

황소채찍효과와 발주크기: 대형할인마트에서의 황소채찍효과

백시현[†]

중국연변과학기술대학교 경영정보학과

Bullwhip Effect and Lot Size: the Main Cause of BwE is Lot Size

SiHyun Paik

YanBian University of Science & Technology, MIS

Normally, suppliers have to decide on what, how much, and when to replenish stocks of goods based on a data flow generated by a vendor managed inventory(VMI) system. But information from supply chain is often misleading. It is common for such data to be distorted by a lack of coordination and synchronization across several business entities managing different supply chain operations. This phenomenon is called the 'bullwhip effect(BwE)'. Many researchers, working over many years, have studied the reasons for the BwE. They have proposed various remedies, but this phenomenon persists.

Though overlooked in previous research, this paper reveals that the 'lot size' of a supply chain of distribution is indeed the main cause of the BwE. In addition, some problems in the existing methods of measuring the BwE are identified and a revised much improved method of measurement is suggested.

Keyword: bullwhip effect, retailer, supply chain

1. 서론

황소채찍효과(Bullwhip Effect: BwE)는 그 동안 많이 연구되어 왔고, SCM 분야에서는 매우 중요한 부정적인 효과이다. 황소채찍효과 현상을 Forrester(1958)가 처음 언급하였고, P&G에 의해서 처음 황소채찍효과 용어가 사용되었다(Lee and Sodhi, 1992). 황소채찍효과는 정보의 왜곡(distortion)현상으로, 입력데이터가 여러가지 요인들로 인해 전달되어지는 값이 변함을 의미한다. 예를 들면, 고객이 평소에 10개 사던 것이 갑자기 15개가 팔렸다. 소매상은 평소에 10개 팔리던 것이 15개나 팔리는 것을 보니 20개도 팔릴 수 있겠구나 생각하고, 도매상에게 20개를 주문한다. 도매상도 평소에 소매상이 10개 정도 가져가더니 갑자기 20개 주문하는 것을 보고, 30개 정도는 갖다 놓아야 되겠구나 하고 생각하게 된다. 이러한 정보의 왜곡이 여러 주체(단계)를 거치다 보면, 실수요와 공급량의 차이는 매우 커지

게 된다. Lee *et al.*(1997a, 1997b)는 5가지로 황소채찍효과의 원인을 분류한 이후에, 몇몇 연구들이 이루어졌으나 그 동안의 많은 연구들은 제조업 중심 구조에서 황소채찍효과의 원인들이 밝혔으며, 이를 측정하는 지표들도 몇 가지 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 황소채찍효과를 명확하게 재정의하고, 이에 맞는 측정 지표를 제시하고자 한다. 또한 과거의 수직구조의 기업 환경과는 달리 수평구조의 환경에서 발생하는 황소채찍효과를 알아보고, 이에 영향을 미치는 주요한 원인들(발주크기와 대리점수)을 밝히고자 한다.

제 2장에서는 기존의 황소채찍효과에 관한 연구들을 살펴보고, 황소채찍효과에 대한 문제점을 지적한 후 재정리하며 관련 측정 지표를 제시한다. 제 3장에서는 대형유통 매장내에서 발생하는 황소채찍효과를 살펴보고, 발주크기와 대리점 수가 얼마나 영향을 미치는지 시뮬레이션 해보고, 결론을 정리한다.

[†]연락처 : 백시현 교수, 133-002 중국 길림성 연길시 복산가 133000, Fax : +86-433-291-2510, E-mail : shpaik@yust.edu
2007년 07월 접수, 2회 수정 후 2008년 01월 게재확정.

표 1. 황소채찍효과 관련 논문

구분	내용	참고문헌
1. 정의 및 범위	① 왜곡(Distortion): 리드타임, 품질, 발주크기 등	Forrester(1958), Sterman(1989), Lee et al.(1992), Lee et al.(1997a, 1997b), Potter et al.(2006), Butman(2003), Pujawan(2004), Cachon(1999), Miragliotta(2006)
	② 증폭(Amplification): 정책, 전략, 작업자 상태 등	Chen(2000), Svensson(2003,2005), Fransoo et al.(2000), Nienhaus et al.(2006), Wang et al.(2005)
	③ 기타 황소채찍효과	Wang, et al.(2005: extended_BwE), Svensson(2003: reverse_BwE), Svensson(2005: rubber band principle)
2. 원인	① 수요예측	Lee et al.(1997a), Naish(1994)
	② 제품부족과 할당	Lee et al.(1997a), Nienhaus et al.(2006)
	③ 일괄발주와 리드타임	Lee et al.(1997a), Nienhaus et al.(2006), Simchi-Levi et al.(2000), Ziegenbein(2006), Pujawan(2004), Cachon(1999)
	④ 배치크기	Potter et al.(2006)
	⑤ 가격변동	Lee et al.(1997a), Gavirneni(2005), Svensson(2003)
	⑥ 정보공유 부족	Chen(1998), Chen et al.(2000), Fransoo et al.(2000), Nienhaus, et al.(2006), Sahin(2005)
	⑦ 작업자 태도	Lee et al.(1997b), Sterman(1989), Nienhaus et al.(2006), Wang(2005), Ziegenbein(2006)
3. 대책	① 정보공유	Lee et al.(2000), Fransoo et al.(2000), Chen et al.(2000), Nienhaus et al.(2006), Chen(1998), Sahin et al.(2005), Ziegenbein(2006), Cachon(1999)
	② 정책과 전략	Fransoo et al.(2000), Baljko(1999)
	③ 기타	Zhou et al.(2006)
4. 지표	① Var(orders)/Var(demands)	Chen et al.(2000), Dejonckheere et al.(2003), Potter(2006), Zhou et al.(2006) etc.
	② Var(orders-demands)	Zhang(2005)
	③ (Var(orders)-Var(demands))/Var(demands)	Simchi-Levi et al.(2000), Lin et al.(2006)
5. 기타	① Beer Game	Streman(1984), Rinks(2002)

2. 황소채찍효과

2.1 기존연구

1950년대 Forrester(1958)의 연구 이후 많은 연구에서 황소채찍효과의 원인들과 이를 줄이고 측정하기 위한 대안과 지표들이 개발하여 왔다. Miragliotta(2006)가 기존의 연구들을 잘 정리하였다. 하지만, 초기에는 황소채찍효과를 데이터의 왜곡에 초점을 맞추다가 최근에는 기업의 ‘비효율적 현상’으로 그 영역이 확대 되어졌다. 이러한 황소채찍효과의 주요 원인은 Lee et al.(1997a)의 여러 연구에서 설명되어지고 있는데, 이러한 요인들을 유형별로 <표 1>에 정리하였다. 특히 Wang et al.(2005)은 ‘extended the bullwhip effect’를 소개하면서 정책과 구조와 작업자의 태도(Baljko, 1999; Fransoo and Wouters, 2000)도 중요한 원인으로 설명하고 있다. 또한 이러한 효과들을 제거하기 위한 방법으로 정보 공유(Chen et al., 2000; Fransoo and Wouters, 2000; Nienhaus et al., 2006; Park and Park, 2001; Reddy and Rajendran, 2004; Sahin and Robinson, 2005)가 중요함을 밝혔고, 완전한 정보 공유가 이루어지면 재고관련 비용을 47.58%까지 줄일 수 있다고 설명하고 있다(2005). 정보공유 관점에서 황소채찍효과를 줄이는 관련 연구들은 Reddy et al.(2004)가 잘 정리하였다.

2.2 황소채찍효과 재고

2.2.1 Scope : amplification → distortion

초기의 황소채찍효과는 공급체인상에서의 데이터의 왜곡(distortion)현상이었으나, 점차적으로 전략과 정책에 따른 인위적인 조작을 포함한 데이터의 변동(amplification)까지 황소채찍효과로 보게 되었고, 최근에는 작업자의 특성과 정책, 불확실성 등도 주요 원인으로 제시하였다(Baljko, 1999; Fransoo and Wouters, 2000; Wang and Takahashi, 2005). 하지만 그 범위가 너무 확대된 것이 사실이다. 후자의 원인들은 황소채찍효과 뿐만 아니라 재고관리, 생산관리, 물류관리, 수요예측 등 많은 분야의 공통된 원인이기도 하고, 그 해결책 또한 추상적인 수밖에 없다. 오히려 황소채찍효과 연구 영역의 전문성을 확립하기 위해서는 인위적인 요소를 배제한 데이터의 왜곡(distortion)에 초점을 두는 것이 바람직하다. 또한 수요예측이 불확실하여 황소채찍효과가 생기기보다는, 황소채찍효과 때문에 수요예측이 어려운 것이다. 즉, 실제 판매치 혹은 확정 수요 예측치가 단계를 거치면서 어떻게 데이터가 왜곡 되었는지를 살펴보는 것이 황소채찍효과의 영역이다. 황소채찍효과의 영역을 정리하면 <그림 1>과 같다.

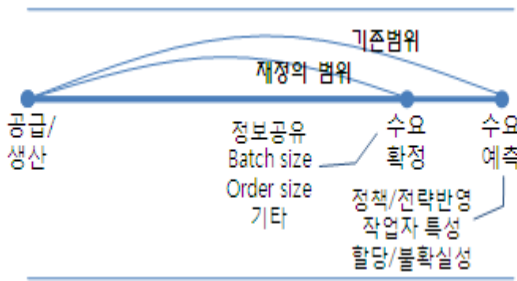


그림 1. 황소채적효과 영역 재정의

즉, 수요가 확정된 이후에 정책적, 인위적인 요소가 아닌, 시장/기업환경, 시스템과 같은 요인으로 인해 발생하는 데이터의 왜곡현상을 황소채적효과로 보는 것이 바람직하다.

2.2.2 지표: indicator → measurement

Chen *et al.*(2000), Zhang(2005) 등 몇몇 연구자들은 황소채적효과 측도를 개발하였지만, 정량적으로 표현했을 뿐이지, 황소채적효과가 크고 적음은 알 수 없다. 엄밀히 말하면 측도(measurement)가 아니라 지표(indicator)이다. 일반적으로 지금까지 제시된 지표들은 식 (1)~식 (3)이다. 식 (1)과 식 (2)는 많은 연구에서 활용되고 있지만 황소채적효과 크기를 나타내기 보다는 황소채적효과와 리드타임(L), 주기(P)의 관계식에 더 적합하다.

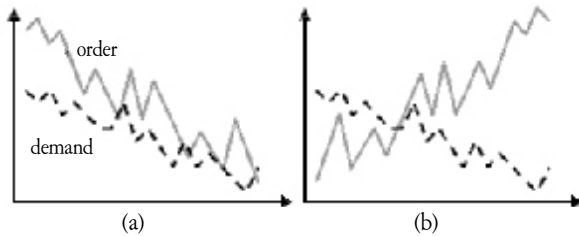


그림 2. 식 (2), 식 (3)의 오류

$$\text{Var}(Q) / \text{Var}(D) \geq 1 + (2L/P + 2L^2/P^2)(1 - \rho^p) \quad (1)$$

(Chen *et al.*, 2000)

$$\text{Var}(Q) / \text{Var}(D) \geq 1 + (2L/P + 2L^2/P^2) \quad (2)$$

(Chen *et al.*, 2000)

$$(\text{Var}(Q) - \text{Var}(D)) / \text{Var}(D) \quad (3)$$

(Simchi-Levi *et al.*, 2006, 2000)

$$\text{Var}(q_i - d_i) \quad (4)$$

(Zhang, 2005)

- Q : order quantity = $\sum q_i$, D: demand = $\sum d_i$
- L : lead time, P : the number of periods
- ρ : correlation

식 (2)는 식 (1)을 간략화 한 것이다. 하지만 식 (2)와 식 (3)은 <그림 2>와 같이 서로 반대되는 현상을 구분하지 못하는 단점을 가지고 있다. 또한 황소채적효과 정의의 보편 입력(수요)과 출력(주문)의 차이를 나타내는 것인데, 식 (1)과 식 (2)처

표 2. 황소채적효과 지표 평가

	(a)	(b)	(c)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
Num	Dem1	Ord1↓	Ord1↑	a-b	a-c	Dem2	Ord2↓	f-g
1	36.01	68.23	51.63	32.22	15.62	227.91	266.96	39.05
2	35.89	68.20	51.71	32.32	15.82	215.63	262.82	47.18
3	34.08	66.81	51.80	32.73	17.72	212.35	259.74	47.39
4	33.74	66.14	53.38	32.41	19.64	211.49	259.63	48.15
5	33.45	64.25	54.22	30.80	20.77	211.15	256.02	44.86
6	32.58	63.72	54.43	31.15	21.85	209.14	255.76	46.62
7	32.42	63.64	55.71	31.22	23.29	208.81	253.69	44.88
8	32.26	62.72	55.99	30.46	23.73	207.93	251.92	43.99
9	31.69	61.93	56.18	30.24	24.49	206.42	251.39	44.97
10	31.60	59.38	56.49	27.78	24.89	205.24	250.14	44.90
11	31.57	59.29	56.59	27.72	25.03	202.18	250.09	47.91
12	30.97	59.21	57.57	28.25	26.61	202.01	249.85	47.84
13	30.93	59.07	57.77	28.14	26.84	201.73	249.55	47.82
14	30.85	58.99	58.46	28.14	27.61	198.85	249.21	50.35
15	30.77	58.97	58.70	28.20	27.93	198.05	248.28	50.23
16	30.69	58.70	58.97	28.01	28.29	197.34	244.69	47.36
17	30.17	58.46	58.99	28.29	28.82	196.91	243.85	46.94
18	30.15	57.77	59.07	27.62	28.92	196.63	243.77	47.14
19	29.87	57.57	59.21	27.70	29.34	196.58	243.35	46.77
20	29.64	56.59	59.29	26.95	29.64	195.10	243.06	47.95
21	29.35	56.49	59.38	27.14	30.03	194.27	242.96	48.70
22	29.17	56.18	61.93	27.01	32.76	192.81	242.79	49.99
23	28.65	55.99	62.72	27.35	34.08	191.35	240.49	49.14
24	28.33	55.71	63.64	27.38	35.31	191.24	240.32	49.08
25	28.33	54.43	63.72	26.10	35.40	187.93	239.91	51.98
26	27.77	54.22	64.25	26.45	36.48	187.48	238.92	51.44
27	27.29	53.38	66.14	26.09	38.85	187.19	234.36	47.18
28	27.27	51.80	66.81	24.53	39.54	182.09	232.73	50.64
29	27.04	51.71	68.20	24.67	41.16	179.19	231.61	52.42
30	25.79	51.63	68.23	25.84	42.44	176.20	230.04	53.84
Var	6.42	22.57	22.57	5.29	52.39	131.05	83.98	8.53
Avg	30.61	59.04	59.04	28.43	28.43	199.04	246.93	47.89
Coef				0.08	0.25			0.06

럼 입력의 분산 대비 출력의 분산으로 표시하는 것은 어색하다. 오히려 식 (4)가 황소채적효과를 잘 표현한 지표이다. 식 (4)는 <그림 2>와 같은 현상 <표 2>(b)와 <표 2>(c)을 구분할 수 있지만, 식 (4)는 분산만을 표시하였기에 효과의 크기를 판단할 수 없다. 이를 정량적으로 분별하기 위해 <표 2>와 같이, 수요의 평균이 30인 데이터(a)와 200인 데이터(g)를 발생시켰고, 그림 2와 같은 데이터 유형을 만들기 위해서 데이터를 내림차순(b, h)과 오름차순(c)으로 정리하였다. 식 (4)를 이용해 두 종류의 데이터의 황소채적효과를 구하면, (a) 데이터의 식 (4)의 값은 '5.29'(e)이고, (g) 데이터의 식 (4)의 값은 '8.53'(i)이다. 즉, 식 (4)에 의하면, (e)가 (i)보다 작지만, 데이터의 크기를 고려하여 변동비를 구한다면, (e)는 '0.08'이고 (i)는 '0.06'이므로 수요 평균이 200인 데이터(g)가 황소채적 효과가 더 적음을 알 수 있다. 이러한 오류들을 보완하기 위해 변동계수(coefficient of variation)를 응용해 다음의 측도를 제시한다.

$$\text{황소채적효과 측도} = \text{Var}(q_i - d_i) / \text{Avg}(|q_i - d_i|) \quad (5)$$

식 (4)와 같이 평균이 다른 데이터들의 분산을 비교할 수 없을 때, 변동계수를 사용한다.

$\text{Avg}(|q_i - d_i|)$ 은 양수의 음수의 상쇄효과를 막기 위해 절대값을 취한 것이다. 식 (5)는 앞에서 지적한 2가지 문제를 해결해 주고, 지표가 아닌 측도로써의 역할을 할 수 있고, <표 2>의 'coefficient'이 이에 해당된다.

3. 유통시장에서의 황소채찍효과

기존의 황소채찍효과는 수직구조상의 공급체인상의 단계(객체)를 거쳐 가면서 왜곡되어지는 데이터에 초점을 맞추어 연구되어 졌다. 하지만 인터넷 쇼핑몰과 대형할인매장, 전문점들이 급격히 증가하면서 시장 구조는 수평구조로 변화하였고(정확한 표현은 구조가 퍼짐), 각 지역 소매상들도 점차적으로 전국 규모의 체인매장으로 연결되어져 가고 있다. 이러한 시장의 변화들을 앞에서 언급한 황소채찍효과를 발생시키는 원인들 측면에서 고려해 보자.

3.1 리드타임 단축

최근에는 택배 등 물류가 발전되면서, 리드타임이 짧아졌다. 또한 제조업체들이 점차적으로 도매상을 거치지 않고 판매업체들에게 직납하는 경우가 많아졌다. 대형할인매장의 경우에도, 주문 후 익일 납품을 원칙으로 하고 있고, 많은 제조업체들이 직거래를 하고 있다. 이러한 현상들은 황소채찍 효과를 감소시키는 변화들이다.

3.2 정보의 공유 ; 협조와 협력

대부분의 대형할인매장들은 자동발주 시스템을 갖추고 있다. EDI(electronic data interchange) 혹은 VMI 시스템을 통해 정보를 공유하고, 판매자뿐만 아니라 공급자도 실시간 매장내의 재고를 파악할 수 있고, 판매량 분석도 가능하다. 이를 통해, 언제, 어디서, 얼마나 필요한지를 과거보다는 매우 효율적으로 알 수 있고, 공급자와 판매자의 원원전략을 통해 매출 향상을 위한 상호 협조체계가 잘 갖추어져 있다. 이러한 현상들도 황소채찍 효과를 감소시키는 변화들이다.

3.3 가격변동

가격의 변동은 고객의 수요를 조절하고, 재고의 처분도 가능하였다. 하지만, 최근에는 판매점들이 EDLP(every day low price) 가격 정책을 펴고 있다. 이는 가격을 효과적으로 통제하는 방법임은 이미 증명되었다(2005). 즉, 이전처럼 가격을 임의로 변경하는 것을 시장이 쉽게 허락하지 않으므로, 황소채찍

효과도 줄어들 수 있는 현상이다.

표 3. 시스템들의 특징

분류	전통적 시스템	VMI 시스템
조직	<ul style="list-style-type: none"> Vertical structure Hardly coordination and cooperation 	<ul style="list-style-type: none"> Horizontal structure Well coordination and cooperation
주문	<ul style="list-style-type: none"> Push process 	<ul style="list-style-type: none"> ROP(reorder point) process
주문자	<ul style="list-style-type: none"> Retailer 	<ul style="list-style-type: none"> Supplier or automatic
데이터 교환	<ul style="list-style-type: none"> Purchasing orders Transmission data No sharing 	<ul style="list-style-type: none"> Stock level Orders received from sales points Sharing information
신뢰	<ul style="list-style-type: none"> Distorted data 	<ul style="list-style-type: none"> Reliable data
성능	<ul style="list-style-type: none"> High lead times High elevated stock Loads generally non optimized 	<ul style="list-style-type: none"> Short lead time Short integrated stock Loads optimization
가격	<ul style="list-style-type: none"> Government Big fluctuation 	<ul style="list-style-type: none"> Competition Small fluctuation(EDLP)
BwE	<ul style="list-style-type: none"> Occurring 	<ul style="list-style-type: none"> Still occurring

이러한 변화들을 <표 3>에 정리하였다. <표 3>은 Alberto *et al.*(2005)의 기본 틀을 확장한 것으로 추가된 부분은 이탤릭체로 표시하였다. 위의 항목들을 보면, 황소채찍효과가 줄어들 수 있는 방향으로 시장 환경이 변화되었다. 하지만 많은 제조업체들은 재고관리의 어려움을 호소하고 있고, 황소채찍효과는 여전히 중요한 부정적인 요소로 존재하고 있다. 황소채찍효과의 원인들 중 고려되지 않은 것이 있고, 그것은 수평구조에 더욱 큰 영향을 끼치고 있다.

4. 시뮬레이션

4.1 체인구조와 황소채찍효과

과거 제조업 중심의 시장에서는 판매업체들이 수직구조를 이루고 있었지만, 대형할인매장과 연쇄점(편의점)의 힘이 커지면서 유통구조가 얇아지기 시작하였다. 이러한 유통구조상

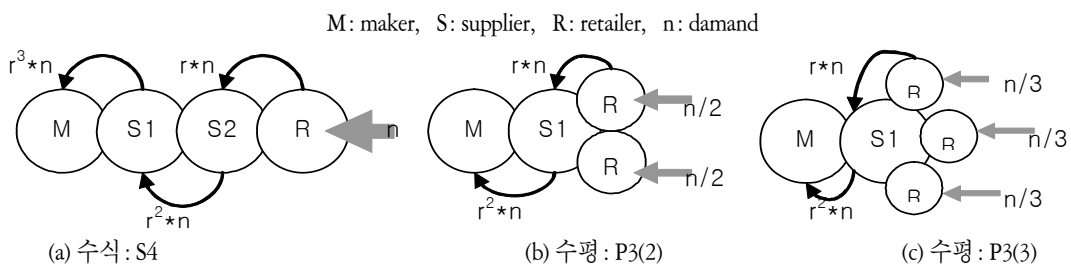


그림 3. 수직구조와 수평구조

에서 황소채적효과는 어떻게 차이가 있는지 살펴보았다. <그림 3>은 수직구조와 수평구조를 간략화 하였다. 수직구조는 4단계(S4)를 지나 고객을 만나는 경우이고, 병렬구조는 3단계(P3)를 지나 고객을 만나게 되고, 고객 접점 부근은 2개(P3(2))와 3개(P3(3))의 판매처가 있다고 가정하였다. 수직구조는 전통적인 공급체인 방식이고, 병렬구조는 할인점 중심의 구조를 나타내었다. 이 경우에는 발생된 수요가 동일하다는 가정하에, 각 단계를 거칠 때 왜곡률(r)은 30% 혹은 100% 일때의 최종 발주량과 고객 수요를 비교하였다. 왜곡률은 발주크기를 제외한

로스(loss), 리드타임, 오작동 등으로 생길 수 있는 황소채적효과를 의미한다. 직렬구조이든 병렬구조이든 최종고객의 수요는 같다고 가정하였다. 즉 점포(R)가 1개일 때는 수요가 10개 발생하고, 점포가 2개일때는 수요가 5개씩 발생한다고 가정하였다. 시뮬레이션 결과는 <표 4>와 같다. 만일 왜곡율 = 1.3, Lot size(발주크기) = 5, Dmnd(수요) =1의 경우를 설명하면, 수요가 1개 발생하였다면, R은 최소 주문량이 5(lot size)개 이므로 5개를 주문한다. S2는 5개의 주문이 왜곡되어 6.5(=5×1.3)로 인식되어, 이를 감당할 수 있도록 하기 위해 S1에 10개를 주문한다. S1은 10개의 주문이 왜곡되어 13(=10×1.3)개로 인식되지만, 발주크기로 인해 15개를 주문한다. M은 15개의 주문을 받지만 왜곡되어 19.5개로 인식하고 20개를 생산한다. 이와 같이 직렬구조와 병렬구조상에서 수요와 발주크기를 변동하여 <표 4>를 얻었다.

일반적으로 수요가 적을때는 동일한 수요량임에도 불구하고 병렬구조가 더 많은 주문량을 필요로 하고 있어 나쁘다. 즉 황소채적효과가 병렬구조에서 더 크게 나타났다. 또한 발주크기가 커질수록 병렬구조가 좋지 않고, 병렬구조의 고객과의 접점이 많아질수록 더욱 나빠진다. 이는 황소채적 효과의 발생원인인 발주크기가 현재의 유통구조상에서 더욱 큰 영향을 끼침을 알 수 있다. 물론 왜곡율이 지나치게 커진다면 직렬구조가 더 나쁘지만, 지나친 왜곡율(로스, 리드타임 증)은 황소채적효과 관점에서 보는 것 보다는 관리상의 문제이다.

표 4. 시뮬레이션 결과

왜곡율 1.30		2.00					
Lot size	Dmnd	S4	P3(2)	P3(3)	S4	P3(2)	P3(3)
5	1	20	20	30	40	40	60
5	2	20	20	30	40	40	60
5	3	20	20	30	80	40	60
5	4	30	20	30	80	40	60
5	5	30	20	30	120	40	60
5	7	30	20	30	120	80	60
5	10	40	40	30	160	80	120
5	13	50	40	55	240	120	120
5	15	50	40	55	240	120	120
5	18	55	50	55	320	160	180
5	20	60	50	55	320	160	180
avg		36.8	30.9	39.1	160.0	83.6	98.2
10	1	40	40	60	80	80	120
10	2	40	40	60	80	80	120
10	3	40	40	60	80	80	120
10	4	40	40	60	80	80	120
10	5	40	40	60	80	80	120
10	7	40	40	60	160	80	120
10	10	60	40	60	160	80	120
10	13	60	40	60	240	160	120
10	15	60	40	60	240	160	120
10	18	80	80	60	320	160	240
10	20	80	80	60	320	160	240
avg		52.7	47.3	60.0	167.3	109.1	141.8
15	1	60	60	90	120	120	180
15	2	60	60	90	120	120	180
15	3	60	60	90	120	120	180
15	4	60	60	90	120	120	180
15	5	60	60	90	120	120	180
15	7	60	60	90	120	120	180
15	10	60	60	90	240	120	180
15	13	90	60	90	240	120	180
15	15	90	60	90	240	120	180
15	18	90	60	90	360	240	180
15	20	90	60	90	360	240	180
avg		70.9	60.0	90.0	196.4	141.8	180.0
20	1	80	80	120	160	160	240
20	2	80	80	120	160	160	240
20	3	80	80	120	160	160	240
20	4	80	80	120	160	160	240
20	5	80	80	120	160	160	240
20	7	80	80	120	160	160	240
20	10	80	80	120	160	160	240
20	13	80	80	120	320	160	240
20	15	80	80	120	320	160	240
20	18	120	80	120	320	160	240
20	20	120	80	120	320	160	240
avg		87.3	80.0	120.0	218.2	160.0	240.0

4.2 발주크기와 황소채적효과

발주크기가 작은 것이 황소채적효과를 줄인다고 널리 언급(Cachon, 1999; Holland and Sodhi, 2003; Potter and Disney, 2006)하기도 했지만, 수직구조에서는 큰 요인으로 작용하지 못했고 또한 경제적 기술적 이유로 인해서 발주크기에 큰 관심을 갖지 않았었다. 초기의 시장은 발주 간격(리드타임)이 길었고, 판매자들의 역할이 판매에만 집중된 소규모 형태였기 때문이다. 하지만 판매자들이 대형화 되면서 분배의 역할이 강화되고, 품종이 다양해졌다. 자연히 발주간격이 짧아져 발주크기도 과

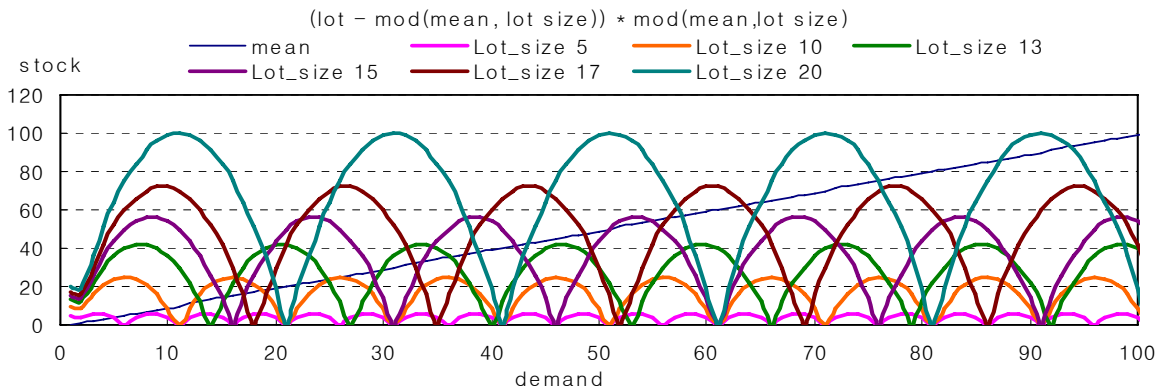


그림 4. 발주크기별 황소채적효과

거보다는 작아졌다. 하지만 여전히 발주크기가 비합리적임을 <표 5>에서 알 수 있다. <표 5>는 2006년도 1년 동안 월마트에서 팔린 DIY제품의 실제 데이터로서, #weeks는 직접 계산(= Units per Store per week/Lot size)하여 삽입한 것으로 점포당 평균 재고 보유 기간(회전율)을 의미한다. 실제로 <표 5>를 보면, 1회 발주시 평균 1달 분량의 재고를 주문하고 있다. 가령 298번 아이템은 10주 가량의 물량이 공급되고 있다. 실제로는 '정수배*발주크기'만큼 발주를 하고 있어, 보유 재고량은 더욱 크다. 가령 단위 발주 주기당 1개 팔리는 제품이 있고, 발주크기가 10개, 점포들이 100개 라고 가정하면, 실제로 10개 팔린 것이지만 제품공급은 1000개가 발생하는 것이다. 즉 <그림 4>처럼 발주크기가 클수록 황소채찍효과는 커진다. <그림 4>는 수요(D)와 발주크기(L)가 상수배(D = kL)의 관계일 때, 즉 수요가 10인 경우에 발주크기가 5 혹은 10일때 가장 적은 재고량을 보유함을 나타낸다. 만일 상수배 관계가 아닐때는, 수요보다 큰 발주크기(kL)가 공급하게 된다. 즉, 수요가 20이고 발주크기가 15이면, 30의 발주량이 공급된다(산술식은 식 (6)으로 표시). 물론 발주크기가 크다고 항상 황소채찍효과가 커지는 것은 아

니다. 그림 4를 보면, 수요가 20~24 사이는 발주크기가 20인 경우가 발주크기 17보다 평균 잔재고가 적지만, 평균재고는 발주크기와 비례한다.

황소채찍효과에서 발주크기와 수요는 밀접한 관계가 있다. 즉, 평균수요량에 따라 적절한 발주크기를 비교하여 선택할 수 있지만, 수요의 변동폭이 큰 경우라면, 적은 발주크기가 좋다.

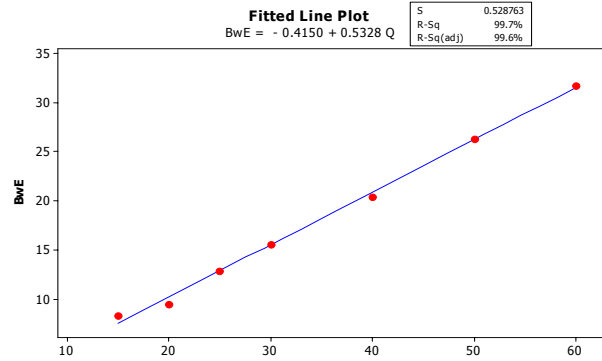


그림 5. 발주크기와 황소채찍효과 관계식

표 5. 실제 데이터의 재고 회전률

item sales data(06)											
Report Options											
Requested ##### 2007 -- --											
Report Columns : Item Nbr, Item Desc 1, Unit Retail, Unit Cost, MU %, Item Status, Item Type											
LPC, POS Sales, POS Qty, Units per Store per Week (w/o zeros)											
Pos Date. (mm/dd/yyyy) Time Range 1 Is Between 01-01-2006 and 12-31-2006											
Selections Include: Store Type Breakdown --> .All Stores											
Item Nbr	POS Sales	POS Qty	Units per Store per Week	Lot Size	#week s	Item Nbr	POS Sales	POS Qty	Units per Store per Week	Lot Size	#week ks
057	1,476	56	3.1	5	1.61	276	175,887	2,449	14.4	10	0.6942
078	39,600	44	4.9	20	4.09	283	8,403	117	1.6	10	6.2393
414	5,708	91	1.4	12	8.70	290	22,876	233	2.3	10	4.4206
421	2,324	71	1.7	12	7.27	297	7,941	208	2.1	10	4.8558
428	13,800	110	1.3	10	7.82	304	15,120	756	4.8	20	4.1799
435	42,100	359	2.2	10	4.51	780	18,524	205	2.2	4	1.7951
442	12,480	624	3.1	10	3.24	787	10,377	232	2.3	10	4.3534
449	8,423	386	2.2	10	4.53	214	4,550	143	1.6	5	3.2168
456	3,120	156	1.3	10	7.44	221	5,891	36	1.3	5	3.8889
463	2,815	129	1.3	10	7.75	228	3,073	65	1.3	5	1.9231
470	16,292	512	2.5	5	1.97	235	4,126	61	1.3	5	3.8235
477	19,686	367	2.1	5	2.41	242	5,193	84	1.6	5	3.0357
484	11,770	121	1.3	5	3.98	249	8,118	95	1.4	5	5.5789
491	11,180	86	1.1	10	8.84	256	8,018	196	1.9	10	5.0651
498	9,237	127	1.3	5	3.78	263	5,250	105	1.5	10	6.8571
505	3,477	239	1.6	10	6.07	270	3,240	66	1.4	10	7.2727
512	7,419	170	1.5	10	6.53	277	10,599	201	1.9	10	5.1741
519	20,498	451	2.5	10	4.04	284	1,860	31	1.2	10	8.0645
526	6,504	135	1.6	5	3.22	291	2,196	35	1.3	10	8
533	9,900	165	1.5	5	3.36	298	4,704	26	1.0	10	9.6154
540	15,010	209	1.6	5	3.09	305	12,551	117	1.4	10	6.9231
547	14,077	163	1.4	5	3.47	312	11,582	26	1.2	4	3.3846
554	10,513	118	1.3	5	3.77	319	2,826	21	1.1	5	4.7619
561	6,120	99	1.3	5	3.79	326	19,783	403	2.7	5	1.861
568	9,891	160	1.4	5	3.59	333	2,649	94	1.4	5	3.5106
575	4,667	87	1.2	5	4.14	340	4,245	203	2.0	10	4.9261
582	11,806	111	1.4	10	7.39	347	14,274	628	4.2	12	2.8652
002	4,140	23	1.0	1	1.04	354	95,393	1,179	9.1	12	1.313
009	2,111	9	1.0	1	1.00	361	40,096	298	3.3	12	3.5839
016	8,840	96	1.3	1	0.77	368	70,732	782	4.9	6	1.2353
023	27,023	205	1.7	1	0.59	375	16,683	248	3.0	6	2.0323
030	6,137	50	1.2	1	0.86	382	33,810	483	4.2	6	1.441
205	91,890	266	2.1	5	2.35	389	6,660	333	2.6	6	2.3063
212	26,282	59	1.3	5	3.73	396	20,090	260	2.2	6	2.7231
982	8,063	245	2.1	10	4.82	403	9,578	301	2.7	6	2.2126
150	54,360	453	4.2	12	2.86	410	3,073	130	2.0	5	2.4615
157	11,571	86	1.3	12	9.35	417	2,269	96	2.1	5	2.3438
164	44,232	306	3.0	12	4.00	424	29,790	331	2.4	5	2.0544
171	26,117	171	2.0	12	5.96	431	13,410	92	1.4	10	7.3913
178	29,392	274	2.5	12	4.77	438	4,896	57	1.2	10	8.4211
185	12,980	121	1.7	12	7.14	445	6,220	66	1.2	10	8.3333
192	44,409	354	3.0	12	4.03	452	10,500	154	1.7	10	5.9091
199	12,169	97	1.4	12	8.54	459	8,220	137	1.6	10	6.4234
206	53,474	1,478	8.1	6	0.74	466	6,021	37	1.1	10	9.4595
213	116,892	2,036	11.2	6	0.54	466	10,437	89	7.4	20	2.6966
220	6,849	279	2.4	6	0.45	153	4,574	39	3.9	20	5.1282
227	12,209	395	2.9	6	2.10	160	1,050	35	4.4	20	4.5714
234	28,923	707	4.1	6	1.45	167	930	31	4.4	20	4.5161
241	8,273	260	2.1	6	2.88	174	26,650	349	18.4	20	1.0888
248	12,771	281	2.2	6	2.75	181	22,221	291	15.3	20	1.3058
255	38,300	766	5.0	6	1.20	286	1,283	84	4.9	20	4.0476
262	20,392	377	2.9	10	3.47	293	1,230	34	3.4	20	5.8824
269	5,212	98	2.3	10	4.39						
AVERAGE			2.3		4.0	AVERAGE			3.3		4.3

<표 6>은 50주기 동안의 수요의 평균이 10, 분산 8인 데이터를 정규분포 상에서 랜덤하게 발생시켜, 발주량에 따라 변하는 황소채적효과를 구하였다. 왜곡률은 없고, 점포 1, 안전재고 20, 초기재고 20이라고 가정하였다. 수요량이 20이하로 떨어지면 발주크기만큼 공급되어지고, 각각의 수요와 발주량의

차이(var(q-d): 발주량)를 구하였다. 이러한 차이의 분산을 구한 값이 Var(Q-D)값이다. 이를 평균으로 나누어준 값이 제시된 측도로 구한 황소채적효과이다. <표 6>과 같이 발주크기에 따라 황소채적효과는 증가하고 있으며, <그림 5>와 같이 발주크기와 황소채적효과는 선형의 관계를 나타내고 있다.

표 6. 발주크기에 따른 황소채적효과

수요량	12	10	8	11	6	14	9	11	12	9	15	7	7	11	11	13	13	10	10	14	12	7	8	14	10	7	10	4	10	11	9	12	14	7	9	7	4	11	16	11	10	13	6	12	8	12	6	14	12	11	평균	Var(Q-D)	#bWE		
재고량(15)	20	23	28	35	24	33	34	25	29	32	23	31	24	28	32	34	21	26	31	32	35	28	35	21	26	34	24	35	25	29	35	23	24	32	31	27	31	30	34	24	26	35	23	30	33	27	28	31	35	29					
재고량(20)	20	28	36	30	39	33	39	30	39	27	38	23	36	29	38	27	34	21	31	21	27	35	28	40	26	36	29	39	35	25	34	25	33	39	32	23	36	32	21	25	34	31	25	33	25	33	27	33	21	30	31				
재고량(25)	20	33	23	40	29	23	34	25	39	27	43	28	21	39	28	42	29	41	31	21	32	45	38	30	41	31	24	39	35	25	39	30	43	29	22	38	31	27	41	25	39	29	41	35	23	40	28	22	33	21	35	32			
재고량(30)	20	38	28	50	39	33	49	40	29	47	38	23	46	39	28	47	34	21	41	31	47	35	28	50	36	26	49	39	35	25	44	35	23	39	32	23	46	42	31	45	34	24	41	35	23	45	33	27	43	31	50	36			
재고량(40)	20	48	38	30	59	53	39	30	59	47	38	23	56	49	38	27	54	41	31	21	47	35	28	60	46	36	29	59	55	45	34	25	53	39	32	23	56	52	41	25	54	44	31	25	53	45	33	27	53	41	30	41			
재고량(50)	20	58	48	40	29	23	59	50	39	27	68	53	46	39	28	67	54	41	31	21	57	45	38	30	66	56	49	39	35	25	64	55	43	29	22	63	56	52	41	25	64	54	41	35	23	65	53	47	33	21	60	44			
재고량(60)	20	68	58	50	39	33	79	70	59	47	38	23	76	69	58	47	34	21	71	61	47	35	28	80	66	56	49	39	35	25	74	65	53	39	32	23	76	72	61	45	34	24	71	65	53	45	33	27	73	61	50	51			
발주량15	15	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	0	15	15	0	15	0	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	15	11					
발주량20	20	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	10				
발주량25	25	0	25	0	0	25	0	25	0	25	0	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	11					
발주량30	30	0	30	0	0	30	0	30	0	30	0	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	11					
발주량40	40	0	40	0	0	40	0	40	0	40	0	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	10					
발주량50	50	0	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	11				
발주량60	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	0	60	0	0	60	0	0	60	0	0	60	0	0	60	0	0	60	0	0	60	11				
V(q-d):15	-3	-5	-7	11	-9	-1	9	-4	-3	9	0	-8	7	-4	-4	-2	13	-5	-5	-1	-3	7	-7	14	-5	-8	10	##	10	-4	-6	12	-1	-8	9	-8	4	-4	1	-4	10	-2	-9	12	-7	-3	6	-1	-3	-4	6	50,09	8,35		
V(q-d):20	-8	-10	8	-9	6	-6	9	-9	12	-11	-13	7	-9	11	-7	13	-10	10	-6	-8	7	-12	14	-10	7	-10	4	10	-9	9	-8	-6	7	9	-13	4	11	-4	-9	10	-7	6	-8	8	-8	6	-6	12	-9	9	85,55	9,51			
V(q-d):25	-13	10	-17	11	6	-11	9	-14	12	-16	15	7	-10	11	-14	13	-12	10	10	-11	-10	7	8	-11	10	7	-15	4	10	-14	9	-13	14	7	-16	7	4	-14	-16	-14	10	-12	6	12	-17	12	6	-11	12	-14	11	142,13	12,92		
V(q-d):30	-18	10	-22	11	6	-10	9	-10	15	-23	7	11	-10	13	13	-20	10	-10	12	7	-22	14	10	-23	10	4	10	-10	9	12	-10	7	9	-23	4	11	-14	11	10	-17	6	12	-22	12	6	-10	12	-10	13	203,18	15,63				
V(q-d):40	-23	10	8	-20	6	14	9	-21	12	9	15	-33	7	11	11	-27	13	10	10	-23	12	7	-32	14	10	7	-31	4	10	11	9	-23	14	7	9	-33	4	11	16	-20	10	13	6	-23	8	12	6	-23	12	11	15	306,78	20,45		
V(q-d):50	-30	10	8	11	6	-30	9	11	12	-41	15	7	7	11	-30	13	10	10	-30	12	7	8	-30	10	7	10	4	10	-30	9	12	14	7	-41	7	4	11	16	-30	10	13	6	12	-42	12	6	14	12	-30	16	421,67	26,35			
V(q-d):60	-40	10	8	11	6	-40	9	11	12	9	15	-53	7	11	11	13	13	-50	10	14	12	7	-52	14	10	7	10	4	10	-40	9	12	14	7	9	-53	4	11	16	11	10	-47	6	12	8	12	6	-40	12	11	17	539,92	31,76		

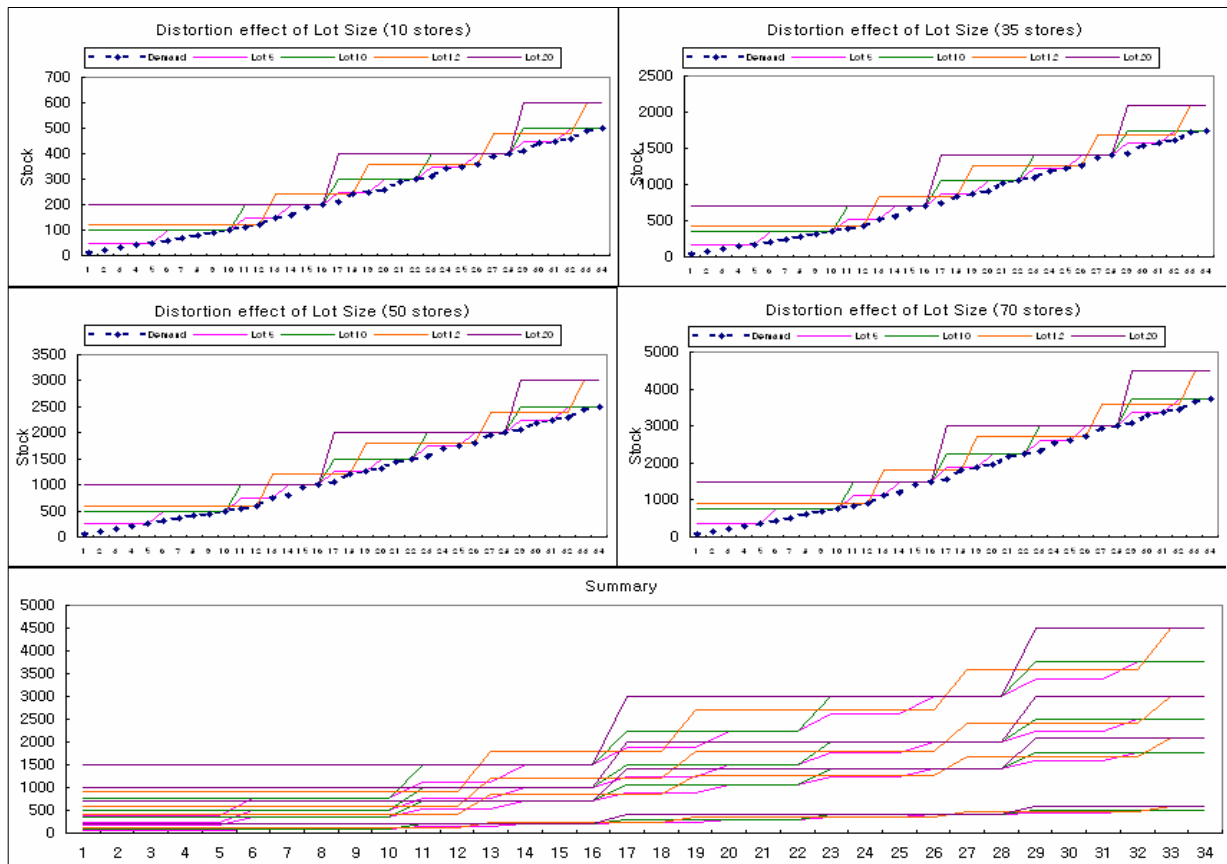


그림 6. 점포수에 따른 황소채적효과

4.3 점포크기와 황소채찍효과

다음의 실험은 점포의 크기에 따라 황소채찍효과가 어떻게 변하는지 살펴보았다. 고객과 점포의 단계만을 고려하였고, N개의 점포는 초기 재고는 없고, 모든 점포의 수요가 동일하게 발생한다고 가정하고 수요를 1~50까지 변경시켰다. 발주크기는 5, 10, 12, 20, 점포수 10, 35, 50, 70일 때 각각의 변화를 살펴 보았다.

<그림 6>에서 점선과 실선들 사이의 차이(gap)는 누적된 재고량이다. 그림에서 알 수 있듯이, 점포수가 많아질수록 황소채찍효과가 커지고, 점포수와 황소채찍효과는 선형의 관계를 갖고 있으며, 이는 새롭게 제시하는 식 (6)과 동일한 결과이다.

$$\text{총 발주량 } Q = (\lfloor D-1/L \rfloor + 1) * L * N \quad (6)$$

(D : 수요량, L : lot size, N : 점포수)

식 (6)은 실제로 발생되고 있는 발주량을 수식화 한 것으로, 가령 1박스(SKU)의 입수가 L개일 때, 수요량(D)이 L보다 적다면 L개씩 N점포만큼(L×N) 발주를 내린다. 일반적으로 D가 커질수록 왜곡률 때문에 황소채찍효과가 커질 것으로 오해하고 있지만, D의 영향은 반드시 L과 같이 고려되어야 한다. 식 (6)은 1단계(고객-판매상) 상에서의 황소채찍효과를 잘 표현해주고 있다. 점포수(N)가 커질수록, 발주크기(L)가 커질수록 황소채찍효과는 선형과 가깝게 증가되고 있으며, 수요를 고려하여 발주크기를 결정하는 것이 바람직하다.

4.4 소량다빈도 발주

현재의 유통구조가 직거래와 대형판매점들로 인해 수평화되고 있고, 이에 따라 발주크기가 황소채찍효과에 주는 영향은 더욱 커졌다. 소량다빈도 발주방식이 고객 서비스의 만족도를 높일 수 있지만, 포장비 및 물류비가 증가할 것이다. 하지만 다핵스텝계도, 대형할인점 중심의 유통구조에서는 물류비를 운송횟수와는 상관없이 납품 물량의 일정비율로 산정하고 있다. 즉, 5회 납품을 하나, 10회 납품을 하나 물류비용은 상관없다. 이때 다빈도에 따른 운송으로 인해 차량 유지 및 운영비가 증가하지만, 실제로 다양한 제품들을 취급하고 있어, 거의 매 주기마다 주문이 발생되어 차량은 상시 운행되고 있는 상황이다(Paik et al., 2006). 따라서 추가적인 물류비용 없이, 적은 발주크기로 주문이 이루어진다면, <표 4>와 <그림 4>와 같이 평균 재고량을 줄일 수 있고, 이에 따른 비용은 많이 절감될 것이다.

5. 결론

오늘날 기업경쟁력은 한 기업의 능력보다는 공급채널상의 능력에 달려 있다는 것에는 이론(異論)이 없다. 하지만, 고객과 접하는 체인의 한쪽은 너무나 급변하고 있고, 대부분의 기업

의 변화는 결국은 시장의 변화에 파생되는 것이다. 다양해진 고객 채널(대형할인마트, 편의점, 전문점, 쇼룸, 백화점 등)을 통해 다양한 고객의 요구를 충족시켜야 되는 환경에서는 발주크기를 점점 줄여나가야만 한다. 발주크기를 줄이는 목적이 단순히 재고량을 줄이는 것이 아니라, 부정적인 황소채찍효과도 줄어들게 되고, 결국은 데이터의 정확성과 투명성을 가져오게 된다. 물론 전통적인 재고이론에서는 발주크기가 적을수록 운송비가 큼을 나타내고 있지만, 현재는 배송시스템도 ‘다빈도 혹은/그리고 정기 발주’로 바뀌어졌다.

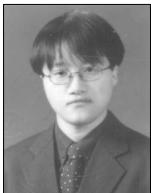
앞으로는 합리적인 소량발주를 위한 혼합 팩킹(packaging)과 소량발주시에 발생하는 매장내의 업무들을 효과적으로 관리할 수 있는 방법들이 연구되어질 필요가 있다. 또한 소량발주를 지원할 수 있는 RFID 기술 적용에 대한 연구도 필요하겠고, 소량발주는 RFID 도입의 타당성을 제시할 수 있다.

어디까지 시장이 변할지 궁금하지만, 매장에 견본(sample)만을 갖다 놓고(완전 무재고), 당일날 제조업체에서 배송(제로 리드타임)되어지는 시대도 멀지 않은 듯하다.

참고문헌

- Alberto, F. F. T. and Elena, Z. (2005), From a traditional replenishment system to vender -managed inventory : A case study from the household electrical appliances sector, *Int.J. Production Economics*, 96, 73-79.
- Baljko, J. L. (1999), Experts warns of Bullwhip effect, *Electronic Buyer's News*, 1170.
- Cachon, G. P. (1999), Managing supply chain demand variability with schedules ordering policies, *Mgt. Sci.*, 45(6), 843-856.
- Chen, F. (1998), Echelon reorder points, installation reorder points, and the value of centralized demand information, *Mgt. Sci.*, 44(12), 221-234.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K. and Simchi-Levi, D. (2000), Quantifying the Bullwhip effect in a simple supply chain : The impact of forecasting, lead times, and information, *Mgt. Sci.*, 43, 436-443.
- Dejonckheere, J., Disney, S. M., Lambrecht, M. R. and Towill, D. R. (2003), Measuring and avoiding the Bullwhip effect : A control theoretic approach, *Eur. J. of Oper. Res.*, 147(3), 567-590.
- Forrester, J. W. (1958), Industrial dynamics : a major breakthrough for decision makers, *Harvard Business Review*, 36, 37-66.
- Fransoo, J. C. and Wouters, M. J. F. (2000), Measuring the Bullwhip effect in the supply chain, *Int.J. Supply Chain Mgt.*, 5(2), 78-89.
- Gavirneni, S. (2005), Price fluctuations, information sharing, and supply chain performance, *Euro.J. of Operation Research*, 1-13, ARTICLE IN PRESS, from www.elsevier.com/locate/ejor.
- Holland, W. and Sodhi, M. S. (2003), Quantifying the effect of batch size and order errors on the Bullwhip effect using simulation, Proceedings of the 8th Logistics Research Network Conference, London, 11th-12nd, 188-195.
- Lee, H. L. and Billington, C. (1992), Managing supply chain inventory : pitfalls and opportunities, *Sloan Mgt. Review*, 33(3), 65-73.
- Lee, H. L., Kut, C. S., and Tang, C. S. (2000), The value of information sharing in a two-level supply chain : The Bullwhip Effect, *Mgt. Sci.*, 46, 626-643.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S. (1997a), The Bullwhip effect in supply chains, *Sloan Mgt. Review*, 38, 93-102.

- Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S. (1997b), Information distortion in a supply chain: the Bullwhip effect, *Mgt. Sci.*, 43(43), 546-558.
- Lin, C. and Lin, Y. T. (2006), Mitigating the bullwhip effect by reducing demand variance in the supply chain, *Int.J. of Adv. Manuf. Technology*, 28, 328-336.
- Miragliotta, G. (2006), Layers and mechanisms: A new taxonomy of the Bullwhip Effect, *Int.J. of Production Economics*, 104, 365-381.
- Naish, H. F. (1994), Production smoothing in the linear quadratic inventory model, *Quarterly Journal of Economics*, 104, 864-875.
- Nienhaus, J., Ziegenbein, A., and Scheoenslben, P. (2006), How human behaviour amplifies the Bullwhip effect, *Production Planning and control*, 17(6), 547-557.
- Park, B. I. and Park, M. S. (2001), Measuring the Benefits of Shared Information in Oil Product Supply Chain, *J. of the Korean Society of Supply Chain Management*, 1(1), 87-96.
- Paik, S. H., Hong, M. S, and Rim, S. C. (2006), Demand Control Chart, IEEE Int. Conf. Service Operations and Logistics, and Informatics, id 520178.
- Potter, A. and Disney, S. M. (2006), Bullwhip and batching: An exploration, *Int. J. Production Economics*, 104, 408-418.
- Pujawan, I. N. (2004), The effect of lot sizing rules on order variability, *Eur. J. of Oper. Res.*, 159(3), 617-635.
- Reddy, A. M. and Rajendran, C. (2004), A Simulation Study of Dynamic Order-up-to Policies in a Supply Chain with Non- Stationary Customer Demand and Information Sharing, *Advanced Manufacturing Technology*, DOI : 10.1007 /s00170-003-1940-3.
- Rinks, D. B. (2002), System dynamics in supply chains, *Proceedings of the 2002 Euroma Conf, Copenhagen*, 443-457.
- Sahin, F. and Robinson, E. P. (2005), Information sharing and coordination in make-to-order supply chains, *J. of Oper. Mgt.*, 23, 579-598.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., and Simchi-Levi, E. (2000), *Designing and managing the Supply Chain Concepts, Strategies, and Case Studies*, McGraw-Hill, Boston.
- Sterman, J. D. (1984), *Introduction for running the Beer Distribution Game*, sloan School of Mgt., Boston.
- Sterman, J. D. (1989), Modeling managerial behavior : misperceptions of feedback in a dynamic decision-making experiment, *Mgt. Sci.*, 35(3), 321-339.
- Svensson, G. (2003), The Bullwhip effect in intra-organizational Echelons, *Int. J. of Physical Distribution & Logistics Mgt.*, 33(2), 103-131.
- Svensson, G. (2005), The multiple facets of the Bullwhip effect: refined and re-defined, *Int. J. Physical Distribution & Logistics Mgt.*, 35(10), 762-777.
- Wang, J., Jia, J. and Takahashi, K. (2005), A study on the impact of uncertain factors on information distortion in supply chains, *Production Planning and Control*, 16(1), 2-11.
- Zhang, X. (2005), Delayed demand information and dampened bullwhip effect, *Operation Research Letters*, 33, 289-294.
- Zhou, L. and Disney, S. M. (2006), Bullwhip and inventory variance in a closed loop supply chain, *OR Spectrum*, 28, 127-149.
- Ziegenbein, A. and Scheoenslben, P. (2006), How human behaviour amplifies the Bullwhip effect, *Production Planning and Control*, 17(6), 547-557.



백 시 현

아주대 산업공학과 학 · 석 · 박사

(주)네오씨앤씨 대표

현재: 중국연변과학기술대학교 상경학부 경영정보학과 부교수, 중국 동북아 RFID 연구소 실행위원

관심분야: SCM(재고관리), 대형할인마트, RFID 응용