

TRIZ Analysis to Bullwhip Effect and a Survey on Studies

Chang-Yong Song[†]

Department of Industrial Engineering, Halla University

채찍효과에 대한 트리즈 분석과 연구현황 고찰

송 창 용[†]

한라대학교 산업경영공학과

Recently, corporate environment is faced with uncertainty that did not suffer in the past. In addition, as the supply chain was expanded and lengthened, the flow of information and material was complicated. Increase in complexity which amplifies the variability of the individual steps in supply chains further adds to the uncertainty. The bullwhip effect that refers the phenomenon where order variability increases as the orders move upstream in the supply chain became serious. The bullwhip effect is more and more important especially for the enterprise in the supply chain. So, there are many studies now since it was observed about 100 years ago. The aim of this paper is to analyze how to solve the bullwhip effect by using TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach). TRIZ is one of the most famous tools for creative solving that applied in many fields ranging from management as well as engineering. Among problems, the dilemma needs creative solutions that require handling the contradictions inherent in that. Among various kinds of problem solving techniques, TRIZ provides the concept of physical contradiction as a common problem solving principle. This study provides a simple process of solving problem explains a case of solving problem in the management field and shows the availability of theory in the inventory control. In accordance with the proposed solving process, the paper analyzes the bullwhip effect by applying the TRIZ tools and then identifies the solution directions. Next, the current studies are classified by the above analysis and important managerial concepts are proposed. Lastly, directions for future research on this area are suggested.

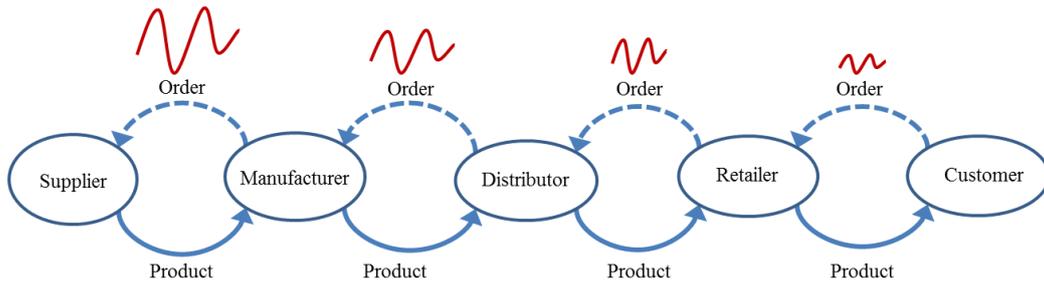
Keywords : TRIZ, Bullwhip Effect, Supply Chain, Inventory

1. 서 론

최근 기업 환경은 이전에 겪지 못한 불확실성시대에 진입했다. 제품 수명 단축, 고객 리드타임(Lead Time) 단축, 제품의 다양성 및 복잡도 증가, 시장의 글로벌화 등 다양한 요소가 복잡하게 얽혀 불확실성은 더욱 가중되었다. 어려운 외부환경은 이제 변수가 아닌 상수가 된 만큼 기업은 끊임없이 혁신을 시도하지만, 점점 더 딜레마에

빠져들고 있다.

기업은 수요와 공급 간의 차이에 대응하기 위해서 재고를 보유한다. 수요와 공급의 불확실성이 커지면 커질수록 기업은 적정량 이상의 재고를 보유하게 된다. 특히 <Figure 1>처럼 공급사슬 상에서 최종 소비자로부터 멀어질수록 수요에 대한 왜곡과 증폭으로 인해 수요의 불확실성은 더욱 커지게 되며 점점 더 많은 재고를 보유하려는 현상이 발생한다. 이 현상이 채찍효과(Bullwhip Effect)이다. 불확실성이 증가하면 주문량이 늘어날 뿐 아니라 공급사슬 상의 각 주체들은 비계획적인 주문을 자주 하게 된다. 이로 인해 원자재 구입 증가, 추가적인 생산능력 보유, 과잉 안전재고, 비효율적인 생산 및 잔업, 과도한 창



<Figure 1> Supply Chain

고 및 추가적인 수송 등을 유발하여 비용 상승 및 과잉재고가 발생하며 기업에게 막대한 손실을 입힌다[18]. 그래서 채찍효과를 해결하기 위한 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

채찍효과에 대한 관심은 거의 100년 전부터 시작되었고, 최근 20년 동안 연구는 괄목할만한 성과를 이루어왔다[24]. 채찍효과에 대한 연구는 채찍효과의 존재 및 측정에 관한 연구, 채찍효과의 원인에 대한 연구, 채찍효과의 영향을 줄이기 위한 연구 등으로 분류할 수 있다[2]. 한편 채찍효과에 영향을 미치는 요소로 수요예측(Forecasting), 공급 리드타임(Shipment Lead Time), 재고관리(Inventory Control), 수요(Demand), 가격정책(Pricing), 결품위험(Shortage Risk), 주문정책(Lot Sizing), 정보공유(Shared Information), 공급사슬구조(Supply Chain Structure), 인적요소(Human Factor) 등으로 구분한다[5].

선행연구의 대부분은 여러 연구 방향 중에 채찍효과의 영향을 줄이기 위해 각 요소들의 변동성을 줄이려는 시도에 집중되어 있다[24]. 그런데 채찍효과는 <Figure 1>과 같이 공급사슬 상에서 각 개별주체의 주문의사결정이 연계되어 있다는 점에서도 큰 영향을 받는다. 공급사슬 내에서 주문 의사결정은 순차적으로 이루어진다. 즉 공급사슬의 하류에서 상류로, 고객에서 소매상으로, 소매상에서 도매상으로, 도매상에서 생산업자로, 생산업자에서 공급업자로 올라가면서 거래가 형성될 때, 판매계획, 생산계획, 구매계획 등의 물류계획이 서로 맞물리면서 수립된다. 이 계획들이 수립되고 실행되는 과정에서 계획의 변경이 너무 빈번하면 공급사슬의 불안정성이 커져서 많은 재고를 사전에 확보하려는 경향으로 나타난다. 이는 공급사슬 내의 의사결정구조가 종속되면 될수록 개별요소의 변동성에 대한 누적효과는 과잉재고의 형태로 점점 더 크게 나타나고 있음을 의미한다[3].

트리즈(TRIZ)는 러시아에서 개발된 문제해결기법으로서 최근 기업 혁신의 흐름이 되어 기술 분야뿐 아니라 경영과 사회 분야에 까지 확대 적용되면서 그 유용성을 넓혀가고 있다[17, 22, 23]. 특히 트리즈는 딜레마처럼 난해한 문제를 창의적으로 해결하는 도구로 알려져 있어

기업뿐 아니라 학교에서 창의성 훈련을 위한 교육도구로 많이 활용하고 있다[8]. 트리즈 도구를 이용하면 새로운 시각으로 문제를 들여다보게 되고 새로운 방향의 해결책과 연구 방향도 모색할 수 있다.

그러므로 본 연구는 트리즈 이론을 활용하여 점점 더 복잡해지는 공급사슬의 오래된 채찍효과에 대해 분석하고, 그 결과에 의거하여 선행연구의 경향과 내용을 분류하며 향후 연구에 대한 방향을 고찰하고자 한다. 이를 위해 제 2장에서는 트리즈에 대한 개념과 문제해결 절차를 설명하고, 제 3장에서는 채찍효과에 대해 트리즈로 분석한다. 제 4장에서는 트리즈 분석의 결과를 토대로 선행연구에 대한 현황을 고찰하고, 제 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대한 제안을 논의한다.

2. 트리즈(TRIZ)

2.1 트리즈란?

트리즈(TRIZ)는 발명문제 해결이론(Teoriya Resheni ya Izobretatelskikh Zadach)을 의미하는 러시아 알파벳의 머리글자를 딴 용어이다. 러시아(구 소련)의 겐리히 알트슐러(Genrich Altshuller) 박사가 특허 4만 건을 분석하여 문제해결의 규칙성을 발견하였고, 이후 동료 및 제자와 함께 세계 200만 건 이상의 특허를 분석하여 40가지 발명원리, 76가지 표준해, 발명문제해결 알고리즘(ARIZ), 물질장, 기술진화법칙 등 구체적이고 실용적인 도구를 제시하였다[11].

트리즈는 특허분석을 통해 정립된 만큼 논리적인 과학에 기반을 두기 때문에 딜레마처럼 난해한 문제에 창의적인 아이디어를 제시하는 강력한 도구이다. 1996년도 한국에 처음 소개되어 기업의 공학문제 해결은 물론 비기술적 분야에도 활발하게 활용되고 있다. 최근 들어 디자인, 경영, 교육 분야에도 적용되어 그 활용폭이 넓어지고 있지만, 본 연구의 주제인 재고관리에 적용한 선행연구는 거의 없다[12].

2.2 문제해결 절차

트리즈는 문제해결이 어려운 이유가 문제 속에 모순이 존재하기 때문이며, 모순 극복 여부에 따라 문제해결 수준이 달라진다는 점을 발견했다. 이 점에 착안하여 모순을 찾고 이를 극복하는 다양한 원리와 절차를 제시하였다.

트리즈는 모순을 2가지 개념으로 분류한다. 시스템의 서로 다른 특성이 충돌하여 어떤 한 특성이 개선되면 다른 한 특성이 악화되는 경우를 기술적 모순이라고 정의한다. 예를 들어, 포털사이트(Portal site)에서 광고를 많이 하면 광고수익은 증가하지만 화면로딩시간이 길어져서 고객만족이 감소한다. 광고수익과 고객만족의 2가지 특성이 서로 충돌하는 문제가 발생한다. 이 상황을 기술적 모순이라고 한다. 여기서 포털사이트가 수익을 증가시키기 위해서 광고를 많이 해야 하고, 고객만족을 높이기 위해서 광고를 적게 해야 한다면, 광고를 많이 하고 적게 해야 하는 양립할 수 없는 상황에 직면하여 선택이 곤란한 딜레마에 빠지게 된다. 이런 관계를 물리적 모순이라고 정의한다.

이러한 딜레마 상황은 반드시 모순이 내재되어 있으며, 이 모순이 문제해결을 어렵게 만든다. 따라서 창의적인 해결 아이디어를 도출하기 위해서는 우선 문제 상황을 명확하게 정의한 다음, 체계적으로 문제해결 과정을 진행하는 것이 중요하다[1]. 본 연구에서는 Song[22]에서 제시한 문제해결 절차를 기초로 유효성이 검증된 모순해결 나비모형[10]를 가미하여 창의적인 아이디어를 도출하는 문제해결과정을 <Figure 2>와 같이 재정리하였다.

첫 단계는 문제 상황을 파악하는 과정으로 시스템의 기능 관점에서 상충관계를 일으키는 유익한 작용과 유해한 작용을 파악한다[7]. 이는 기술적 모순에 해당하는 상황으로 물리적 모순을 파악하기 위한 기초단계이다. 두 번째 단계는 첫 단계에서 파악한 기술적 모순에서 유해한 작용을 해결하기 위한 방안을 찾는 것으로부터 출발하여 어쩔 수 없이 대립상황으로 물리는 시스템의 상황을 나비모양의 다이어그램으로 물리적 모순을 표현한다[10]. 세 번째 단계에서는 두 번째 단계에서 파악한 물리적 모

순을 극복하기 위한 일반적인 해결방향을 도출한다[22]. 네 번째 단계는 세 번째 단계에서 도출한 일반적인 해결방향으로부터 구체적이며 적용 가능한 실행방안을 모색한다. 이때 트리즈의 40가지 발명원리를 적용한다[11].

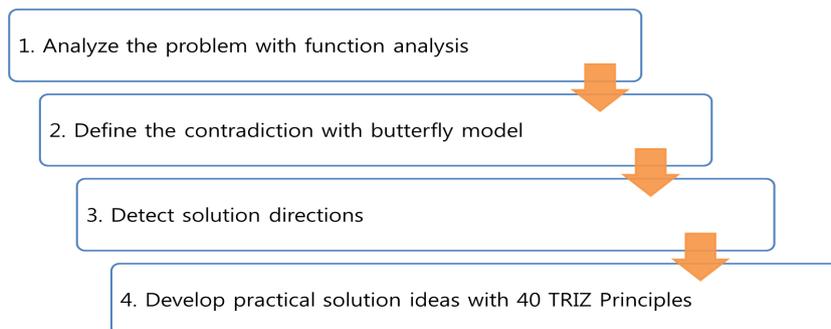
2.3 사례분석

본 절은 제 2.2절에서 제시한 문제해결 절차의 이해를 돕기 위해 간단한 사례[9]를 인용하여 전체 과정을 설명하고자 한다. 다음과 같은 문제상황을 살펴보자.

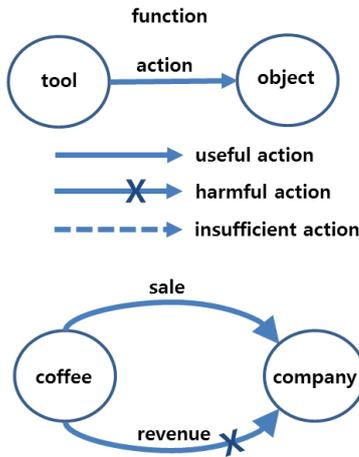
[문제상황] 스타벅스(Starbucks)는 단순한 커피 가게가 아니라 커피문화를 파는 기업이다. 최근 경기침체와 값싼 커피의 등장으로 값비싼 스타벅스 매장의 입지가 좁아졌다. 불황을 극복하고 수익을 창출하려면 가격을 인하하거나 할인쿠폰을 통해 지속적으로 고객을 유지해야 하지만 이는 이윤을 낮추는 결과를 초래하기도 해서 장기적인 마케팅 전략은 아니다. 어떻게 하면 이 문제를 해결할 수 있을까?

2.3.1 1단계 : 기능분석에 의한 문제 상황 파악

첫 단계는 문제 상황을 기능의 관점에서 파악한다. 값싼 커피와 경쟁하여 기존 고객을 유지하려면 가격을 인하해야 하지만 가격인하는 이윤창출에 도움이 안 된다. 즉 매출을 위해서는 가격을 인하해야 하지만 이윤창출을 위해서는 가격을 인하하면 안된다. 이런 상황을 기능의 관점으로 파악하면, 커피는 기업에게 영향을 준다는 점에서 도구(Tool)에 해당하고, 기업은 커피의 영향을 받는다는 점에서 대상(Object)에 해당한다. 또한, 가격인하는 기업의 매출에 좋은 영향을 미치므로 이를 유익한 작용(Useful Action)이라 정의하고, 이윤증대에는 좋지 않은 영향을 유발하기도 하므로 이를 유해한 작용(Harmful Action)이라고 정의한다. 따라서 커피(Tool)는 기업(Object)에게 유익한 작용(u)을 제공하고, 유해한 작용(h)도 수반한다. 이를 그림으로 나타내면 <Figure 3>과 같다[7].



<Figure 2> Problem Solving Process

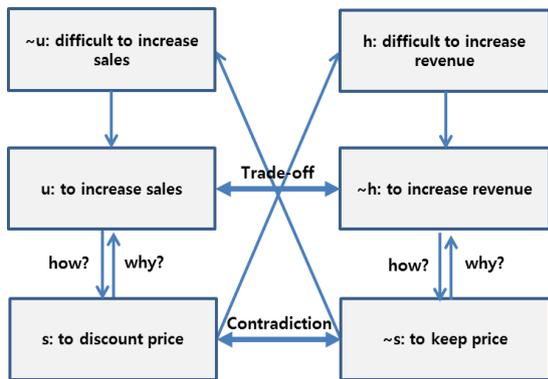


<Figure 3> Function Analysis

2.3.2 2단계 : 나비모형에 의한 모순정의

두 번째 단계는 첫 단계에서 파악한 문제 상황을 나비 다이어그램으로 표현하는 과정이다. 커피의 가격인하는 기업의 매출 증대에 유익한 작용(u)을 수행하지만, 이윤 창출에는 유해한 작용(h)도 유발한다. 가격인하는 매출증대(u)과 이윤창출(~h)을 함께 수행해야 하는 데 이는 상충관계로 기술적 모순을 생성한다.

또한, 유해한 작용을 없애기 위해서는(~h) 가격을 유지해야 한다(~s). 하지만 가격을 인하하지 않는다면(~s) 매출을 올리기가 어렵다(~u). 따라서 판매를 늘리기 위해서는(u) 가격을 인하해야 한다(s). 이 때 가격은 인하해야 하고(s) 하지 말아야 하는(~s) 물리적 모순 관계가 존재한다. 이러한 관계를 다이어그램으로 표현하면 <Figure 4>와 같다.



<Figure 4> Butterfly Diagram

2.3.3 3단계 : 일반적인 해결방향 도출

세 번째 단계는 두 번째 단계에서 분석한 나비 다이어그램으로부터 일반적인 해결방향을 도출하는 과정이다. 물리적 모순을 극복하는 일반적인 해결방향은 <Table 1>과

같이 3가지로 정리할 수 있다. 첫 번째 방향은 ①과 같이 가격을 인하하면서(s) 이윤을 창출하는(~h) 방안이다. 두 번째 방향은 ②와 같이 가격을 유지하면서(~s) 매출을 늘리는(u) 방안이다. 세 번째 방향은 ③과 같이 가격을 인하하면서(s) 하지 않는(~s) 방안이다.

<Table 1> Solution Directions

Direction	State	General Solutions
①	(s & ~h)	to increase revenue with discounting the price
②	(~s & u)	to increase sales with keeping the price
③	(s & ~s)	to reduce and keep the price

2.3.4 4단계 : 실행방안 모색

네 번째 단계는 구체적인 실행방안을 모색하는 과정이다. 3단계에서 탐색한 3가지 일반적인 해결방향에서 실제로 실행 가능한 방안을 모색한다. 이 때 트리즈에서 제안하는 발명원리와 분리원리를 적용한다. 발명원리와 분리원리에 대한 자세한 내용은 참고문헌[11]을 참조하기 바란다.

실제 스타벅스는 ② 방향으로 가격은 깎지 않고 매출 증대를 달성하는 방안을 마련하였다. 기프트콘(Gifticon)이라는 신상품 아이디어를 내놓았다. 기프트콘은 선물을 의미하는 기프트(Gift)와 감정을 나타내는 이모티콘(Emoticon)의 합성어로, 소액결제를 할 수 있는 바코드가 찍힌 휴대폰 문자메시지이다. 기프트콘을 받은 사람은 가까운 매장에서 가서 바코드를 보여주면 실제 돈을 지불한 것처럼 인정이 되어 물건을 직접 받을 수 있다. 스타벅스는 2007년부터 2008년까지 월 3억 원 정도의 추가 매출이 발생했다. 이는 스타벅스 매장 4개를 신규 개설한 것과 같은 효과였다[9].

기프트콘은 트리즈 발명원리에서 (24)매개체(Mediator) 원리에 해당한다. 매개체 원리는 어떤 일을 직접 하기 어려울 때 직접 하지 않고 중간매개체에게 그 일을 위임하는 원리이다. 이 사례에서는 기프트콘이라는 중간매개체를 통해 가격할인 효과를 얻었다.

3. 채찍효과 해결을 위한 트리즈 분석

3.1 채찍효과(Bullwhip Effect)

채찍효과는 공급사슬상 하류에서 발생한 소비자 수요의 작은 변동이 중간단계를 거쳐 상류에 이르는 동안 왜곡 증폭되어 공급자의 급격한 변화를 낳게 되는 현상이다. 전달과정에서 발생한 정보의 왜곡이 공급자에게는 재

고의 축적으로, 소비자에게는 서비스 수준의 저하로 파생된다. 또한 물류계획이 차질을 빚고, 수송의 비효율과 같은 악영향도 끼친다.

공급사슬이 확장되고 길어지면서 정보와 물자 흐름의 단계가 많아지고 복잡해졌다. 복잡성의 증가는 개별 단계의 변동성을 증폭시켜 불확실성을 더욱 가중시켰다. 따라서 채찍효과로 인한 부작용도 더욱 깊어졌다. 이런 공급사슬을 효과적으로 운영하려는 경영시스템이 공급사슬관리(Supply Chain Management)이다. 그러나 SCM이 구축된 곳은 많지만 효과적으로 운영되고 있는 곳은 그리 많지 않다.

채찍효과를 성공적으로 해결하기 위해서는 우선 공급사슬관리에서 부딪히는 재고관리의 근본적인 문제에 대해 살펴볼 필요가 있다. 재고란 불확실한 수요에 신속하게 대응하여 판매를 도모하고자 기업이 직접 관리하는 여러 가지 재화를 말한다. 판매를 위해서는 반드시 재고를 확보해야 하는데, 만약 판매가 되지 않으면 비용에 큰 부담을 준다. 즉 재고는 필요악이다. 판매를 최대한 보장하려면 사전에 재고를 충분히 확보해야 하고, 판매되지 않고 폐기될 것이 걱정된다면 재고는 줄어야 한다. 이런 갈등을 ‘재고의 딜레마’라고 말한다. 재고의 딜레마를 함의적으로 관리하는 일은 재고관리의 최종 목표이자 영원한 숙제이다[4].

3.2 문제해결 절차를 통한 채찍효과 분석

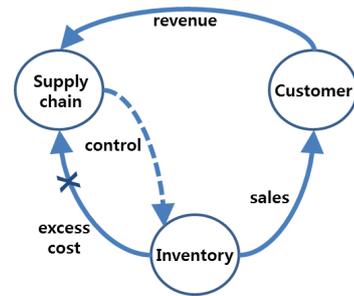
본 절에서는 재고의 딜레마를 제 2장에서 설명한 트리즈의 문제해결 절차를 통해 분석하고자 한다.

3.2.1 1단계 : 기능분석에 의한 문제상황 파악

이익(Revenue)을 최대화하려면 판매기회(Sales)를 최대한 확보해야 한다. 판매기회를 최대한 높이려면 수요가 있을 때 즉시 대응해야 한다. 수요의 대응력을 높이려면 재고를 많이 보유할 필요가 있다. 또한 이익을 최대화하려면 비용을 최소화해야 한다. 비용(Cost)을 최소화하려면 재고비용을 줄여야 한다. 재고비용을 줄이려면 재고를 적게 보유할 필요가 있다. 이 때 재고는 많아야 하며 적어야 하는 딜레마적 상황에 직면하게 된다.

기업의 재고 딜레마는 공급사슬 상에서 채찍효과로 이어져 막대한 부작용을 유발하게 된다. 이런 상황을 기능의 관점으로 파악하면, <Figure 5>와 같다. 재고는 공급사슬과 소비자에게 영향을 준다는 점에서 도구(Tool)에 해당하고, 공급사슬과 소비자는 재고의 영향을 받는다는 점에서 대상(Object)에 해당한다. 재고는 소비자의 수요에 즉각적으로 대응함으로써 공급사슬에게 매출증대를 수행하므로 유익한 작용(u)이라 정의하고, 반대로 공급사슬의 불충분한 재고관리(Insufficient Action)로 인해 채찍효과가 유발되어 과잉재고비용을 발생시키는 좋지 않은 작용을 수행

하므로 유해한 작용(h)이라고 정의한다. 따라서 재고는 공급사슬에게 매출증가의 유익한 작용(u)을 수행하지만, 공급사슬에게 과잉 재고비용 부담을 유발하는 부작용(h)도 수반하는 상충관계를 생성한다. 이는 기술적 모순에 해당한다.



<Figure 5> Function Analysis of Inventory Dilemma

3.2.2 2단계 : 나비모형에 의한 모순 정의

2단계에서 파악한 기술적 모순으로부터 물리적 모순을 도출하기 위해서는 채찍효과가 발생하는 과정에 대해 구체적으로 분석할 필요가 있다.

채찍효과가 발생하는 과정을 살펴보면 <Figure 6>과 같이 세분화할 수 있다. 채찍효과는 특히 제품의 수명이 짧고 시장수요가 급격하게 변할 때 시장 수요의 변동이 제품의 공급이 부족하게 되리라는 수요예측에 따라 필요 이상으로 더 많은 제품을 상류업체에 주문을 하는 경향이 심해지게 된다.

공급사슬 상에 내재되어 있는 채찍효과는 구체적으로 다음의 두 가지 현상을 의미한다. 첫째는 공급사슬에 있어서 소비자-소매상-도매상-제조업자-공급업자로 이어지는 주문량이 실제 소비자가 구매하는 수요량보다 더 큰 규모의 변화를 유도하는 것이고, 둘째는 주문량의 변화가 공급사슬을 따라가면서 증대되는 것이다.

즉 공급사슬 단계마다 수요가 왜곡되는 것과 단계를 거치면서 증폭되는 것이다. 첫째, 수요가 왜곡이 되는 원인은 수요예측이 정확하지 않으며, 공급을 신뢰하지 못하며 공급자들 사이에 협조가 원활하지 않기 때문이다[4]. 따라서 이를 해결하는 방안을 모색해볼 수 있는데 선행연구의 대부분은 여기에 해당한다[24].

둘째, 수요가 증폭되는 원인은 각 단계에서 이루어지는 주문의사결정이 서로 연관되어 있기 때문이다. 일반적으로 공급사슬 내에서 주문 의사결정은 순차적으로 이루어진다. 고객에서 소매상으로, 소매상에서 도매상으로, 도매상에서 생산업자로, 생산업자에서 공급업자로 올라가면서 주문이 형성될 때, 판매계획, 생산계획, 구매계획 등의 물류계획이 서로 맞물리면서 수립된다. 이 계획들이 수립되고 실행되는 과정에서 계획의 변경이 너무 빈번하면

공급사슬의 불안정성이 커져서 많은 재고를 사전에 확보하려는 경향으로 나타난다. <Figure 6>에 점선 박스로 표시된 부분과 같이 각 단계에서 발생하는 수요에 대한 정보 왜곡이 의사결정의 종속성과 결부되면서 그 누적효과가 과잉재고의 형태로 나타나게 되는 것이다.

종속성이란 시스템 내의 개별 요소들이 서로 연결되어 있고, 개별요소의 변동이 상호 영향을 주고받는 상태를 말한다. 이들 상호종속성이 변동과 연결될 때는 효과가 더 확장된다. 개별 요소가 많을수록 종속성이 높을수록 변동의 누적효과는 보다 심각해진다. 개별 요소의 변동성을 줄이는 것도 중요하지만 시스템 내의 종속성을 줄이는 것도 못지않게 중요한 부분이다.

그러므로 <Figure 6>에서 점선 화살표로 표시된 부분처럼 공급사슬 내에서 각 단계의 변동성이 종속되어 증폭되는 것을 차단하는 해결방향도 생각해볼 수 있다. 그런데 종속성의 측면에서 종속성 자체를 줄이거나 종속성의 영향을 차단하는 연구는 거의 없다[24]. 따라서 본 연구에서는 종속성의 관점에서 해결방안을 모색하고자 한다.

공급사슬은 효율적인 재고관리를 통해 공급사슬의 이익을 증대시킨다. 복잡한 공급사슬 내에서 효율적인 의사

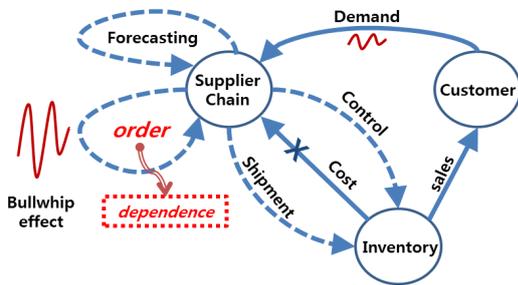
결정을 하기 위해서는(u) 물류계획에 대한 의사결정을 통합적으로, 즉 판매계획에서 생산계획으로, 생산계획에서 구매계획으로 수립해야 한다(s). 만약 수요의 변동으로 인해 계획의 변경이 너무 빈번하면 공급사슬의 불안정성이 커지므로 사전에 많은 재고를 확보해야 한다. 공급사슬의 하류에서 상류로 올라갈수록 채찍효과로 인해 재고가 많아진다(h). 재고를 줄이기 위해서는(~h) 물류계획에 대한 의사결정을 독립적으로 해야 한다(~s). 의사결정을 종속적으로 실행해야 하고(s) 독립적으로 실행해야 하는(~s) 물리적 모순에 봉착하게 된다. 이러한 상황을 나비모형 다이어그램으로 그리면 <Figure 7>과 같다.

3.2.3 3단계 : 해결방향 도출

나비 다이어그램에서 도출되는 일반적인 해결방향은 <Table 2>와 같이 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 방향은 ①과 같이 종속적으로 주문의사결정을 하면서 재고를 줄이는 방안이다. 두 번째 방향은 ②와 같이 독립적으로 주문의사결정을 하면서 효율성을 높이는 방안이다. 세 번째 방향은 ③과 같이 주문의사결정을 종속적으로 하면서 독립적으로 하는 방안이다.

<Table 2> Solution Directions

Direction	State	General Solutions
①	(s & ~h)	to reduce inventory with deciding dependently
②	(~s & u)	to decide efficiently and independently
③	(s & ~s)	to decide dependently and independently



<Figure 6> Element of Bullwhip Effect

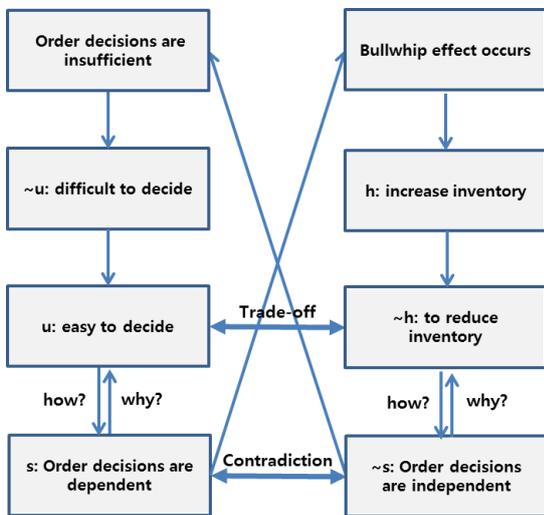
3.2.4 4단계 : 실행방안 모색

4단계는 구체적인 재고관리 운영방안을 설계하는 과정이다. 3단계에서 탐색한 3가지 방향의 일반적인 해결방향으로 실제로 실행 가능한 방안을 모색한다. 여기서 3가지 일반적인 해결방향에 발명원리와 분리원리를 적용한다.

구체적인 해결방안을 도출하기 위해 발명원리를 적용한다면 <Table 3>과 같다. 이외에도 다른 원리를 적용하여 창의적인 아이디어를 모색할 수 있다.

<Table 3> TRIZ Applications

Direction	TRIZ	Ideas
①	(5) Consolidation	• Aggregate production and distribution planning.
②	(1) Segmentation (5) Consolidation (10) Prior action	• Separate the dependency of supply chain. • Aggregate forecasting with items(or areas). • Information sharing.
③	(11) Cushion in advance (33) Homogeneity	• Safety stocks • Order quantity = demand quantity



<Figure 7> Butterfly Diagram of Bullwhip Effect

①의 아이디어는 (5)통합(Consolidation) 원리를 적용하여 생산계획과 물류계획을 통합하여 수행하는 방안이다.

②의 아이디어는 발명원리 (1)분할(Segmentation) 원리를 적용하여 주문 의사결정을 독립적으로 수행하도록 상호 연관성을 약화시키는 방안이다. 또한 발명원리 (5)통합(Consolidation) 원리를 적용하여 수요예측의 정확도를 높이기 위해서 유사한 품목이나 지역별로 묶어 수요예측을 한다거나, 발명원리 (10)선행조치(Prior Action) 원리를 적용하여 정보공유를 통해 상류업체가 하류업체의 재고를 관리방안이다.

③의 아이디어는 발명원리 (11)사전에방(Cushion In Advance) 원리를 적용하여 재고를 적게 가져가면서 가용성을 높이는, 즉 결품을 줄일 수 있는 적정재고수준을 미리 설정하는 방안이다. 또는 발명원리 (33)동질성(Homogeneity) 원리를 적용하여 주문량을 수요량과 일치시키는 방안이다. 일일 수요에 따라 수요가 많은 제품은 재고를 많이 확보하고 수요가 적은 제품은 재고를 적게 가져가는 방안이다.

다음 장에서 3가지 해결방안에 대한 결과를 토대로 선행연구를 분류하며 고찰하고자 한다.

4. 연구현황 고찰

선행연구를 제 3장에서 트리즈로 분석한 결과를 토대로 분류하면 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Classification of Literature

Category	Direction	Literature
Distortion	Volatility	<ul style="list-style-type: none"> • Wang and Disney[24] - review that all studies are available here
Amplification	① Order Dependence	<ul style="list-style-type: none"> • Fahimnia, Farahani, Marian and Luong[6] - review that all studies are available here
	② Order Independence	<ul style="list-style-type: none"> • Dominguez, Cannella and Framinan[5] • Chung[3] • Lee, Gu, Noh and Jang[15] • Ptak and Smith[20]
	③ Order Independence & dependence	<ul style="list-style-type: none"> • Smith and Smith[21] • Lee and Jang[16]

채찍효과에 대한 대표적인 논문인 Lee et al.[13, 14] 연구 이후 채찍효과의 원인을 분류하고, 각 원인에 대한 해결책을 제안하는 등 많은 연구가 진행되었다[24].

그런데 대부분 연구는 채찍효과의 두 가지 현상, 왜곡(Distortion)과 증폭(Amplification) 중에서 전자에 집중되

었다. 연구 내용을 보면 수요 변동에 대한 기업의 왜곡현상을 줄이기 위한 수요예측, 주문정책(Lot Sizing), 안전재고, 계획구간(Planning Horizon), 재계획(Re-planning), 정보공유, 안전재고 설정 등으로 구분할 수 있다. 이와 같은 운영정책은 공급사슬 내의 각 단계에서 발생하는 개별 변동성을 줄이려는 접근방법에 해당한다.

반면 주문계획이 연계되어 주문이 증폭되는 현상을 종속성을 약화시킴으로써 줄이려는 연구는 매우 드물다. 반대로 생산과 물류를 통합하여 종속성을 오히려 강화하면서 계획하려는 접근방법을 집중적으로 연구하였다[6]. 이 접근은 <Table 3>에서 제시한 해결방향 중에 ①에 해당하는 것으로 한 시점의 정적(Static) 최적화이며 수요변동에 민감하게 대응하기에는 현실적 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 해결방향 ②와 ③의 관점에서 공급사슬 상의 주문 종속성을 해결하고자 하는 연구를 자세하게 고찰한다.

②의 관점은 공급사슬 구조에서 주문의 독립성을 확장함으로써, 즉 주문의 종속성을 줄임으로써 채찍효과에 영향을 감소시키는 해결방향이다.

Dominguez et al.[5]는 공급사슬의 구조(공급사슬의 단계 수, 각 단계별 노드(Node) 수, 각 단계를 연결하는 링크(Link)의 분포 등)가 채찍효과에 어떤 영향을 미치는가를 처음으로 심층 연구하여 공급사슬의 구조가 복잡할수록 채찍효과에 취약함을 입증하였다. 주문 종속성으로 인한 채찍효과 발생이 공급사슬의 구조로부터 파급되므로 공급사슬의 구조가 복잡할수록 주문 종속성을 공급사슬의 구조로부터 사전에 배제하는 것이 큰 의미가 있음을 시사하는 연구라고 판단된다.

Chung[3]은 한 단계의 변동성이 발생하더라도 종속성 사이에 변동이 확장되는 것을 방지하는 방안 대해 연구했다. 판매부문과 생산부문에 구성된 2단계 공급사슬에서 판매계획과 생산계획의 연관성을 약화시킴으로써 생산계획수립이 판매계획의 변동에 영향을 덜 받을 수 있음을 검증하였다. 생산계획수립 방법으로 S&OP(Sales and Operation Planning)보다는 목표재고관리시스템을 추천한다. 목표재고관리시스템이란 목표재고(재고통제를 위해 미리 정해진 재고량)에서 실제 판매량만큼 줄어든 양만을 주문하는 방식이다. 두 단계의 공급사슬 구조임에 불구하고 주문 종속성을 줄임으로써 변동비(Variance Ratio)를 통해 채찍효과가 감소함을 확인한 연구이다.

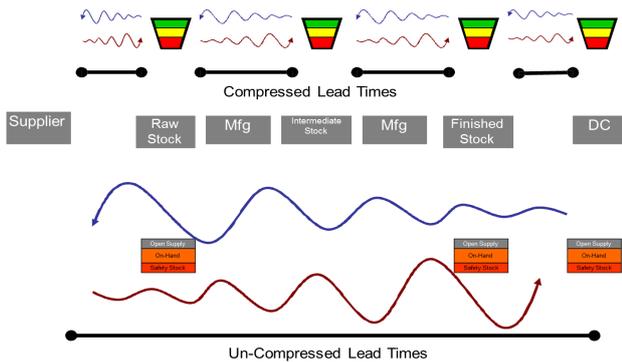
Lee et al.[15]은 목표재고관리시스템을 기존의 재고관리방법(Min-Max, 정기발주, 정량발주)과 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 목표재고관리시스템이 기존의 방법에 비해 순이익과 재고 측면에서 우수하였고, 특히 기존의 공급사슬에서 한 단계 사슬을 줄일 경우 수익이 증가하는 것을 확인하였다. 이는 공급사슬이 단순할수록 채찍효과

가 감소할 것이라는 의미를 내포한다. 공급사슬의 구조에서 사슬의 단계 수를 물리적으로 줄임으로써 변동측면이 아닌 이익측면에서 채찍효과로 인한 비용을 절감할 수 있음을 실증적으로 확인한 연구이다.

Ptak and Smith[20]는 최근 저서 ‘Orilicky’s Material Requirement Planning 3rd Edition’에서 적정 위치에 적정 재고로 결합해지(Decoupling)함으로써 공급사슬 상에서 발생하는 변동성과 종속성으로 인한 혼란, 즉 채찍효과를 줄이면서도 빠르게 수요에 대응할 수 있는 DDMRP(Demand Driven MRP)을 개발하였다. 변동성과 종속성을 중지시키기 위한 유일한 방법은 시스템의 종속성 사이에 변동이 지나가고 증폭되는 것을 방지하는 것이라고 주장하며, 이를 위해 결합해지라는 방법을 처음 제시하였다.

③의 관점은 적절한 재고 위치와 재고량을 통해 공급사슬 구조에서 주문 종속성과 독립성을 적절하게 배분하는 해결방향이다.

Smith and Smith[21]는 결합해지 지점을 전략적으로 선택함으로써 고객리드타임을 줄이고 재고투자비용을 적절하게 결정할 수 있다고 제안하였다. 이는 <Figure 8>처럼 짧은 리드타임을 제공할 뿐 아니라 채찍효과와 가장 중대한 오류인 예측오류를 줄여준다고 한다. 또한, 결합해지 지점에 3색(녹색, 황색, 적색) 신호등 체계를 갖춘 적정재고를 두어 수요예측의 의존도를 낮추면서 실제수요에 빠르게 대응할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이 연구는 적정재고를 통해 주문의 독립성과 종속성을 공급사슬의 구조에 적합하게 제어할 수 있음을 보여주었다.



(Source : Ptak and Smith DDMRP workshop[19])

<Figure 8> Decoupling Effect

Lee and Jang[16]은 DDMRP 실행을 위한 적정재고를 설정하는 기준을 시물레이션을 통해 분석하였다. 국내 3개 업체의 실제자료를 활용하여 현재보다 현저히 낮은 수준의 재고를 유지하면서도 결품율을 줄일 수 있음을 보여주었다. DDMRP를 실제 도입한 업체의 자료를 통해 적정재고의 효과를 입증한 실증연구이다.

이상과 같이 채찍효과를 줄이는 방안으로 주문의 종속성을 약화시키는 방법이 효과적임을 알 수 있는데, 이와 관련된 연구가 매우 적다. 그러므로 공급사슬의 주문 종속성에 관한 연구가 앞으로 진행될 필요가 있으며, 특히 결합해지 지점을 전략적으로 선택함으로써 공급사슬의 연관성을 약화시켜서 채찍효과를 줄이는 방법에 관한 연구가 매우 중요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

오늘날 기업들은 채찍효과와 운영전략과 전술에 대한 거대한 딜레마에 직면하고 있다. 본 연구는 채찍효과에 대해 트리즈 이론을 적용하여 근본적인 원인과 문제를 분석하고, 그 결과를 기초로 다양한 관점에서 해결방안을 모색하였다. 이를 위해 간단한 사례를 통해 트리즈 문제 해결 절차를 소개하였고, 이 절차를 적용하여 채찍효과를 분석하였다. 또한, 기존의 연구 현황을 트리즈 분석 결과를 토대로 분류하였고, 추후 수행되어야 할 내용을 제시하였다. 채찍효과에 대해 트리즈를 적용하여 분석한 논문은 본 연구가 처음이라는 점에서 나름대로 의의를 갖는다.

채찍효과는 변동성과 종속성에 의해 영향을 받는데 기존 연구에서는 변동성을 줄이려는 논문이 주류를 이루었다. 반면 종속성에 대한 연구는 미미하므로 향후 종속성에 대한 분석과 해결방안을 제시하는 연구가 필요하다. 또한 변동성과 종속성을 통합한 연구도 수행되어야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] Ahn, Y.S., Hwang, I.K., and Chun, S.P., The Study on Creative Problem Solving Process through Analysis on Creativity and Thinking Mechanism, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2014, Vol. 19, No. 3, pp. 91-99.
- [2] Cho, M.S. and Chang, T.W., A Survey on the Operational Studies about Bullwhip Effect in a Supply Chain, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 2008, Vol. 8, No. 2, pp. 17-28.
- [3] Chung, N.K., Production Planning to Reduce the Volatility of Supply Chain Planning, *Journal of the Korean Production and Operations Management Society*, 2014, Vol. 25, No. 3, pp. 249-263.
- [4] Chung, N.K., *TOC Inventory Control*, Sigma Press, 2013.
- [5] Dominguez, R., Cannella, S., and Framinan, J.M., The impact of the supply chain structure on bullwhip effect, *Applied Mathematical Modeling*, 2015, Vol. 39, No. 23, pp. 7309-

7325.

- [6] Fahimnia, B., Farahani, R.Z., Marian, R., and Luong, L., A Review and Critique on Integrated Production-distribution Planning Models and Techniques, *Journal of Manufacturing Systems*, 2013, Vol. 32, No. 1, pp. 1-19.
- [7] Fey, Victor and Rivin, Eugene, *Innovation on Demand : New Product Development Using TRIZ*, Cambridge University Press, 2005.
- [8] Han, J.Y., Analysis of Research Trends on Korea's TRIZ. *Journal of Engineering Education Research*, 2016, Vol. 19, No. 1, pp. 3-10.
- [9] Hyun, J.S., Resolving Contradiction is the key of Innovation, *Weekly Financial and economic trends*, Woori Finance Research Institute, 2014, Vol. 4, No. 22, pp. 1-5.
- [10] Hyun, J.S., The Algorithms and The Education Effects of the Butterfly Model for Solving, *Korea Business Review*, 2012, Vol. 16, No. 3, pp. 101-132.
- [11] Kim, H.J., *Theory of Inventive Problem Solving*, Wisdom Publisher, 2015.
- [12] Kim, S.D. and Park, Y.T., Application of TRIZ to Inventory Management, *The Asian Journal of Quality*, 2002, Vol. 3, No. 1, pp. 91-97.
- [13] Lee, H.L., Padmanabhan, V., and Whang S.J., Information Distortion in a Supply Chain : the Bullwhip Effect, *Management Science*, 1997, Vol. 43, No. 4, pp. 546-558.
- [14] Lee, H.L., Padmanabhan, V., and Whang S.J., The Bullwhip Effect in Supply Chains, *Sloan Management Review*, 1997, Vol. 38, No. 3, pp. 93-102.
- [15] Lee, J.H., Gu, S.H., Noh, S.M., and Jang, S.M., Comparison Study on the Inventory Management in SCM using Simulation, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 2015, Vol. 24, No. 1, pp. 1-8.
- [16] Lee, J.S. and Jang, S.Y., A case study to decide the Proper Inventory On-hand Level Based on Demand Driven MRP Replenishment Buffer, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 2013, Vol. 13, No. 2, pp. 29-42.
- [17] Lee, S.S., Ahn, Y.S., Hwang, I.K., and Kim, Y.S., Innovation Strategy for Combination of TRIZ and Six Sigma, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2013, Vol. 18, No. 4, pp. 23-32.
- [18] Metters, R., Quantifying the Bullwhip Effect in Supply Chains, *Journal of Operations Management*, 1997, Vol. 15, No. 2, pp. 89-100.
- [19] Ptak, C. and Smith, C., Demand Driven Material Requirement Planning Workshop, 2012.
- [20] Ptak, C. and Smith, C., *Orilicky's Material Requirement Planning 3rd Edition*, McGraw-Hill Education, 2011.
- [21] Smith, D. and Smith, C., Becoming demand driven : How to change from push and promote to position and pull, *Strategic Finance*, 2013, pp. 37-45.
- [22] Song, C.Y., A Design of a New Learning Method to Solve the Public Education's Dilemma : through Paradox Management Process, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No.4, pp. 162-167.
- [23] Song, C.Y., Lee, D.S., and Shinn, S.W., Application of TOC and TRIZ for paradox management, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2010, Vol. 33, No. 2, pp. 72-80.
- [24] Wang, X. and Disney, S.M., The bullwhip effect : Progress, trends and directions, *European Journal of Operational Research*, 2016, Vol. 250, No. 3, pp. 691-701.

ORCID

Chang-Yong Song | <http://orcid.org/0000-0003-2311-8143>