

**재고풀링효과를 고려한 물류네트워크 설계에 관한 연구  
: 소비자 제조업체 사례 중심으로**

**A Study on Logistics Network Design considering Stock Risk Pooling Effect  
: Focused on the Case of CPG Manufacturing Company**

**2017년 6월 2일**

**인천대학교 동북아물류대학원  
김진휘, 백승현\*, 송상화**

# **< 목 차 >**

**1. 서론**

**2. 문헌연구**

**3. 연구문제 및 모델 설명**

**4. 컴퓨터 실험을 통한 모델 분석**

**5. 결론**

**\*. 참고문헌**

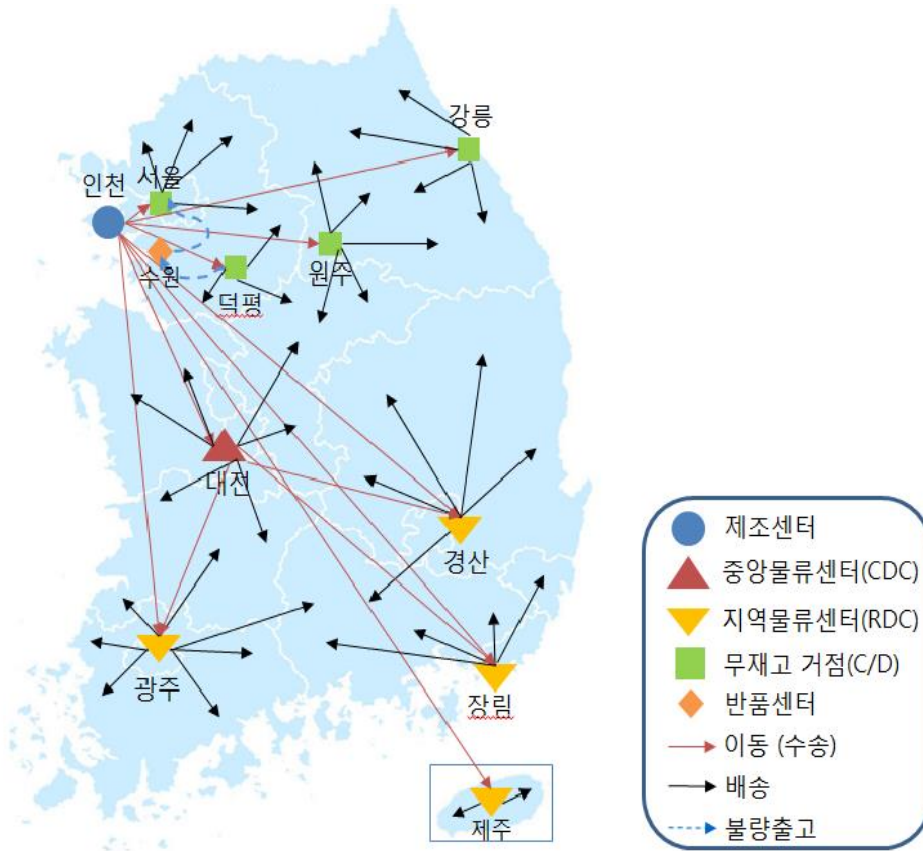
# 1. 서론

본 연구는 최근 물동량과 재고량이 증가하고 있는 소비재 제조업체 A사의 물류 비용을 최소화하는 물류센터 입지를 선정하는 것을 목적으로 진행함

## 소비재 제조업체 A사의 상황

### 소비재 제조업체 A사의 물류 현황

- 물류 기능이 제조공장 내부의 공간을 활용하여 이루어지는 Mill-Hub 전략을 사용하고 있음
- 수도권 및 일부 남부권 거래처로 출고되는 직송서비스를 제공하고 있음
- 대부분의 남부권 거래처 배송을 위해 한 곳의 CDC, 다수의 RDC와 무재고 거점을 3자 물류기업을 통해 운영하고 있음
- 총 운송량 중 제조공장에서 직송으로 출고되는 비율이 약 71.1%, CDC 및 RDC를 거쳐 배송되는 비율이 약 28.9%
- 직송의 약 79%가 수도권에서 이루어지고 있음



<소비재 제조업체 A사의 물류 네트워크 구조>

## 2. 문헌연구

물류센터 입지 선정 및 네트워크 설계에 관한 연구는 다양한 변수를 고려한 수리모델을 통해 접근함

### 관련 선행연구

연구 분야	연구자 (연도)	목적식	요약
물류 네트워크 설계	정석재 & 한재현 (2013)	총비용 최소화 (수/배송 비용)	자동차 기업 A사의 A/S 부품 공급 네트워크를 재구축하여 물류비용을 최소화하고자 함
	정기호 (2014)	총비용 최소화 제품충족율 최대화	원자재 공급업체-제조공장-배송센터로 구성된 공급 네트워크를 비용과 서비스 수준을 동시에 고려하여 최적화된 설계를 하고자 함
	정기호 (2015)	총비용 최소화 (운송비, 재고보유비)	원자재 공급업체-제조공장-배송센터-소매업체-최종소비자로 이루어지는 공급사를 구조에서 총 비용을 최소화하는 목적함수를 구성하여 연구를 진행함
물류센터 입지 선정	박인규, 강성우 & 강경식 (2015)	총비용 최소화 (센터임대비, 인건비, 재고비, 운송비)	자동차 After Market 부품 조달 업체의 사례를 중심으로 통합 물류센터 운영을 통한 재고비용의 절감 및 총 물류비의 변화를 알아보하고자 함
	장석화 (2007)	총비용 최소화 (센터운영비, 수송비, 재고비용)	물류센터와 대리점으로 구성된 공급사에서 센터 운영 고정비, 수송비, 재고비용을 합한 총비용을 최소화하는 최적 물류센터 위치를 선정하고자 함
	김태영, 황승준 & 정용운 (2015)	총 운송거리 최소화	1차 지선운송-간선운송-2차 지선운송으로 이루어지는 point-to-point 물류 네트워크에서 총 운송거리를 최소화하는 물류센터의 최적 입지를 도출하고자 함
	심승배, 장지훈, 정호상 & 정봉주 (2013)	총비용 최소화 (수송비, 재고유지비, 안전재고미달페널티비용)	비축재고를 고려하는 동시에 군수품의 재고수준을 평시에는 최소 수준으로 유지하는 것을 목표로 하여 통합 물류센터의 최적 위치와 개수를 알아보하고자 함

## 2. 문헌연구 (계속)

재고비용을 고려한 연구의 경우, 주로 재고량, 재고비, 안전재고수준, 안전재고비용 등 위주로 재고비를 고려하였으며 본 연구에서는 수요의 변동성을 고려하여 물류비용 측면에서 최적화된 물류센터 입지를 선정하고 함

### 관련 선행연구

연구 분야	연구자 (연도)	목적식	요약
재고풀링효과 (Stock Risk Pooling)	D. H. Maister (1976)	총비용 최소화 (재고비, 운송비, 시설운영비)	재고를 소수 또는 한 곳의 보관공간에서 통합하여 운영할 때 수요의 변동성이 줄어들어 발생하는 효과를 Wilson Lot Size Formula에 근거한 수식을 통해 Square Root Law라는 재고통합모형의 효과를 증명하고자 함
	안영효, 오승철 & 박구웅 (2013)	총비용 최소화 (센터운영비, 재고비, 운송비)	재고풀링효과를 고려하여 Hub의 유무와 개수, 위치 등의 변화를 고려한 시나리오별 분석을 통해 최적의 공급 네트워크를 도출하고자 함
	정재현 (2012)	총비용 최소화 (재고비, 품질비용)	재고통합전략과 환적전략, 두 가지의 재고풀링효과를 동시에 정책 변수로 고려하여 최적의 재고정책을 도출하고자 함

### 3. 연구 문제 및 연구 모형

본 연구에서는 1) 재고풀링효과를 고려했을 때 물류 센터를 설립하는 것, 2) 재고풀링효과를 고려하지 않았을 때 물류 센터를 설립하는 것, 그리고 그 결과를 비교하는 것을 연구문제로 설계함

#### 파라미터 및 의사결정변수

##### 인덱스

$I$  : 물류센터의 집합  
 $J$  : 수요 발생지의 집합  
 $S$  : 시나리오의 집합

##### 의사결정변수

$y_i$  : 물류센터  $i$ 의 설립 여부 (1: 설립함, 0: 설립하지 않음)  
 $x_{ij}^D$  : 물류센터  $i$ 에서 수요지  $j$ 로의 운송 여부  
 (1: 운송함, 0: 운송하지 않음)

##### 파라미터

$WEI_{ij}$  : 물류센터  $i$ 에서 수요지  $j$ 로 운송되는 물량 (ton)  
 $DIS_{ij}$  : 물류센터  $i$ 에서 수요지  $j$ 까지의 운송 거리 (km)  
 $INV_i$  : 물류센터  $i$ 의 재고량 (EA)  
 $TCOS$  : 운송량 (ton \* km)당 운송 비용  
 $ICOS$  : 단위당 재고유지비용  
 $DCOS$  : 물류센터당 설립 비용  
 $DEM_i$  : 수요지  $j$ 에서 발생하는 물량  
 $CINV_i$  : 물류센터  $i$ 에서 보관할 수 있는 재고량  
 $D$  : 설립 가능한 최대 공급센터의 수

### 3. 연구 문제 및 연구 모형 (계속)

본 연구에서는 총비용 최소화를 목적식으로 하여 다음과 같은 수리모형을 구성함

재고풀링효과를 고려하지 않은 물류센터 입지 선정을 위한 수리 모델 (Model 1)

$$\begin{aligned} \text{Minimize } & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} \cdot D_{ij} \cdot x_{ij} \cdot TC_{ij} && \text{운송비용} \\ & + \sum_{i \in I} I_i \cdot y_i \cdot IC_i && \text{재고유지비용} \\ & + \sum_{i \in I} y_i \cdot DC_i && \text{센터 설립비용} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} = \sum_{j \in J} DE_j \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} \leq \sum_{j \in J} y_i \cdot CI_i \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \geq 1 \quad (5)$$

### 3. 연구 문제 및 연구 모형 (계속)

본 연구에서는 총비용 최소화를 목적식으로 하여 다음과 같은 수리모형을 구성함

재고풀링효과를 고려한 물류센터 입지 선정을 위한 수리 모델 (Model 2)

$$\begin{aligned} \text{Minimize } & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} \cdot D_{ij} \cdot x_{ij} \cdot TC_{ij} \\ & + \left( \sum_{i \in I} I_i \cdot y_i \cdot IC_i \right) \cdot \sqrt{\sum_{i \in I} y_i} \\ & + \sum_{i \in I} y_i \cdot DC_i \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} = \sum_{j \in J} DE_j \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} W_{ij} \leq \sum_{j \in J} y_i \cdot CI_i \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \geq 1 \quad (5)$$

# 4.1 시나리오 및 가정사항

본 연구는 소비재 제조업체 A사의 실제 데이터와 실제 데이터를 통해 도출한 시나리오를 바탕으로 Xpress-MP 7.8을 사용하여 실험을 진행함

물류센터 후보지 선정

무게중심 최적 위치	기존 실제거리 * 운송량	최적화 후 실제거리 * 운송량	차이
경기도 용인시	1,381,258,918	1,122,058,319	259,200,599 (-18.8%)
경기도 의왕시	435,102,453	318,490,977	116,611,476 (-26.8%)
대구광역시 달서구	960,306,306	327,294,576	633,011,731 (-65.9%)
현재 운영중인 물류센터			
제조공장 및 물류센터		인천광역시 중구	
3자 물류전문업체 물류센터		충청남도 계룡시	
가정 사항	1. 각 물류센터의 재고보관능력은 무한한 것으로 가정한다. 2. 물류센터 설립·운영 비용은 평당 5만원, 각 물류센터의 크기는 1,000평으로 각 5,000만원의 비용이 발생한다. 3. 운송은 순회 배송이 직접 배송으로 가정한다. 4. 각 물류센터에서 담당하는 재고량은 각 물류센터에서 담당하는 물동량에 비례한다. 5. 수요지에서 직선거리가 가까운 물류센터에서 해당 물동량을 처리한다.		

실험 시나리오

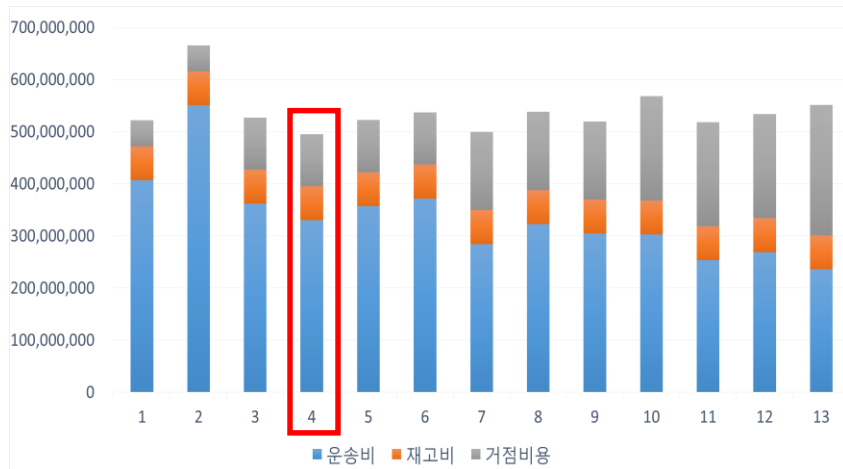
시나리오	물류센터 개수	물류센터 후보지 위치
1	1곳	용인
2		대전
3	2곳	용인, 대전
4		용인, 대구
5		의왕, 대전
6		인천, 대전
7	3곳	인천, 용인, 대구
8		의왕, 용인, 대전
9		인천, 대전, 대구
10	4곳	인천, 의왕, 용인, 대전
11		의왕, 용인, 대전, 대구
12		인천, 의왕, 대전, 대구
13	5곳	인천, 의왕, 용인, 대전, 대구

## 4.2 컴퓨터 실험을 통한 분석 결과

재고풀링효과를 고려하지 않았을 경우에는 시나리오 4가 최소 비용을 나타낸 반면, 재고풀링효과를 고려한 경우에는 재고일수가 60일일 때 시나리오 1이 최소 비용을 나타내는 것으로 분석됨

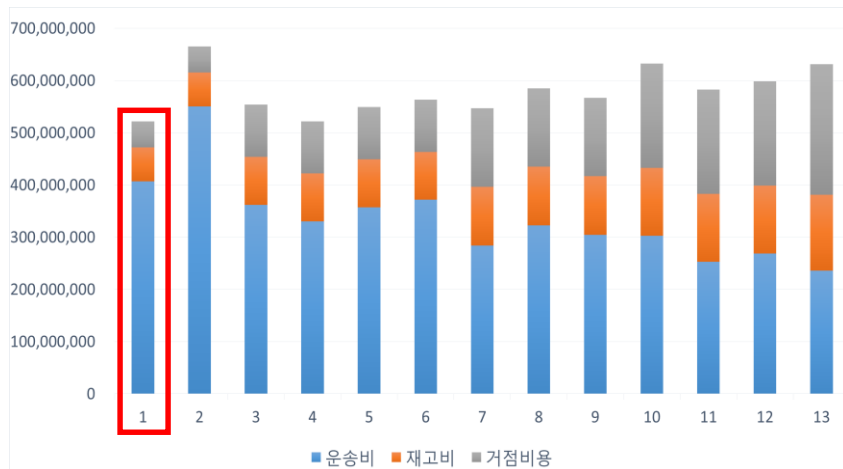
총 물류비용 분석 결과

재고풀링효과  
고려 X



시나리오	총 물류비용			
	재고일수 15일	재고일수 30일	재고일수 45일	재고일수 60일
1	473,065,560	489,301,276	505,536,993	521,772,709
4	446,377,349	462,613,066	478,848,782	495,084,499
13	502,097,172	518,332,888	534,568,605	550,804,321

재고풀링효과  
고려



시나리오	총 물류비용			
	재고일수 15일	재고일수 30일	재고일수 45일	재고일수 60일
1	473,065,560	489,301,276	505,536,993	521,772,709
4	453,102,403	476,063,174	499,023,944	521,984,714
13	522,165,621	558,469,787	594,773,952	631,078,118

## 5. 결론

본 연구는 소비재 제조업체의 공급 네트워크 설계를 위해 수리 모형을 설계하였으며, 연구 결과 및 한계점은 다음과 같음

### 연구결과 요약 및 시사점

<p><b>소비재 공급 네트워크</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소비자의 다양한 니즈로 인해 제품의 수가 증가하고 제품 운송에 대한 니즈 또한 증가하고 있음</li> <li>- 소비재의 경우 제품수명주기가 길어 효율적인 공급 네트워크 설계가 요구됨</li> <li>- 이에 따라 본 연구에서는 수요의 변동성을 고려한 공급 네트워크와 그렇지 않은 공급 네트워크를 분석하여 그 결과를 비교 분석하고자 함</li> </ul>
<p><b>연구결과 요약</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분석 결과, 재고풀링효과를 고려했을 때 운송비의 절감 효과보다 추가적인 재고비 증가로 인해 오히려 물류센터를 적게 운영하는 방안 (시나리오 1)이 최적화된 방안인 것으로 분석됨</li> <li>- 물류센터를 비교적 많이 운영하는 경우에 발생하는 수요의 변동성도 입지 선정 시 중요하게 고려되어야 할 변수라는 것을 확인함</li> <li>- 특히 물류기능을 하는 시설이 많이 필요한 일정 규모 이상의 기업이거나, 재고를 보수적으로 운영해야 하는 기업의 경우, 입지 선정 시 재고풀링효과를 고려하는 것이 적절하다고 판단함</li> </ul>

### 한계점 및 향후 연구 방향

<p><b>재고비용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구에서는 재고량에 따른 단순 재고유지비용만을 고려하였음</li> <li>- 재고 구입비용, 안전재고 수준, 안전재고수준 미달 패널티 비용 등 다양한 재고 관련 변수를 고려한 연구도 필요할 것으로 판단됨</li> </ul>
<p><b>서비스 수준</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구에서 물류센터 개수의 증가에 따른 서비스 수준 (리드타임)을 고려하지 않음</li> <li>- 서비스 수준이 민감하게 작용하는 산업과 그렇지 않은 산업 모두를 고려하기 위해서는 리드타임이 제약 사항으로 고려된 연구도 필요할 것으로 판단됨</li> </ul>
<p><b>다양한 품목</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구에서 Square Root Law를 적용하여 다양한 품목을 고려하지 않음</li> <li>- 소비자의 니즈에 따라 지속적으로 증가하는 SKU를 고려한 연구를 통해 좀 더 현실적인 접근이 필요할 것으로 판단됨</li> </ul>

## \*. 참고문헌

- Maister, D. H. (1976). Centralisation of inventories and the "Square Root Law" . International Journal of Physical Distribution, 6(3), 124-134.
- 김태영, 황승준, & 정용운 (2015). 물류 서비스 산업에서 Point to Point 물류 네트워크 방식을 위한 공급망 설계 연구. 대한경영학회지, 28, 735-747.
- 박인규, 강성우, & 강경식 (2015). 물류 센터 통합 및 재고 감축이 물류비용에 미치는 영향. 대한안전경영과학회지, 17(1), 265-270.
- 심승배, 장지훈, 정호상, & 정봉주 (2013). 군 통합 물류센터의 최적 위치 결정. 대한산업공학회지, 39(6), 587-598.
- 안영효, 오승철, & 박구용 (2013). 물류네트워크 재설계 및 재고 풀링 효과에 의한 타당성 분석. 물류학회지, 23, 5-29.
- 유우연, 양재경, 정훈, & 나동길 (2008). 물류센터 분산재고 관리 방안 연구. 2008 년 대한산업공학회 춘계학술대회 논문집, 951-958.
- 장석화 (2007). 물류시스템에서 수송크기와 물류센터의 위치. 산업경영시스템학회지, 30, 12-19.
- 정기호 (2014). 비용과 리드타임을 고려한 3 단계 공급사슬 네트워크 최적 설계에 관한 연구. 한국 SCM 학회지, 14(1), 103-111.
- 정기호 (2015). 재고를 고려한 다기간 공급사슬 네트워크 설계 모형. Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, 15(2), 91-99.
- 정재현 (2012). 재고풀링효과의 시뮬레이션 연구. 산업경영시스템학회지, 35, 211-218.
- 정석재, & 한재현 (2013). 네트워크 재구축을 통한 물류 프로세스 개선 사례 연구. 로지스틱스연구, 21(2), 17-30.
- 통계로 본 온라인쇼핑 20년, 통계청 (2016. 06. 16)
- 한국의 소비재 교역의 문제점과 과제, 한국경제주평 703권 0호, 현대경제연구원 (2016)
- Accelerating the Growth of E-Commerce in FMCG, Kantar WorldPanel (2015)

***End of Presentation***