고객 주문의 불확실성에 따른 선적 통합 정책

강경훈, 김기홍, 이철웅
(고려대학교)

Abstract

주문을 통합하여 배송을 처리하는 선적통합 정책은 경제적 비용용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 온실가스 배출을 저감시킬 수 있는 대표적인 물류전략으로 주목받고 있다. 기존의 연구에서는 선적통합 기간동안 모든 고객은 기꺼이 기다리고, 모든 주문은 충족된다고 가정하였다. 그러나 현실에서는 선적통합으로 야기되는 배송시간의 증가와 불확실성으로 고객의 주문이 취소되는 등의 주문 불확실성이 존재하게 된다. 따라서 고객 주문의 불확실성, 즉 취소는 최적의 선적통합 정책을 결정하는데 고려되어야 인자이다. 본 연구에서는 고객의 주문 불확실성을 고려하여 정량 기반과 정시 기반의 선적통합 정책 관련 수학적 모델을 각각 개발하였고, 최적해의 특성을 이용한 효율적인 알고리즘을 제시하였다. 그리고 주문과 선적을 위한 최적의 파라미터를 산출할 수 있도록 지원하고 있다.

Introduction

- 선적통합(Shipment Consolidation)은 두개 이상의 주문을 결합하여, 동일한 배송수단에 더 많은 물량의 화물을 적재하여 수송비용 등을 절감하려는 배송전략임

- 최적의 선적통합을 위해선 재고보충과 배송계획에 대한 종합적 고려가 필요함

- 선적통합은 배송비용을 절감시킨 동시에, 고객의 대기시간의 증가를 야기하며, 이러한 Trade-off가 선적통합에 관한 의사결정에 고려되어야 함

- 고객 대기시간의 증가에 따라 발생하는 주문 불확실성의 대표적인 사례가 '주문취소'이며, 기존연구는 주문취소를 고려하지 않았음

- 본 연구를 통해 주문 불확실성을 고려하여 정량기반과 정시기반의 선적통합에 대한 최적해를 구하고자 함

Qunatity-based vs. Time-based

- 물류 서비스에서 대표적으로 활용되는 2가지의 선적통합 기준이 존재 (Cetinkaya et al. 2006)

  ✓ **Quantity-based** : 미리 정의된 경제적 선적량에 도달할 때까지 접수된 주문을 누적시키고 기다림

  ✓ **Time-based** : 미리 정의된 주기별로 그때까지 누적된 주문을 선적함

- 본 연구에서는 Quantity-based와 Time-based 각각에 대해 수학적 모형을 제시하고, 최적해 도출 알고리즘을 제안함

수리적 모형

가 정

- 단일 Item을 취급하는 단일 공급업자의 재고 시스템
- 제품 수요는 수요도착율이 λ인 포와송 분포
- 주문취소는 주문량에 정율 비례함
- Vendor가 고객에게 배송하는 거리는 무시할만큼 작아, 배송 Leadtime은 0
- 외부 공급업체가 Vendor에게 배송하는 Leadtime은 0

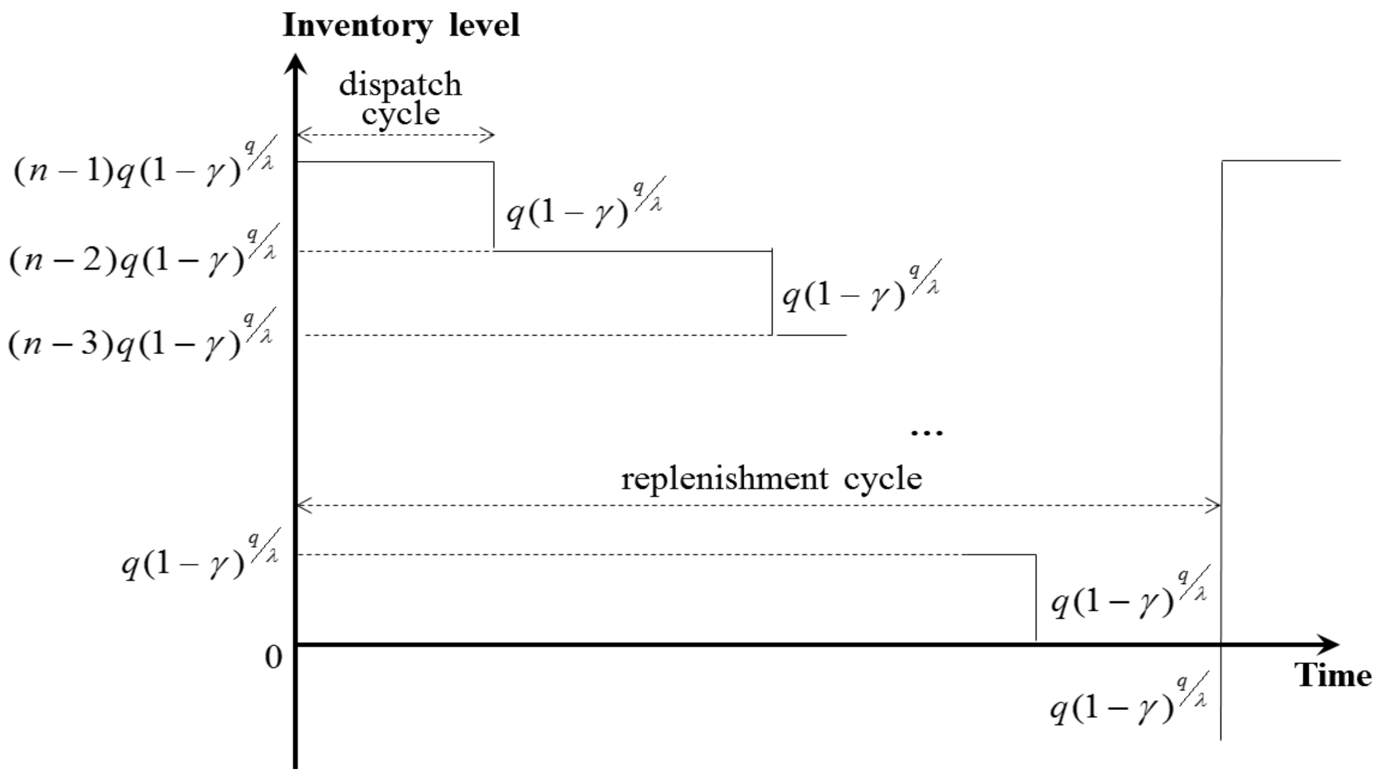
Quantity-based Policy

Notation

- F_R : 재고보충 시의 고정 비용
- C_R : 단위 재고 보충 비용
- F_D : 고객에게 제품을 발송하는 데 소요되는 고정 비용
- C_D : 단위 제품당 선적 비용
- h : 단위 시간 단위 제품당 재고유지 비용
- λ : 단위 시간당 수요 도착율(포와송 분포)
- O_c : 단위 제품 당 주문 취소 비용
- γ : 단위 시간당 주문취소 발생율 ($0 < \gamma < 1$)
- q : 주문 통합량 (dispatch quantity, integer, 결정변수, $1 \le q$)
- n : 재고 보충 기간 동안의 선적 횟수(integer, 결정변수, $1 \le n$)
- Q : 재고 보충량 ($Q = nq$)

Quantity-based Policy

Inventory Level



Quantity-based Policy

수학적 모델

- Long-run average cost = 보충주기 內 평균 총비용 / 평균 재고보충 주기

= (주문취소비용+재고보충비용+배송비용+재고유지비용) / 재고보충 주기

$$TC(n,q) = \frac{\left[F_R + C_R \cdot nq(1-\gamma)^{q/\lambda}\right] + n\left[F_D + C_D \cdot q(1-\gamma)^{q/\lambda}\right] + \dfrac{h \cdot n(n-1) \cdot q^2 (1-\gamma)^{q/\lambda}}{2\lambda} + n \cdot O_c \cdot q\left[1-(1-\gamma)^{q/\lambda}\right]}{nq/\lambda}$$

$$= \frac{F_R\lambda}{nq} + C_R\lambda(1-\gamma)^{q/\lambda} + \frac{F_D\lambda}{q} + C_D\lambda(1-\gamma)^{q/\lambda} + \frac{h(n-1)q(1-\gamma)^{q/\lambda}}{2} + O_c \cdot \lambda \cdot \left[1-(1-\gamma)^{q/\lambda}\right]$$

Time-based Policy

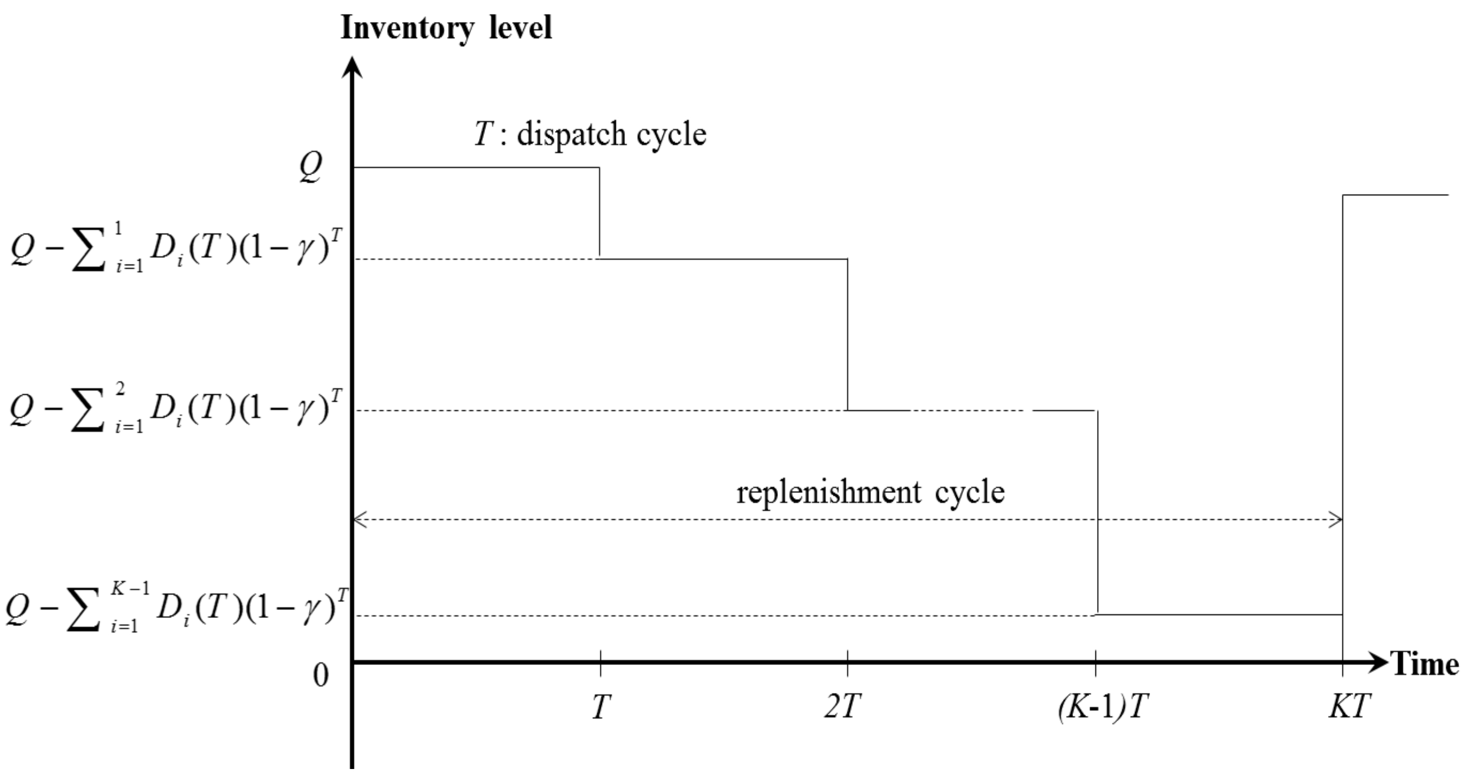
Notation

- F_R : 재고보충 시의 고정 비용
- C_R : 단위 재고 보충 비용
- F_D : 고객에게 제품을 발송하는 데 소요되는 고정 비용
- C_D : 단위 제품당 선적 비용
- h : 단위 시간 단위 제품당 재고유지 비용
- λ : 단위 시간당 수요 도착율(포와송 분포)
- O_c : 단위 제품 당 주문 취소 비용
- γ : 단위 시간당 주문취소 발생율 ($0<\gamma<1$)
- T : 배송 주기 (결정 변수)
- $D_i(T)$: 배송 주기 동안에 발생하는 고객 수요
- K : 재고보충 주기 내에 발생하는 발송 횟수 $K=\inf\left\{k:\sum_{i=1}^{k}D_i(T)(1-\gamma)^T>Q\right\}$
- Q : 재고보충량 (integer, 결정변수)

KOREA UNIVERSITY

Time-based Policy

Inventory Level



Time-based Policy

수학적 모델

- Long-run average cost = 보충 주기 內 평균 총비용 / 평균 재고보충 주기

  = (주문취소비용+재고보충비용+배송비용+재고유지비용) / 재고보충 주기

$$TC(Q,T) = \frac{F_R \lambda (1-\gamma)^T}{Q+1} + C_R \lambda (1-\gamma)^T + \frac{F_D}{T} + C_D \lambda (1-\gamma)^T$$
$$+h \times \left\{ \frac{Q-1+\lambda T (1-\gamma)^T}{2} \right\} + O_c \lambda \left[1-(1-\gamma)^T \right]$$

KOREA UNIVERSITY

EOD