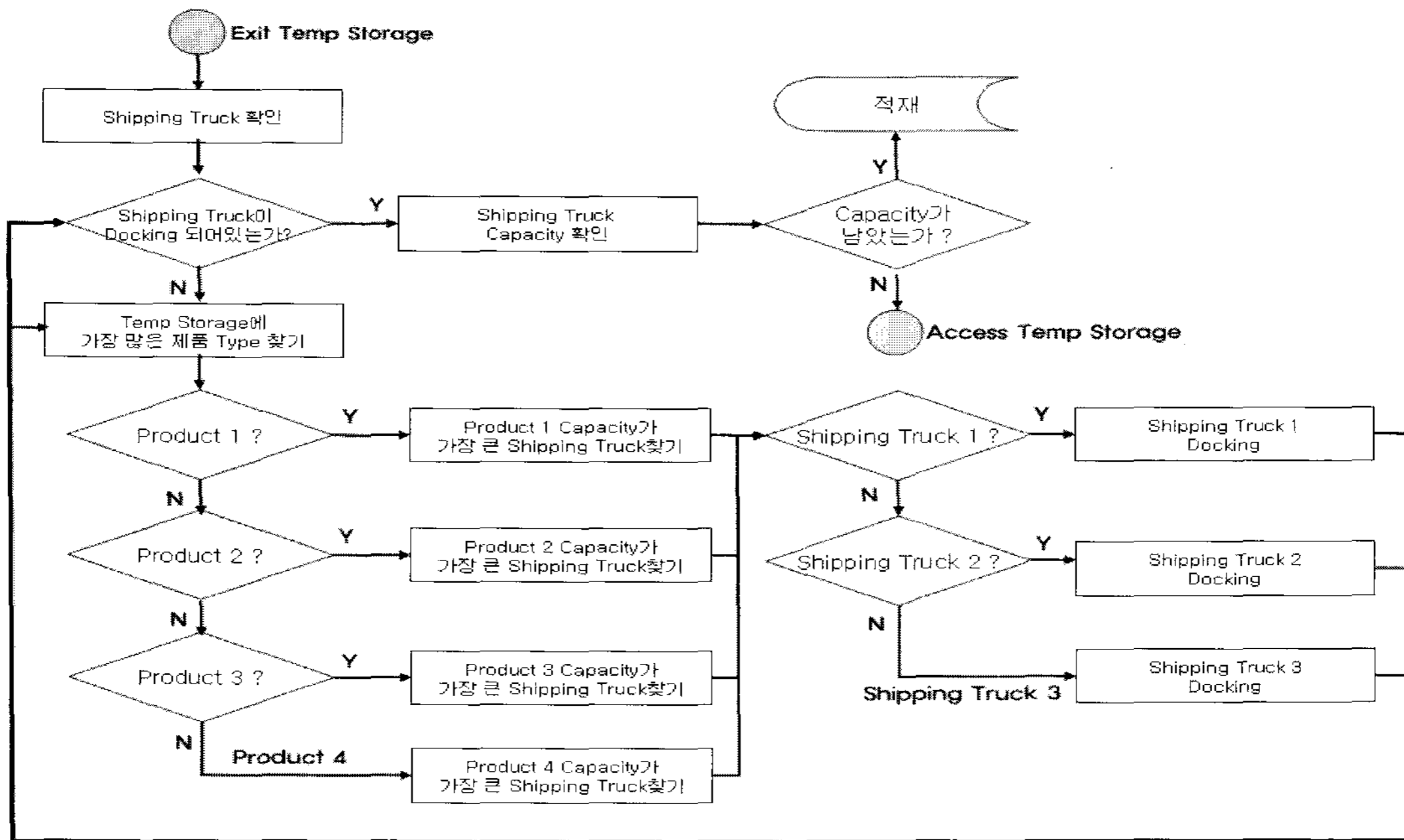
Shipping Dock : 적재 트럭과 품목이 로직에 의해 선택되며 출하 창구를 통해 물품이 트럭에 적재된다.

### 5. 크로스도킹 시스템 설계 모델 적용

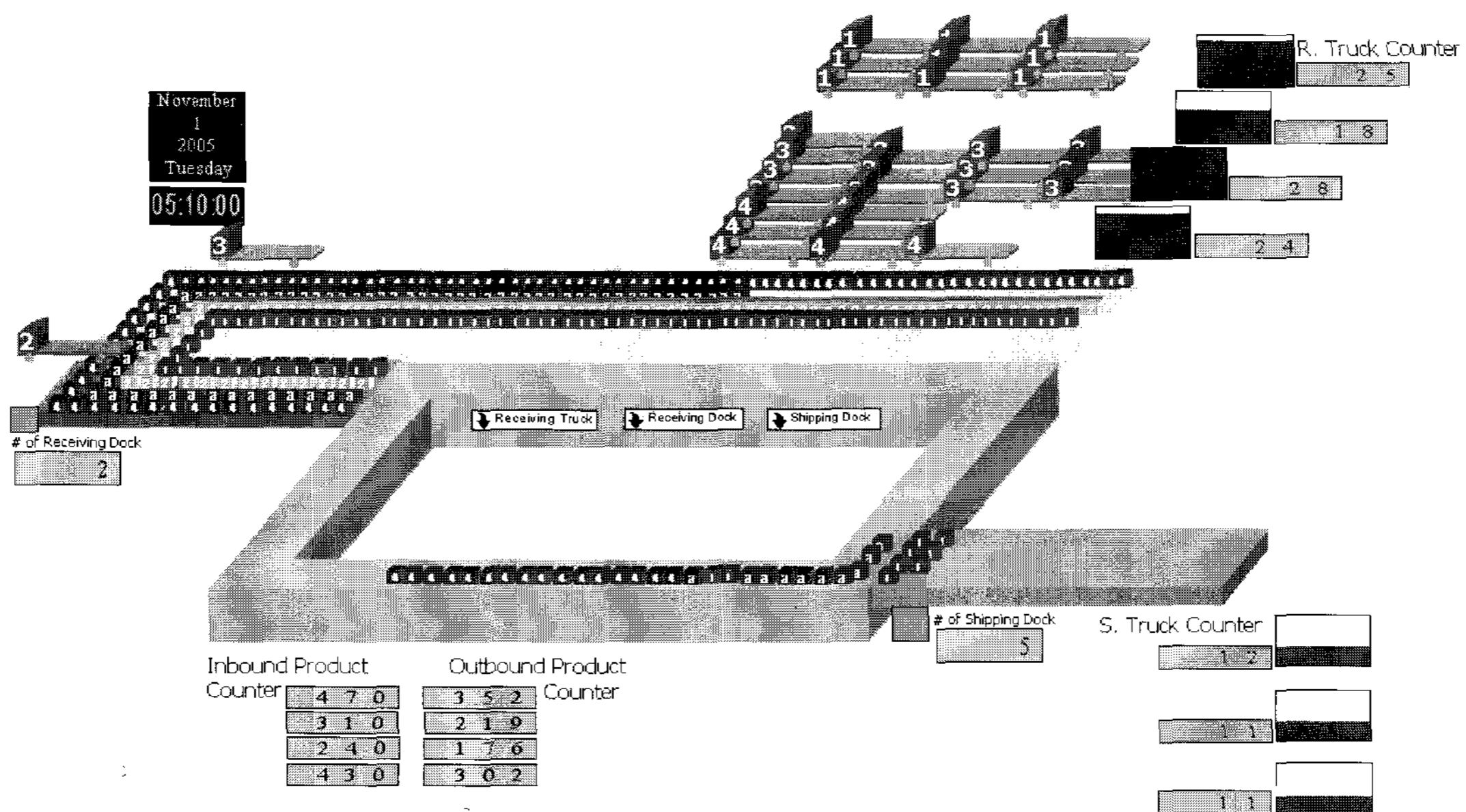
본 연구에서 개발한 크로스도킹 시뮬레이션 모델을 적용하기 위해서 엑셀의 난수 발생기를 이용하여 입력 데이터를 산출하고 여러 차례 실험을 통하여 모델의 유효성을 검사 하였다. 실험에 사용한 입력 데이터의 한 예로 12시간의 일일 작업시간 동안 112대의 입고트럭이 총 2,520개의 물품을 250일 동안 신고 들어오는 경우 필요한 최소 창구의 수는 입고창구 6개 출하창구

5개로 산출되었다. 이러한 결과는 Process Analyzer를 통하여 입고 창구와 출하 창구의 수를 변경하는 20가지의 시나리오를 선정하여 얻은 실험 결과이다.

위 결과를 토대로 입출하 창구의 수를 6개, 5개로 각각 고정시킨 상태에서 입고트럭의 선택 로직을 변경하는 실험을 시도해 보았다. 실험 결과 QPick의 룰 중에서 확연히 차이가 나는 것은 Random으로 입고트럭을 선택하는 것에 비하여 Longest Number of Queue를 적용했을 경우가 대기시간이 더 짧은 것으로 분석되었다.



<그림 1> 출하트럭 선정 로직 예



<그림 2> 시뮬레이션 모델 예

## 6. 결론

그 동안 크로스도킹 시스템의 설계와 관련한 학술적인 연구가 미진하였던 이유는 실제 시스템이 학술적 연구를 위한 모델링을 하기에는 너무 복잡하였기 때문이다. 그러한 이유로 크로스도킹 시스템 및 공급망 관리 부문에 대해서는 학문적인 접근보다는 경험적인 접근에 의한 문제 해결을 실시하여 왔다. 하지만 지속적인 시뮬레이션 기법의 발전 및 컴퓨터의 급속한 발전에 따른 최적화 기법의 적용 가능성이 증가함에 따라 그 동안 상대적으로 학술적 연구가 부족했던 크로스도킹 부문의 연구가 가능하게 되었으며 본 연구의 수행은 이러한 부문에 대한 연구 활성화에 기여를 할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 크로스도킹 시스템 운영을 위한 물류센터의 설계를 위해서 수학적 모델과 시뮬레이션 모델이 개발되었다. 수학적 모델링 기법은 모든 데이터가 결정적(deterministic data)일 경우에 적용될 수 있으며 장점은 요구되는 물동량을 충족하기 위해서 필요한 최소 입고 창구의 수와 출하 창구의 수를 결정하기 위한 최적해를 구할 수 있다는 것이다. 하지만 이러한 수학적 모델링 기법은 실제 생활에서 발생할 수 있는 확률적인 사건들에 대한 처리를 할 수 없으며 이러한 이유로 일반적으로 현실 세계에서 크로스도킹을 운영하는데 필요한 입고 창구의 수나 출하 창구의 수보다 적은 최적해를 산출할 수 있다는 단점을 지니고 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해서 본 연구에서는 Arena의 Process Analyzer를 이용하여 일일 입고되는 물량을 처리하기 위한 크로스도킹 물류시스템의 최소 입출하 창구의 수를 선정하는 시뮬레이션을 수행하였다. 크로스도킹 시스템을 시뮬레이션으로 구현하는 과정에서 개발된 출하트럭 선택의 로직은 실제 시스템에서 적용될 수 있을 것으로 예측된다. 또한, 본 연구의 결과물은 더욱 더 복잡한 물류 시스템 개발을 위한 기초 자료로써 충분한 역할을 할 수 있을 것으로 예상되며 최근에 활성화 되고 있는 크로스도킹 관련 연구에 중요하게 활용될 것으로 예상된다.

향후에는 입고되는 트럭의 피크타임에 따라서 달라지는 입출하 창구(Dock)의 가동률 분석을 통해서 실제 시스템에서 필요로 하는 창구의 최적 가동률을 가지는 입출하 창구(Dock)를 선정하는 연구가 요구된다. 또한 비용을 고려한 크로스도킹 물류센터의 설계를 통하여 기존의 물류센터 대비 그 효과를 분석할 필요가 있다고 판단된다.

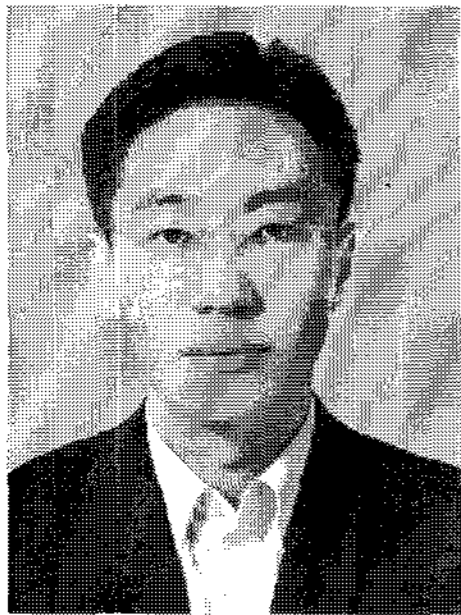
## 7. 참고 문헌

- [1] Apte, U.M and Viswanathan S., "Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies", *International Journal of Logistics*, Vol.3(2000) :291-302.
- [2] Bartholdi, John J. and Gue, Kevin R. "The Best Shape for a Crossdock", *Transportation Science*, 38(2) (2004) :235-244.
- [3] Bhaskaran, Sita "Identification of Transshipment Center Locations - General Motors, U.S.A.", *European Journal of Operational Research*, Vol.63(1992) :141- 150.
- [4] Cooke, James Aaron, "Do You Have What It takes to Cross Dock?", *Logistics Management*, September(1996) :47-50.
- [5] Forger, Gary, "UPS starts World's Premiere Cross-Docking Operation", *Modern Materials Handling*, November(1995) :30-36.
- [6] Gue, Kevin R., "Cross Docking: Just-In-Time for Distribution", working paper, (2002).
- [7] Herbert W. Davis & Company, "Logistics Cost and Service 2004", *Annual Conference Proceedings(CLM)*, (2005).
- [8] Rohrer, Matthew, "Simulation and Cross Docking", *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference*,(1995) :846-848.
- [9] Schaffer, Burt, "Cross Docking can Increase Efficiency", *Automatic I.D. News*, 14(8) July (1998) :34-37.
- [10] Schwind, Gene F., "Considerations for Cross Docking", *Material Handling Engineering*, 50(12) November(1995) :47-51.
- [11] Schwind, Gene F., "A Systems Approach to Docks and Cross Docking", *Material Handling Engineering*, 51(2) February(1996) :pp.59-62.
- [12] Witt, Clyde E., "Cross Docking : Concepts Demand Choice", *Material Handling Engineering*, 53(7) July(1998) :44-49.
- [13] Wurz, Al, "Cross Docking is Workable Today!", *Automatic I.D. News*, 10(5) May(1994) :56-57.
- [14] Yu, Wooyeon, "Operational Strategies for Cross Docking Systems", Iowa State University, Ph.D Dissertation,(2002).
- [15] Yu, Wooyeon, "Scheduling Problem of Receiving and Shipping Trucks for Cross Docking Systems", *안전경영과학회지*, 4(3), (2002) :79-93.

- [16] Yu, Wooyeon, "Mathematical Model for Cross Docking Systems without Temporary Storage", 안전경영과학회지, 5(3), (2003) :165-177.
- [17] 대한상공회의소, "2004년도 기업 물류비 실태조사 보고서", (2006).
- [18] 일본 로지스틱스시스템 협회(JILS), "2004년도 물류코스트 조사 보고서", (2005).

## 저 자 소 개

### 유 우 연



명지대학교 산업공학 학사, Iowa State University에서 석사와 박사학위를 취득하고 현재 명지대학교 산업경영공학과에서 부교수로 재직중임. 관심분야는 물류, SCM 등이다.

주소: 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 공과대학 산업경영공학과

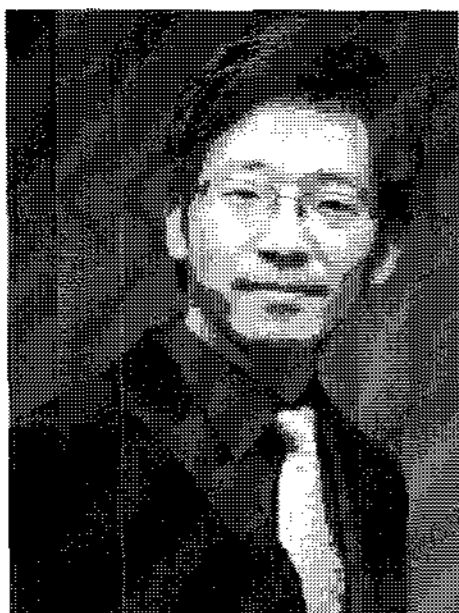
### 박 윤 선



서울대학교 자원공학과 학사, Texas A&M 산업공학과 석사, University of Michigan에서 산업공학과 박사학위를 취득하고 현재 명지대학교 산업경영공학과에서 교수로 재직중임. 관심분야는 Optimization, SCM, Simulation 등이다.

주소: 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 공과대학 산업경영공학과

### 신 정 현



명지대학교 산업공학과에서 학사, 석사를 취득하였고 GS-Retail 이천물류센터에서 물류관리로 재직 후, 현재 LogisALL 그룹 한국로지스플(주)에서 근무중이다. 관심분야는 SCM, Simulation 및 물류센터의 설계 등이다.

주소: 경기도 용인시 처인구 삼가동 풍림아파트 103동 303호