

# 채찍효과

👤 생성자	👤 재환 김
🏷️ 태그	경영학

채찍 효과(Bullwhip Effect)는 공급망에서 고객의 작은 수요 변화가 공급망 상류로 갈수록 점차 증폭되는 현상입니다. 이는 수요 변동이 원자재 공급 단계까지 확대됨에 따라 공급망의 전반적인 효율성이 저하되는 문제로 이어집니다. 이 현상은 정보의 왜곡, 과잉 재고, 비효율적 생산과 물류 비용 증가 등 공급망 관리에서 중요한 문제로 인식되고 있습니다.

## 1. 채찍 효과의 배경

채찍 효과의 개념은 1960년대 프록터 앤드 갬블(P&G)사가 기저귀 제품의 판매를 분석하던 중, 소비자의 수요 변동과 상류 공급업체의 주문량이 일치하지 않으며 상류로 갈수록 주문 변동성이 커진다는 사실을 발견하면서 시작되었습니다. 이를 통해 소비자 수요가 일정해도 공급망의 구조와 정보 전달 방식에 따라 상류로 갈수록 수요 변동이 증폭될 수 있다는 것이 확인되었습니다.

## 2. 채찍 효과의 이론적 개념

채찍 효과는 공급망의 **비선형적 반응**과 **정보 전달의 왜곡**으로 인해 발생합니다. 이는 소비자 수요의 작은 변화가 각 단계별 수요 예측, 안전 재고 확보, 주문 정책 등에 따라 상류로 갈수록 점차 확대되면서 원자재 공급업체에 이르러 매우 큰 변동성을 가지게 됩니다.

### 주요 원인

- **수요 예측 오차**: 각 단계가 독립적으로 수요를 예측하며, 이로 인해 예측 오차가 누적되어 변동성이 증가합니다.
- **주문 배치(Batch Ordering)**: 비용 절감을 위해 일정 기간 동안의 수요를 모아 한 번에 대량으로 주문할 때 변동이 발생합니다.
- **가격 변동**: 할인 프로모션이나 가격 변동이 있으면 재고를 많이 쌓아 두려는 경향이 생깁니다.
- **리드 타임(Lead Time)**: 단계별 리드 타임이 길어질수록 미래 수요 예측의 불확실성이 커져 주문량을 과도하게 조정하는 경향이 있습니다.

## 3. 채찍 효과의 수학적 모델링

채찍 효과는 수학적 모델링을 통해 주문 변동성이 공급망 단계별로 증가하는 현상을 설명할 수 있습니다. 여기서는 대표적인 **\*\*베이스 스톡 모델(Base Stock Model)\*\***을 사용하여

각 단계의 주문량을 계산하는 방식을 살펴보겠습니다.

## 베이스 스톡 모델

베이스 스톡 모델은 각 공급망 단계가 일정한 재고 수준을 유지하도록 하는 주문 정책을 나타냅니다. 이 모델에서 주문량은 현재 재고 수준과 목표 재고 수준의 차이에 의해 결정됩니다. 수요  $D_t$ 에 대해 각 단계의 주문량  $O_t$ 는 다음과 같이 정의할 수 있습니다.

$$O_t = D_t + \alpha \cdot (S_t - I_t)$$

여기서,

- $O_t$ : t 시점의 주문량
- $D_t$ : t 시점의 수요
- $\alpha$ : 주문 반응 계수, 주문 정책의 민감도를 나타냄
- $S_t$ : 목표 재고 수준
- $I_t$ : 현재 재고 수준

이 식은 각 단계가 수요 변화와 목표 재고 수준에 대한 차이를 고려하여 주문량을 조정하는 방식으로 작동합니다. 이때 주문 반응 계수  $\alpha$ 가 클수록 수요 변화에 민감하게 반응하게 되며, 결과적으로 상류로 전달되는 주문 변동이 증폭될 수 있습니다.

## 채찍 효과 계수

채찍 효과의 크기를 수치적으로 표현하기 위해 채찍 효과 계수(Bullwhip Effect Ratio)라는 개념을 사용할 수 있습니다. 채찍 효과 계수는 각 단계의 주문 변동성과 소비자 수요 변동성의 비율로 정의됩니다.

$$\text{Bullwhip Effect Ratio} = \frac{\text{Variance of Orders}}{\text{Variance of Demand}}$$

이 계수가 1보다 크면 공급망 단계에서 주문 변동성이 수요 변동성보다 크다는 것을 의미하며, 이는 채찍 효과가 발생하고 있음을 나타냅니다.

## 4. 채찍 효과의 구체적 사례

### 사례 1: 대형 마트의 할인 행사

대형 마트가 특정 상품에 대해 대규모 할인 행사를 할 경우, 소매점들은 고객 수요가 증가할 것이라고 예상하고 해당 상품의 대량 주문을 요청합니다. 이 주문량 증가는 도매업체, 제조업체, 그리고 원자재 공급업체로 전달되며 상류로 갈수록 주문량의 증가폭이 커집니다. 하지만 할인 행사가 끝나고 소비자 수요가 정상화되면 과잉 재고가 발생하여 공급망 전체의 비효율성을 초래합니다.

## 사례 2: 전자 상거래의 시즌별 판매

전자 상거래 플랫폼에서 블랙 프라이데이나 연말연시와 같은 특정 시기에 수요가 폭증하는 경향이 있습니다. 이로 인해 물류 업체와 제조 업체는 증가된 수요에 맞추기 위해 추가 주문을 요청하고, 생산 일정을 조정합니다. 이후 수요가 감소할 때는 과잉 생산으로 인해 비효율성이 발생하며, 일부 제품의 재고는 다음 해까지 유지되기도 합니다.

## 사례 3: 팬데믹 상황에서의 마스크 수요

COVID-19 팬데믹 초기에 마스크 수요가 급증하자 소매업체는 마스크 부족을 대비해 대량 주문을 진행하였습니다. 도매업체와 제조업체도 마찬가지로 수요를 과대 평가하여 생산량을 대폭 늘렸고, 상류로 갈수록 주문량이 과장되었습니다. 이후 수요가 안정화되면서 과잉 재고가 발생하였고, 이는 결국 많은 재고를 할인 판매하는 상황으로 이어졌습니다.

## 5. 채찍 효과가 초래하는 문제와 영향

채찍 효과는 공급망 전체에 걸쳐 다양한 문제를 일으킵니다.

### (1) 재고 관리 비용 증가

수요 변동성이 커지면 각 단계에서 재고를 충분히 확보하려는 경향이 생깁니다. 이는 재고 관리 비용 증가로 이어지며, 불필요한 재고로 인해 자금이 묶이는 비효율성을 초래합니다.

### (2) 생산 계획의 불안정성

채찍 효과로 인해 제조업체는 급격한 주문 증가에 대응하기 위해 추가 인력을 배치하거나 설비를 확장하는 등 생산 계획을 유연하게 조정해야 합니다. 그러나 수요가 다시 감소할 때는 생산량을 줄여야 하므로, 생산 계획이 안정적이지 못하고 비용이 많이 소요됩니다.

### (3) 물류와 유통의 비효율성

수요 변동성에 따라 물류와 유통 시스템이 과부하 상태에 빠질 수 있습니다. 주문량이 갑자기 증가하면 배송 시간, 창고 공간 부족, 인력 부족 등이 발생하여 물류 운영의 효율성을 떨어뜨립니다.

### (4) 서비스 수준 저하

채찍 효과로 인해 발생한 재고 부족 또는 과잉 재고는 고객 서비스에 부정적인 영향을 미칩니다. 재고 부족으로 인한 품절 현상은 고객 만족도를 저하시킬 수 있으며, 이는 기업의 브랜드 이미지에도 악영향을 줄 수 있습니다.

## 6. 채찍 효과를 완화하는 방법

채찍 효과를 완화하기 위해 공급망에서는 다음과 같은 방법을 사용할 수 있습니다.

## **(1) 실시간 정보 공유**

공급망의 모든 단계가 수요 데이터를 실시간으로 공유하면, 각 단계가 동일한 정보를 기반으로 수요 예측을 수행할 수 있습니다. 이를 통해 수요 변동에 대한 과도한 반응을 줄일 수 있습니다.

## **(2) 주문 정책의 개선**

주문 배치와 같은 정책을 조정하여 주문 변동성을 줄이는 것이 중요합니다. 이를 위해 각 단계는 소량의 주문을 자주 발주하거나 자동 발주 시스템을 도입해 수요 변화에 유연하게 대응할 수 있습니다.

## **(3) 가격 안정화**

가격 변동과 프로모션을 최소화하여 예측 가능한 수요를 유지하는 것이 중요합니다. 프로모션의 경우, 소비자가 사전에 인지할 수 있도록 정기적으로 실시하거나, 수요 예측에 맞춰 계획적으로 진행해야 합니다.

## **(4) 협력적 수요 예측**

공급망 내 각 단계가 협력하여 전체 수요를 일관되게 예측하는 방법입니다. 이 과정에서 공동의 수요 예측과 분석을 실시하여, 수요 변동을 체계적으로 관리할 수 있습니다.

## **(5) 리드 타임 단축**

공급망 단계 간 리드 타임을 줄이면 각 단계의 예측 오차가 줄어들고, 실시간 수요에 맞춰 빠르게 대응할 수 있습니다. 이를 통해 각 단계에서 재고 수준을 낮게 유지하면서도 신속한 공급을 가능하게 할 수 있습니다.