

SCOR 모형에 기반한 새로운 제조협업의 협력적 성과지표 개발 및 측정

Development of New Collaborative Key Performance Indicators in Manufacturing Collaboration Based on the SCOR Model

정지환(Jiwhan Jung)*, 정재윤(Jae-Yoon Jung)**
신동민(Dongmin Shin)***, 김상국(Sangkuk Kim)****

초 록

공급사슬과 같은 제조협업을 성공적으로 관리하기 위해서는 효과적인 협업 성과 측정 방법이 필요하다. 기존에 개발된 성과지표들은 주로 기업 내부 업무 또는 아웃소싱의 성과를 측정하기 위하여 개발되었기 때문에, 공동으로 참여하는 제조협업의 성과를 측정하는데 적합하지 않다. 또한, 비용과 같은 일부 성과지표들은 참여기업 간에 이해가 상충되기 때문에 합의 가능한 협업 성과지표의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 공급사슬 표준인 SCOR 모형에 기반하여 제조협업에서 양자가 합의할 수 있는 협력적 성과지표(cKPI : collaborative Key Performance Indicators)를 도출하는 방법을 제안하고, 이를 바탕으로 제조협업에 대한 종합적인 성과 만족도를 측정하는 방법을 제시한다. 특히, 기업간에 체결되는 서비스 수준 계약(SLA : Service Level Agreements)의 특성을 반영하기 위하여, Sigmoid 함수를 이용한 성과 만족도 함수를 도입하였다. 본 연구에서 제시된 협력적 성과 측정 및 관리 방법은 점차 확대되고 있는 협업 프로세스에서 상호 합의할 수 있는 정량적 지표를 개발하고 성과를 측정하는 데 활용함으로써 지속적인 제조협업 개선에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

To effectively maintain manufacturing collaboration, the development of effective performance measurements for the collaboration is required. Most existing key performance indicators however were developed to measure the performances of internal activities or outsourcing of a company. For that reason, it is necessary to devise new key performance indicators that the partners participating in the collaboration can arrange and compromise with each other to reflect their common goals. In this paper, we propose collaborative Key Performance Indicators(cKPIs), which is used to measure the collaboration work of multiple manufacturing partners on the basis of the Supply Chain Operations Reference(SCOR) model. Also, a modified Sigmoid function is devised as a desirability function to reflect the characteristics of Service Level Agreement(SLA) between two partners. The proposed indicators and the desirability functions can be utilized to perform and maintain the successful collaboration by providing a way to the quantitative measurement.

본 논문은 지식경제부에서 수행하는 *i*매뉴팩처링(한국형 제조혁신)사업의 지원을 받아 수행되었음.

* 경희대학교 산업경영공학과 석사과정

** 경희대학교 산업경영공학과 조교수

*** 한양대학교 산업경영공학과 조교수

**** 교신저자, 경희대학교 산업경영공학과 교수

2009년 11월 25일 접수, 2010년 01월 29일 심사완료 후 2010년 02월 10일 게재확정.

키워드 : 제조협업, SCOR 모형, 핵심성과지표(KPI), 만족도 함수
 Manufacturing Collaboration, SCOR, Key Performance Indicators(KPIs),
 Desirability Functions

1. 서 론

최근 제조기업의 주요한 패러다임 변화 중 하나는 개별 기업 간의 경쟁이 아니라 제조 네트워크 간의 경쟁으로 확대되고 있다는 것이다. 과거와는 달리 제품의 경쟁력은 한 기업의 능력보다는 공급사슬에 참여한 기업들의 협업 결과에 의해 좌우되기 때문이다. 따라서 제조협업의 성공여부를 효과적으로 측정하고 지속적으로 관리할 수 있는 방법론의 개발이 절실히 요구되고 있다.

제조업이 효율성과 품질, 유연성과 혁신 등에서 비교경쟁 우위를 확보하기 위해서는 기업 내부 시스템의 개선은 물론 구매자와 공급자 간 즉, 공급사슬에 포함된 모든 관련자간에 효과적인 거래관계의 구축과 관리가 필요하다[3]. 이런 추세는 최근 기업 간 협력 형태가 가상기업(virtual enterprise)과 확장기업(extended enterprise) 등으로 더욱 확대, 강화되면서 효과적인 협업의 성과측정과 관리의 중요성이 더욱 강조되고 있다[4].

그러나 이러한 협력적 성과관리가 필요함에도, 기존의 성과측정 및 관리지표의 대부분은 주로 단일기업의 내부 업무성이나 아웃소싱 성과 측정을 위해 개발되었기 때문에, 공동으로 수행되는 협업의 성과 측정을 하는데 어려움이 있다. 또한, 기존의 협업 성과 측정지표는 종종 참여기업들 간의 개별 목표와 이해가 상충되는 경우가 있어 합의를 통

한 협업 성과지표의 개발 및 관리 방법이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 사회적 필요성을 반영할 수 있는 새로운 제조협업 간 협력성과 지표(cKPI : collaborative Key Performance Indicators)를 도출하고 관리하는 방안을 제시하고자 한다. 특히, 공급사슬 프로세스 표준 참조모형인 SCOR 모형(Supply-Chain Operations Reference)을 바탕으로 제조협업 프로세스를 분석하고 협력적 성과지표(cKPI)를 도출하였다. 또한, 도출된 cKPI를 이용하여 제조협업에 대한 종합적 성과 만족도를 측정하는 방법을 제시하였다. 동시에 협력기업 간에 체결되는 서비스 수준 계약(SLA : Service Level Agreements)의 특성을 반영하기 위하여 Sigmoid 함수를 이용한 수정된 성과만족도함수(Modified Sigmoid Function)를 새로이 개발하였다.

cKPI는 협력 기업들이 공동의 목표를 성취하기 위하여 설정될 수 있고, 제조 네트워크의 협업 프로세스 수행 과정에서 성과 측정 및 관리 기준으로 활용될 수 있다. 본 연구는 중소 제조기업들의 협업 지원을 위한 *i* 매뉴팩처링 사업의 일환으로 진행 중이며, 협업 프로세스 관리 시스템에 시범 적용될 예정이다. 본 연구에서 제시한 협업성과 측정모델과 만족도 함수는 기업 간의 협업 성공결과를 보다 객관적인 입장에서 측정할 수 있게 함으로써 협업의 촉진과 개선에 큰 공헌

을 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 관련연구를 소개하고, 제 3장에서는 SCOR 모형을 바탕으로 제조협업 성과관리를 위한 프레임워크와 함께 cKPI 도출 과정에 대하여 설명한다. 제 4장에서는 cKPI를 바탕으로 제조협업의 종합적 성과 만족도를 계산하는 과정을 설명한다. 제 5장에서는 제시된 방법론을 i매뉴팩처링의 자동차 부품 설계변경 프로세스를 대상으로 적용 예시를 보여주고, 제 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 i매뉴팩처링 - 한국형 제조혁신 사업

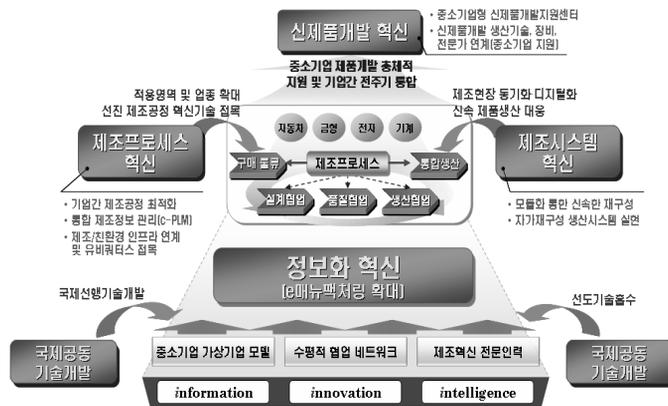
i매뉴팩처링 사업은 제품기획에서 개발·설계·구매·생산·서비스에 이르는 모든 단계에서 협업 네트워크를 구축하기 위해 한국생산기술연구원에서 2005년부터 수행 중인 제조혁신사업이다. 웹 기반 제조협업 포탈 사

이트가 구축 운영되고 있으며, 현재 약 400여 개의 중소 제조기업이 i매뉴팩처링 시스템을 활용하여 비용 절감 및 생산성 증가 등의 효과를 거두고 있다[8].

<그림 1>은 i매뉴팩처링 사업의 개요를 보여주고 있다. 정보화 혁신, 제조프로세스 혁신, 제조시스템 혁신, 신제품개발 혁신의 4대 목표를 달성하기 위하여, 자동차, 금형, 전자, 기계 산업 부문을 대상으로 대표적인 제조협업인 구매/물류, 제조프로세스, 통합생산의 과정을 전자적으로 지원하고 있다[2]. 최근에는 기능 고도화를 위해 협업 프로세스 설계 및 관리 기능을 추가하여 협업허브를 개선하고 있으며, 본 연구는 제조협업에서 합리적인 성과 측정과 관리 방안을 제시하기 위해 수행되었다.

2.2 협력적 성과지표 관리

Wheelwright and Bowen[14]은 제조우위 확보를 위한 경쟁력으로 원가, 품질, 납기, 유연성과 같은 요인들을 제시하였고, Gill and Abend



<그림 1> i매뉴팩처링 사업 개요

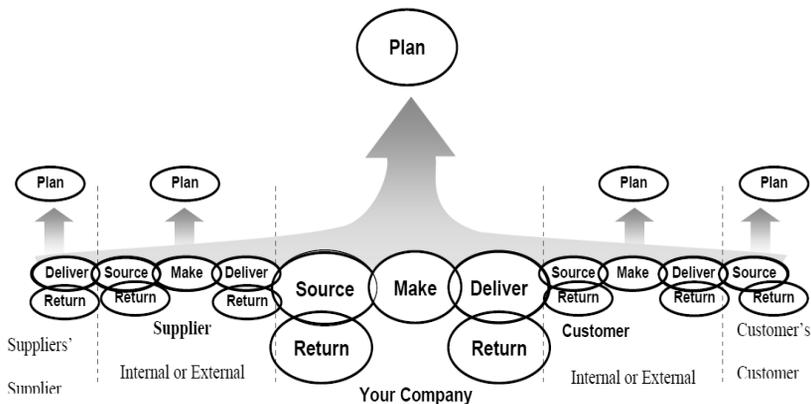
[5]는 물류의 효율성 제고, 공급사슬 간 비용 절감, 재고감축, 리드타임 단축을 주요 지표로 제시하였다. Guiniperof[6]는 공급자 평가 기준이 납기준수율, 불량률, 원가절감률, 싸이클타임과 같은 전통적인 측면에서 부품 개발률, 원가총액 및 전사적 경비 절감, 전체 공정시간 향상 등으로 변화하고 있다고 주장하였다. Shin et al.[11]은 공급자 측면의 성과를 리드타임, 적시 인도, 인도의 신뢰성, 품질, 비용 등으로 보았는데, 구매자 측면의 성과로는 전통적인 생산관리활동의 성과인 품질, 인도, 비용, 유연성 등을 언급하였다. 또한, 공급사슬에 관한 성과측정 방법으로는 Peter와 Thomas[10]이 공급사슬 경영의 주요 목표를 BSC (Balanced Scorecard)와 결합하여 공급사슬 성과를 평가하는 포괄적인 구조를 제시하였는데, 공급사슬 성과측정을 공급사슬 경영 목적 관점, 고객 이익 관점, 재무적 이익 관점, 공급사슬 경영 개선 관점으로 나누어 분석하였다.

한편, Supply Chain Council에서 개발한 공급사슬 표준 프로세스 모형인 SCOR는 공급

사슬 프로세스를 설계하고 성과를 측정하며, 측정된 결과를 반영하는 체계적인 성과관리 방법론을 제공하고 있다[12]. SCOR 모형은 <그림 2>와 같이 계획(plan), 조달(source), 생산(make), 배송(deliver)의 네 가지 프로세스를 포함한다. 상위 수준의 성과지표로는 신뢰성(reliability), 대응성(responsiveness), 유연성(flexibility), 비용(costs), 자산(assets)을 제시하고, 공급사슬의 성과를 고객 및 내부 관점에서 균형 있게 측정할 수 있도록 도와준다. 상위 성과지표는 다시 하위 성과지표들로 계층적으로 구분되며, 이들은 공급사슬의 세부 프로세스와 연계됨으로써 결과를 측정하고 분석할 수 있게 한다[13]. SCOR는 본 연구에서 대상으로 하는 공급사슬 상에서 발생할 수 있는 전반적인 프로세스 및 성과지표를 다루고 있기 때문에 본 연구의 참조모델로 효과적으로 사용될 수 있다.

2.3 만족도 함수

만족도 함수(desirability function)는 다양



<그림 2> SCOR 모형의 관리 프로세스 영역[13]

한 기준으로 프로세스를 평가하고 입력 값을 조정할 수 있도록 Harrington[7]에 의하여 처음 개발되었으며, 현재 다양한 다기준 의사결정 분야에서 활용되고 있다. 만족도 함수는 측정값을 0~1사이의 만족도 값으로 환산하는데, Kim와 Lin[9]은 측정변수들의 특성을 고려하기 위하여 선형함수 대신에 지수함수를 이용한 비선형 만족도 함수를 제안하였으며, 신혜경과 홍유신[1]은 이를 공급사슬의 성과측정에 도입하였다. 이 연구들은 변수를 LTB (Larger-The-Better), STB(Smaller-The-Better), NTB(Nominal-The-Best)의 세 가지 유형으로 나누고, 각 변수에 대한 최대값 Y_{max} , 최소값 Y_{min} , 목표값 T 를 설정하였다. 여기에서 LTB는 양품률이나 납기준수율과 같이 크면 클수록 좋은 변수이고, STB는 사이클타임이나 비용과 같이 작으면 작을수록 좋은 변수이며, NTB는 특정 목표값에 가까우면 좋은 변수를 의미한다. 세 가지 유형에 따라 변수 측정값 Y 에 대하여 z 값을 식 (1)~식 (3)으로 계산한 후, 다시 식 (4)에 의해 만족도 $d(z)$ 를 계산하였다. 만족도 분포는 식 (4)의 상수 t 를 조정함으로써 <그림 3>과 같이 다양한 형태의 함수로 도출될 수 있다.

$$z = (Y_{max} - Y) / (Y_{max} - Y_{min}) \text{ if } Y \text{ is LTB (1)}$$

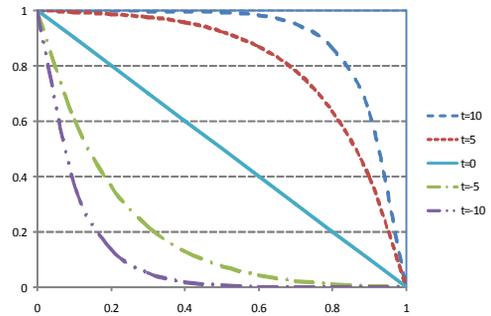
$$z = (Y - Y_{min}) / (Y_{max} - Y_{min}) \text{ if } Y \text{ is STB (2)}$$

$$z = (Y - T) / (Y_{max} - T) \text{ if } Y \text{ is NTB (3)}$$

or $z = (Y - T) / (T - Y_{min})$

$$d(z) = \begin{cases} \frac{e^t - e^{t|z|}}{e^t - 1} & \text{if } t \neq 0 \\ 1 - |z| & \text{if } t = 0 \end{cases} \quad (4)$$

그러나 기존에 제시된 만족도 함수는 본 연구의 대상인 다수 제조기업 간의 협업 성



<그림 3> t값에 따른 지수 만족도 함수 변화

과의 척도로 사용하는 데는 몇 가지 한계가 있다. 첫째, 지수 만족도 함수의 경우 지표의 Y_{max} , Y_{min} 에 접근할수록 기울기가 커짐으로써 지표의 최대값과 최소값에 더욱 민감해지지만, 일반적인 제조협업의 성과지표에서는 Y_{max} , Y_{min} 값이 존재하지 않거나, 존재하여도 무의미한 경우가 많다. 예를 들어 조달 소요시간 지표의 경우 최대값 Y_{max} 가 현실적으로 존재하지 않으며, 최소값 Y_{min} 은 0이지만 현실의 조달 프로세스에서는 실현될 수 없는 값이다.

둘째, 지수 만족도 함수는 협력기업 간에 체결되는 서비스 수준 계약(SLA)에서 명시된 관리 기준값을 반영하기 힘들다. 예를 들어 조달 소요시간과 같은 지표는 납기 기한과 같은 임계값을 만족시키도록 모니터링하고 관리하는 것이 중요하다. 그러나 지수 만족도 함수에서는 이 값이 최대값과 최소값을 벗어나면 기울기가 완만해지기 때문에 이를 반영할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 최대값 및 최소값에 크게 영향을 받지 않고, 임계값에 보다 민감한 형태인 Sigmoid 형태의 만족도 함수를 수정한 새로운 만족도 함수를 개발하였다.

3. 제조협업 성과관리

3.1 협업 프로세스 성과관리 프레임워크

본 연구에서는 다수의 제조업체가 참여하여 공동으로 수행하는 제조협업에서의 협력적 성과관리를 위하여 <그림 4>와 같은 프레임워크를 제시하고자 한다. 제안된 협업 프로세스 성과관리 프레임워크는 크게 협업 프로세스 참조 모형과 협업 성과지표(cKPI)의 개발 그리고 실시간 협업 모니터링과 협업 성과 분석 및 프로세스 개선요소를 포함하고 있다. 그 각각의 내용을 간략하게 설명하면 다음과 같다.

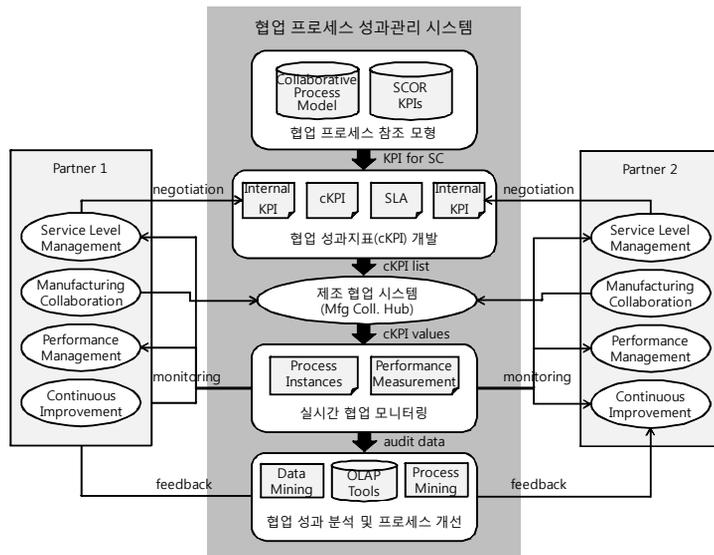
먼저, 협업 프로세스 참조 모형은 제조협업 프로세스 참조 모형을 저장하고 있으며, 관심대상인 제조협업의 특성에 따라 커스터마이징이 가능하다. 협력적 제품 데이터 관리 모듈과 연동하여 활용할 수 있으며, 업무 성

과지표로 사용할 수 있는 SCOR 모형의 KPI 목록도 함께 제공한다.

협업 성과지표 개발 도구는 다수의 제조업체가 협력하여 성과를 측정할 수 있는 cKPI를 도출하고, 개발된 지표를 협업 프로세스 모형에 적용하는 기능을 제공한다. cKPI는 SCOR 모형을 참조하여 선정하고, SLA를 바탕으로 참여기업들이 상호 공통 목표 성취를 위한 지표와 각 기업들의 KPI를 연계하여 개발한다.

실시간 협업 모니터링 도구는 도출된 cKPI를 바탕으로 협업 프로세스 실행 과정에서 발생하는 협업 성과를 평가할 수 있는 모니터링 시스템을 제공한다.

마지막으로 협업 성과 분석 도구는 cKPI의 결과를 분석함으로써 협업 참여기업들이 상호 개선할 수 있는 데이터 분석기능을 제공한다. cKPI를 바탕으로 각자 담당 업무의 개선 방안을 분석함으로써 프로세스 개선에 반영할 수 있도록 지원한다.



<그림 4> 협업 프로세스 성과관리 프레임워크

3.2 협력적 성과지표

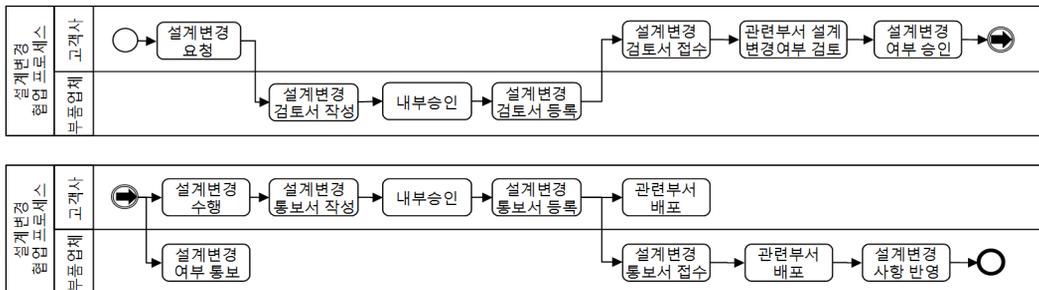
본 연구에서는 제조협업을 위한 협력적 성과지표(cKPI)를 개발하기 위해 SCOR 모형을 참조하였다. SCOR는 공급사슬 프로세스 참조 모형을 계층적으로 제공하고 있으며, 최상위 수준인 Level 1 프로세스의 경우 신뢰성(reliability), 대응성(responsiveness), 유연성(flexibility), 비용(costs), 자산/assets)의 다

섯 가지 지표를 제공한다. Level 2 프로세스에서는 총 40개의 성과지표를 제시하고 있다. 본 연구에서는 제조협업 프로세스의 cKPI를 개발하기 위하여, SCOR 모형의 Level 2 성과지표를 참조하였으며, <표 1>은 제조 부문의 Level 2 프로세스와 성과지표를 보여주고 있다.

cKPI 선정을 위한 예제로 <그림 5>의 부품 설계변경 협업 프로세스를 사용하였다. <그

<표 1> SCOR 성과지표 예시(제조 부문)

프로세스	성과지표	프로세스	성과지표	프로세스	성과지표
(M1) Make-to-Stock	Cash-To-Cash Cycle Time	(M2) Make-to-Order	Cash-To-Cash Cycle Time	(M3) Engineer-to-Order	Cash-To-Cash Cycle Time
	Cost of Goods Sold		Cost of Goods Sold		Cost of Goods Sold
	Cost to Make		Cost to Make		Cost to Make
	Downside Make Adaptability		Downside Make Adaptability		Downside Make Adaptability
	Make Cycle Time		Inventory Days of Supply (WIP)		Inventory Days of Supply (WIP)
	Order Fulfillment Cycle Time		Make Cycle Time		Make Cycle Time
	Return on Supply Chain		Order Fulfillment Cycle Time		Order Fulfillment Cycle Time
	Fixed Assets		Perfect Order Fulfillment		Return on Supply Chain
	Return on Working Capital		Return on Supply Chain		Fixed Assets
	Upside Make Adaptability		Fixed Assets		Return on Working Capital
Upside Make Flexibility	Return on Working Capital	Upside Make Adaptability			
Yield	Upside Make Adaptability	Upside Make Flexibility			
	Yield		Yield		



<그림 5> 부품 설계변경 협업 프로세스

림 5>는 고객사와 부품업체가 자동차 부품에 대한 설계안을 검토하고 수정 반영하는 과정을 보여주고 있다. SCOR 모형을 참조하여 예제 프로세스에 대한 cKPI 목록을 <표 2>와 같이 도출하였다. cKPI는 업체별 KPI와 연계하여 측정되며 설계변경 사이클타임에 대한 cKPI 명세서는 <표 3>과 같다.

4. 제조협업 성과 만족도 측정

4.1 Sigmoid 만족도 함수

일반적으로 서비스 수준계약(SLA)은 협력기업 간에 일정 수준의 서비스 품질을 보장하도록 규정하고 있으며, 규정된 서비스 수준

<표 2> cKPI 정의 및 계산식 예시

cKPI#	cKPI 명칭	정 의	계산식
DC1	설계변경 사이클타임	고객사와 부품업체가 참여하여 부품 설계변경에 소요된 전체 시간	(부품업체 설계변경 검토기간)+(고객사 설계변경 실행기간)+(부품업체 설계변경 반영기간)
DC2	설계변경 요청 항목수	설계상의 오류 또는 추가 요청으로 인하여 설계변경을 수행한 총 항목수	(고객사 추가 요청 설계변경 항목수)+(고객사 설계 오류로 인한 설계변경 항목수)+(부품업체 제조공정에 따른 설계변경 항목수)
DC3	설계변경 승인율	설계변경 요청에 대한 승인 반영 비율	(양사의 설계변경 승인건수)/(양사의 설계변경 요청 항목수)
DC4	설계변경 납기 준수율	고객사 발주에 따른 협력업체의 납기 이행률	(부품업체 납기내 완료건수)/(고객사 발주건수)
DC5	설계변경 손실 비용	협력업체들간의 설계변경 요청에 의해 제반된 설계변경 손실 비용	(고객사 설계변경 손실비용)+(부품업체 설계변경 손실비용)

<표 3> cKPI 상세 예시(설계변경 사이클타임)

cKPI #	DC1	cKPI 명칭	설계변경 사이클타임	SCOR Metric	Make Cycle Time
정 의		설계변경 프로세스를 수행하는 데 걸린 총 소요기간			
목 적		협력업체들의 설계변경에 소요되는 시간과 비용 단축하기 위함			
계산식		(설계변경 사이클타임) = (부품업체 설계변경 검토기간)+(고객사 설계변경 실행기간)+(부품업체 설계변경 반영기간)			
입력값	KPI 명칭	정 의		관리기관	목표
	설계변경 검토기간	("설계변경 검토서 등록" 종료시점) — ("설계변경 검토서 작성" 시작시점)		부품업체	↓
	설계변경 실행기간	("설계변경 통보서 등록" 종료시점) — ("설계변경 검토서 접수" 시작시점)		고객사	↓
	설계변경 반영기간	("설계변경 사항 반영" 종료시점) — ("설계변경 통보서 접수" 시작시점)		부품업체	↓
측정 프로세스	설계변경 협업 프로세스		유 형	STB(Smaller-The-Better)	
측정 주기	프로세스 인스턴스 수행시 매회 측정				
특성값	목표값		최소값		최소값
	↓		0		∞

을 만족시키지 못하면 위약금을 부담하도록 되어 있다. 본 연구에서는 SLA를 통하여 보장하고자 하는 서비스 수준을 임계값이라고 정의하였으며, 임계값 s 에 대한 민감도를 반영하기 위하여 만족도 함수로서 Sigmoid 함수를 도입하였다. 본 논문에서는 Sigmoid 함수의 기본형태로 식 (5)의 Logistic 함수를 사용하였다.

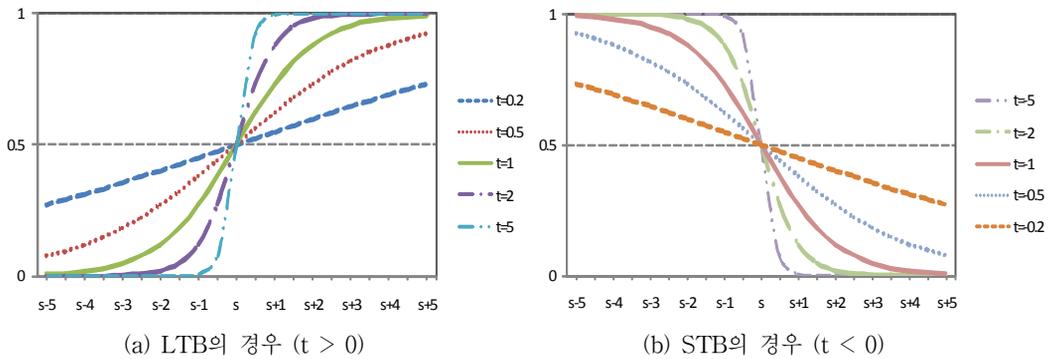
$$d(x) = \frac{1}{1 + e^{-t(x-s)}} \quad (5)$$

본 연구에서는 성과지표를 LTB와 STB로 나누어 적용하였으며, Sigmoid 만족도 함수는 계수 $t > 0$ 일 때 증가함수가 되며 LTB 지표를 표현할 수 있고, $t < 0$ 일 때는 감소함

수가 되고 STB 지표를 표현할 수 있다. <그림 6>은 t 값의 변화에 따른 Sigmoid 함수의 형태 변화를 보여주고 있다. 제2.3절에서 언급한 것처럼 기존의 만족도 함수와는 달리, Sigmoid 만족도 함수는 성과지표의 Y_{max} , Y_{min} 값에 영향을 받지 않고 0과 1사이의 만족도 값을 얻을 수 있으며, 임계값 s 의 근처에서 민감해지는 특성을 가지고 있다.

일반적으로 SLA의 임계값 s 를 중심으로 미달시($x < s$)와 s 초과시($x > s$)에 만족도의 변화율이 다르므로, <표 4>와 같이 s 미달시와 s 초과시로 구분하여 비대칭 만족도 함수를 적용할 수 있다. 비대칭시 미달시와 초과시의 만족도 함수의 계수 t 값을 각각 a , b 라고 가정하였다.

각 cKPI의 만족도 함수 계수 a , b 는 전문

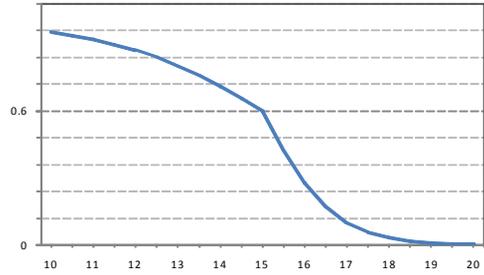


<그림 6> Logistic 함수를 이용한 Sigmoid 만족도 함수

<표 4> 만족도 함수 계산식

유형	LTB(Larger-The-Better)	STB(Smaller-The-Better)
만족도 함수	$d(x) = \frac{2h}{1 + e^{-a(x-s)}}$ if $x < s$	$d(x) = \frac{2-2h}{1 + e^{-a(x-s)}} - 1 + 2h$ if $x < s$
	$d(x) = h$ if $x = s$	$d(x) = h$ if $x = s$
	$d(x) = \frac{2-2h}{1 + e^{-b(x-s)}} - 1 + 2h$ if $x > s$	$d(x) = \frac{2h}{1 + e^{-b(x-s)}}$ if $x > s$

가와의 면담을 통해 결정할 수 있다. 임계값 s 에서의 만족도를 h 라고 할 때 면담을 통하여 (s, h) , (x_i, y_i) 를 얻고, 이 값들로부터 만족도 함수 계수 a, b 를 각각 <표 5>와 같이 결정할 수 있다. 계수 a, b 를 결정하는 데 각각 하나의 (x_i, y_i) 로도 결정되지만, 다수의 전문가가 면담을 통해 가장 적절한 만족도 함수를 찾아내는 과정을 반복하여야 하고, 또한 도출된 각 성과지표에 대한 만족도 함수는 다시 성과관리자에 의해 검토하는 과정을 거치는 것이 바람직하다. 예를 들어, STB인 설계변경 싸이클타임에 대하여 $(s, h) = (15, 0.6)$, $(x_1, y_1) = (13, 0.8)$, $(x_2, y_2) = (17, 0.1)$ 을 얻었다면, $a = -0.973$, $b = -1.199$ 이 되고 <그림 7>과 같은 만족도 함수가 생성되면 성과관리 담당자를 통하여 적절성 여부를 확인하여야 한다.



<그림 7> 비대칭 만족도 함수 예시($s=15$, $h=0.6$, $a=-0.973$, $b=-1.199$ 인 STB)

쌍대비교 등의 기법을 통하여 조정할 수 있다. 이러한 과정을 통하여 각 cKPI에 대하여 만족도 함수값 $d(x_i)$ 과 가중치 w_i 가 주어지면, 종합적 성과 만족도 D 는 식 (8)과 같이 계산할 수 있다.

$$D = (d(x_1))^{w_1} d(x_2)^{w_2} \dots d(x_n)^{w_n} \quad (8)$$

4.2 종합적 성과 만족도 측정

본 연구에서는 제조협업의 종합적 성과측정을 위하여 cKPI들의 성과 만족도를 가중기하평균하는 방법을 사용하였다. cKPI의 만족도 계산을 위해서는 먼저 연관된 개별 업체의 KPI 값을 측정하는 것 이외에, 성과측정 담당자 면담을 통하여 cKPI 간의 상대적 가중치를 결정해야 한다. 만일 다수의 전문가에 의하여 상대적 가중치를 측정하는 경우에는

측정된 종합적 성과 만족도 D 는 식 (9)와 같이 각 cKPI가 임계값 s_i 일 때의 종합적 성과 만족도와 비교될 수 있으며, 이는 측정된 종합적 성과 만족도가 임계수준보다 전반적으로 만족도가 높거나 낮게 형성되었음을 판단할 수 있게 한다. 임계수준의 종합적 성과 만족도는 식 (9)와 같이 표현된다.

$$D_s = (d(s_1))^{w_1} d(s_2)^{w_2} \dots d(s_n)^{w_n} \quad (9)$$

<표 5> 만족도 함수 계수 결정

유형	LTB(Larger-The-Better)	STB(Smaller-The-Better)
계수 결정	$a = \frac{1}{s-x_i} \ln\left(\frac{2h}{y_i} - 1\right) \quad \text{if } x_i < s$ $b = -\frac{1}{x_i-s} \ln\left(\frac{2-2h}{y_i-2h+1} - 1\right) \quad \text{if } x_i > s$	$a = \frac{1}{s-x_i} \ln\left(\frac{2-2h}{y_i-2h+1} - 1\right) \quad \text{if } x_i < s$ $b = -\frac{1}{x_i-s} \ln\left(\frac{2h}{y_i} - 1\right) \quad \text{if } x_i > s$

5. 제조협업 성과 측정 예제

본 연구에서는 제조협업 성과 측정 과정을 설명하기 위하여 <그림 5>에 제시된 부품 설계변경 프로세스를 예제로 사용하였다. 앞서 설명한 바와 같이, SCOR 모형의 Level 2 성과지표를 바탕으로 cKPI를 설정하고, 업무담당자로부터 성과지표의 특성 데이터와 업체별 KPI 측정값을 수집하였다. 예제 프로세스에 대한 cKPI 목록은 <표 2>에 제시된 것과 같으며, <표 3>은 그 중 STB 유형인 설계변경 사이클타임의 상세정보를 보여주고 있다.

cKPI를 측정하기 위해서는 <표 2>에 제시된 계산식을 활용하게 되며, 여기에 필요한 KPI 데이터를 <표 6>과 같이 수정해야 한다. 예를 들어, cKPI인 설계변경 사이클타임을 계산하기 위해서는, 부품업체의 KPI인 설계변경 검토기간과 설계변경 반영기간을 측정해야 하며, 고객사의 KPI인 설계변경 실행기간을 측정해야 한다. 양사의 KPI는 각자가

설계하고 운영중인 비즈니스 프로세스 관리 시스템의 개별적 성과지표로 정의되어 자동으로 입수되어, 협업 프로세스 성과관리 시스템으로 전달되어야 한다.

cKPI 성과지표에 따라 종합적인 만족도 D 에 미치는 영향이 동일하지 않으므로, 각각의 cKPI들의 중요도를 성과측정 담당자와의 면담을 통해 가중치(w)를 파악하고, 식 (8)에 결과를 대입하여 종합적 성과 만족도를 산정하였다.

<표 7>은 제조협업의 종합적 성과 만족도를 산정하기 위한 각 cKPI의 측정값과 지표 특성, 만족도 함수의 계수, 만족도 계산값 및 가중치를 보여주고 있다. 개별 cKPI의 만족도에서는 설계변경 손실 비용, 설계변경 납기 준수율에서 꽤 높은 만족도를 나타내었고, 설계변경 요청 항목수, 설계변경 승인율은 상대적으로 낮은 만족도를 나타내었다. 설계변경 손실 비용(STB)의 경우, 임계값 $s_5 = 8000$ 에 비하여 측정값이 $x_5 = 5100$ 으로 매우 우수하

<표 6> cKPI에 관련된 KPI 측정값

협력기업	KPI	유형	측정값	연결 cKPI#
고객사	설계변경 실행시간	STB	6	DC1
	추가 요청 설계변경 항목수	STB	6	DC2
	설계 오류로 인한 설계변경 항목수	STB	4	DC2
	고객사 설계변경 요청건수	STB	2	DC3
	고객사 설계변경 승인건수	LTB	1	DC3
	고객사 발주건수	STB	11	DC4
	고객사 설계변경 손실비용	STB	3400	DC5
부품업체	설계변경 검토기간	STB	5	DC1
	설계변경 반영기간	STB	3	DC1
	제조공정에 따른 설계변경 항목수	STB	7	DC2
	부품업체 설계변경 요청건수	STB	2	DC3
	부품업체 설계변경 승인건수	LTB	2	DC3
	납기내 완료건수	STB	10	DC4
부품업체 설계변경 손실비용	STB	1700	DC5	

〈표 7〉 cKPI의 종합적 성과 만족도 계산

cKPI	특성값	측정값 x_i	지표 특성			만족도 함수 계수		만족도 및 가중치	
			유형	s_i	h_i	a_i	b_i	w_i	$d(x_i)$
DC1	설계변경 싸이클타임	14	STB	15	0.6	-0.973	-1.199	0.28	0.707
DC2	설계변경 요청 항목수	17	STB	10	0.5	-0.277	-0.085	0.11	0.356
DC3	설계변경 승인율	0.75	LTB	0.8	0.8	4.888	19.459	0.14	0.439
DC4	설계변경 납기 준수율	0.91	LTB	0.9	0.8	4.888	21.972	0.21	0.822
DC5	설계변경 손실 비용	5100	STB	8000	0.5	-0.000732	-0.000275	0.26	0.893
가중평균된 종합적 성과 만족도 D								0.673	

게 나왔고, 설계변경 납기 준수율(LTB)은 임계값 $s_i = 0.9$ 와 유사한 $x_i = 0.91$ 이 나왔지만, 두 지표의 만족도는 $d(x_5) = 0.893$ 과 $d(x_4) = 0.822$ 로 비슷하게 나왔다. 이는 두 지표의 임계값에 대한 기준 만족도가 기업에 따라 각각 $h_5 = 0.5$ 과 $h_4 = 0.8$ 로 큰 차이가 나기 때문이다.

이러한 개별 cKPI의 만족도는 가중치에 의해서 다시 종합적 성과 만족도로 산출된다. 본 예제에서는 설계변경 싸이클타임, 설계변경 손실 비용, 설계변경 납기 준수율, 설계변경 승인율, 설계변경 요청 항목수의 순서로 가중치가 높게 나왔으며, 그 결과 식 (8)에 의한 종합적 만족도는 $D = 0.673$ 로 계산되었다. 이는 <표 7>에 나열된 s_i 값들로 측정되는 경우인, 임계수준의 종합적 성과 만족도 $D_s = 0.620$ 보다 조금 더 높은 수준의 만족도를 얻었음을 알 수 있다.

5. 결 론

제조업의 경쟁이 심화됨에 따라 제조기업 간의 협업의 중요성이 증대되고 이러한 협업 간의 성과를 효과적으로 측정하고 관리하는

방법이 더욱 중요해지고 있다. 기존의 성과지표들은 주로 어떤 특정 기업의 내부성과 측정이나 아웃소싱 기업을 평가하기 위하여 개발되었다. 그러므로 그러한 지표들은 제조협업의 성과를 측정하는 데는 적절하지 못한 측면이 많았다. 또한 일부 성과지표들은 참여 기업 간에 이해가 상충될 수 있기 때문에 참여 기업 간에 협력을 통해 협업성과지표를 개발하고 측정을 하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 새로운 요구를 반영할 수 있는 협력적 성과지표(cKPI) 개발을 협업 기업 간에 합의를 통해 도출하는 방안을 제안하였으며, 도출된 cKPI를 바탕으로 종합적 성과 만족도를 측정하는 방법을 제시하였다. cKPI를 산출을 위해서는 SCOR 모형을 활용하였으며, 종합적 성과 만족도는 성과지표를 가중평균하는 방법으로 계산하였다. 또한 기존의 만족도 함수 방식과는 달리 본 논문에서는 일반적인 제조협업의 성과지표들이 Y_{max} , Y_{min} 와 같은 상한 값과 하한 값을 객관화할 수 없다는 문제점을 해결하고, 기업 간에 체결되는 SLA 상의 임계값(최소 만족치)을 반영할 수 있도록, Sigmoid 함수를 변형한 성과 만족도 함수(Modified Sigmoid Function)

를 새로이 개발하였다.

기존의 연구들이 정성적인 측면의 성과 측정 방법을 주로 다룬 반면에, 본 연구는 만족도 함수를 사용하여 협업 성과의 계량적 측정 방법을 제시하였다. 이는 협업 네트워크의 지속적인 성과 측정 및 개선에 활용될 수 있으며, 동일한 협업을 수행하는 다수의 기업들 간의 성과를 비교 분석할 수 있는 계량적 방법을 제시하였다는 데 의의가 있다.

제조협업이 점차 확대, 강화됨에 따라 본 연구와 같은 협력적 성과 측정 및 관리 방법은 중요한 의미를 가질 수 있을 것으로 기대된다. 즉 상호 합의를 통해 성과측정지표를 개발하고, 개발된 지표에 따라 성공 정도를 계량적으로 평가함으로써 기업 간 협업이 지속적으로 이루어질 수 있도록 도와주고, 동시에 협업의 방식을 개선하는데 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 cKPI 간의 상호 연관성에 따른 성과 만족도 측정과 정성적인 지표와 정량적인 지표를 포괄할 수 있는 방법론에 대해 연구가 필요하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 신혜경, 홍유신, “SCOR 모델과 만족도 함수를 이용한 공급사슬의 성과 측정 프레임워크 개발에 관한 연구”, *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 6, No. 1, 2007, pp. 155-170.
- [2] 이석우, “제조협업 허브 : i매뉴팩처링(한국형 제조혁신)사업”, *기계저널*, 대한기계학회, 제47권, 제4호, 2007, pp. 45-51.
- [3] Busi, M. and Bititci, U. S., “Collaborative performance measurement : a state of the art and future research,” *International Journal of Performance and Productivity Management*, Vol. 55, No. 1, 2006, pp. 7-25.
- [4] Browne, J. and Zhang, J., “Extended and virtual enterprises-similarities and differences,” *International Journal of Agile Management Systems*, Vol. 1, No. 1, 1999, pp. 30-6.
- [5] Gill, P. and Abend, J., “Wal-Mart : The supply chain heavyweight champ,” *Supply Chain Management Review*, Vol. 1, No. 1, 1997, pp. 8-16.
- [6] Guinipero, L., “Purchasing’s Perception of Supply Chain Management’s Benefits,” *CAPS Report*, NAPM, 1995.
- [7] Harrington, E. C., Jr., “The Desirability Function,” *Industrial Quality Control*, Vol. 21, No. 10, 1965, pp. 494-498.
- [8] i-Manufacturing Portal Site, Korea Institute of Industrial Technology, 2005, <http://www.i-mfg.com/>.
- [9] Kim, K. J. and Lin, D. K. J., “Simultaneous optimization of mechanical properties of steel by maximizing exponential desirability functions,” *Applied Statistics*, Vol. 49, No. 3, 2000, pp. 311-325.
- [10] Peter, C. B. and Thomas, W. S., “Using the balanced scorecard to measure supply chain performance,” *Journal of Business*

- Logistics, Vol. 21, No. 1, 2000, pp. 467-483.
- [11] Shin, H., Collier, D. A., and Wilson, D. D., "Supply management orientation and supplier/buyer performance," *Journal of Operations Management*, Vol. 18, No. 3, 2000, pp. 317-333.
- [12] Supply Chain Council Web Site, 1996. <http://www.supply-chain.org/>.
- [13] Supply Chain Operations Reference Model SCOR Version 8.0, Supply-Chain Council, Inc., 2006.
- [14] Wheelwright, S. C. and Bowen, H. K., "The Challenge of Manufacturing Advantage," *Production and Operations Management Journal*, Vol. 5, No. 1, 1996, pp. 59-77.

저 자 소 개



정지환 (E-mail : ojingya82@khu.ac.kr)
 2008년 경희대학교 산업경영공학과 (학사)
 2008년~현재 경희대학교 산업경영공학과 (석사 과정)
 관심분야 BPM, BPO, MIS, RFID, KPI



정재운 (E-mail : jyjung@khu.ac.kr)
 1999년 서울대학교 산업공학과 (학사)
 2001년 서울대학교 산업공학과 (석사)
 2005년 서울대학교 산업공학과 (박사)
 2005년~2006년 네덜란드 아인트호벤공대 초빙연구원
 2006년~2007년 유비쿼터스컴퓨팅 원천기술개발지원센터
 2007년~현재 경희대학교 산업경영공학과 전임강사, 조교수
 관심분야 비즈니스 프로세스 관리(BPM), 유비쿼터스 서비스 컴퓨팅, 인터넷 비즈니스



신동민 (E-mail : dmshin@hanyang.ac.kr)
 1994년 한양대학교 산업공학과 (학사)
 1996년 포항공과대학교 산업공학과 (석사)
 2005년 펜실베니아 주립대학교 산업공학과 (박사)
 1996년~2001년 현대자동차(주) 남양연구소 연구원
 2005년~2006년 펜실베니아 주립대학교 산업공학과 박사후 연구원
 2006년~현재 한양대학교 산업경영공학과 전임강사, 조교수
 관심분야 이산사건 시스템 모델링, 인간-자동화 협업 시스템, 정보 기술 응용 및 서비스 공학



김상국 (E-mail : sangkkim@khu.ac.kr)
 1975년 서울대학교 기계공학과 (학사)
 1979년 서울대학교 경제학과 (학사)
 1984년 University of Wisconsin 경영학과 (석사)
 1989년 University of Wisconsin 경영학 (박사)
 2007년 한국지능정보시스템학회 회장
 2009년 한국경영정보학회 회장
 1989년~현재 경희대학교 산업경영공학과 교수
 관심분야 경영전략, BPR, 경영정보시스템