
환경성을 고려한 새로운 그린 Product Family 지수 개발

서광규*, 전한구**

Development of a New Green Product Family Index Considering Environmental Performance

Kwang-Kyu Seo*, Hangoon Jeon**

요약 글로벌 시장에서 경쟁하기 위하여 많은 기업들은 제품의 다양성을 증가시키고, 고객의 요구사항을 만족시키고, 리드타임을 줄이고, 비용을 줄이기 위하여 product family를 적용하고 있다. 성공적인 product family를 위한 핵심 요인은 플랫폼을 도출하는 것이다. Product family를 설계할 때, 제품의 공통성과 차별성간의 절충을 해결하는 것이 중요하다. Product family내에서 공통성을 평가하기 위해서 공통성 지수를 개발하는 것이 필요하다. 공통성 지수는 공통 부품수, 비용, 제조 공정 등과 같은 서로 다른 변수들을 이용한다. 본 연구에서는 선행 연구된 공통성 지수를 벤치마킹하여 환경성을 고려한 새로운 product family 평가 지수인 그린 product family 지수(GPFI)를 개발하고자 한다. 기존에 개발된 공통성 지수들과 본 연구에서 개발된 GPFI와의 비교연구를 통하여 제안한 지수의 적합성과 효과성에 대하여 검증한다. 궁극적으로 본 연구에서 제안하는 새로운 개발한 그린 product family 지수는 환경친화적인 product family를 설계하고 개발하는 데 도움이 될 것이다.

주제어 : Product family, 공통성, 환경성, 그린 product family 지수

Abstract To compete global marketplace, many firms are adopting product families to increase variety, satisfy customer requirements, shorten lead-times and reduce costs. The key to a successful product family is the platform from which it is derived. When designing product families, it is important to resolve the tradeoff between product commonality and distinctiveness. To measure the commonality within a product family, it is necessary to develop the commonality index. It utilizes different parameters such as the number of common components, their cost, their manufacturing processes and so on. This paper present a new product family assessment index using the benchmarking method and considering environmental performance called green product family index(GPFI). Through the comparison analysis between some previous developed commonality indices and GPFI, we verify the suitability and effectiveness. Eventually, the proposed a new green product family assessment index can be helpful to design and develop the environmentally conscious product families.

Key Words : Product Family, Commonality, Environmental Performance, Green Product Family Index

1. 서론

고객의 요구에 대한 빠른 대응과 유연하고 효율적으로 새로운 제품을 적기에 개발하기 위해서는 제품 플랫폼에 기초한 대량 맞춤이 요구된다. 이러한 목적을 달성

하기 위하여 기업들은 상대적으로 생산비용을 낮게 유지하면서 대량생산의 이점을 유지하고 동시에 고객의 요구사항을 만족시키기 위해, product family를 도입하고 가능하면 작은 변화를 통하여 제품의 다양성을 유지하고자 한다. Product family란 공통의 특성, 구성품과 서비스

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2012R1A1A4A01012457)

*상명대학교 경영공학과 교수(교신저자)

**상명대학교 경영공학과 석박사통합과정

논문접수: 2013년 2월 4일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2013년 2월 28일, 확정일: 2013년 3월 20일

템을 공유하는 상호 연관된 일련의 제품으로서 다양한 시장 분야를 만족하는 것을 정의되며 product family를 구현하기 위해서는 제품 플랫폼의 개념도 중요한데, 제품 플랫폼은 주어진 제품 가족 내에서 제품과 제품 간에 일정한 값을 가지는 일련의 공통된 파라미터, 특성이나 구성품을 의미한다[1].

Product family를 설계할 때 중요한 이슈는 제품의 공통성(commonality)과 차별성(distinctiveness)간의 절충점을 어떻게 찾아낼 것인가인데, 이를 위하여 개발된 것이 product family내에서 부품의 공통성을 평가하는 방법이다. Product family의 공통성을 평가하기 위한 선행 연구들은 다양하게 진행되어 공통성 평가지수들도 개발되었는데, 이들은 서로 다른 부품의 형태 수, 부품의 크기/모양과 같은 기하학적 특성, 부품에 사용되는 자재, 생산을 위한 제조공정, 부품 조립 및 결합의 방법 등을 고려하여 개발되었다[1, 2].

최근 들어, 제품에 대한 소비자들의 다양한 요구 사항들이 증가함에 따라, 제품들은 성능, 품질과 신뢰성, 가격 경쟁력, 디자인, 사용의 용이성과 함께 제품의 환경성을 고려한 제품의 설계나 제조가 요구되고 있다. 이에 따라 제품의 설계단계에서부터 원료 획득, 부품 생성, 제품 제조공정, 제품 사용, 그리고 폐기 단계의 제품 life cycle동안의 환경성을 고려해야만 한다.

따라서 본 연구에서는 구성 부품과 서브시스템을 공유하는 product family의 환경성을 고려한 새로운 product family 평가 지수 개발하고, 개발한 평가지수를 사용하여 product family를 평가하고자 한다. 이를 위하여 기존의 선행연구에서 개발된 공통성 평가지수들을 비교분석하고 이를 벤치마킹하여 환경성을 고려한 새로운 그린 product family 평가 지수를 개발하고 product family를 대상으로 이를 평가하고자 한다.

2. Product family 공통성 평가 지수

Product family 설계를 통한 제품을 개발하기 위해서는 플랫폼에 기반한 product family를 설계하게 되는데, 이때 중요하게 고려하여야 하는 것이 제품의 복잡도를 결정하는 요인을 파악하고 제품의 설계와 제조과정에서의 변화를 최소화하는 것이 필요하다. 일반적으로 product family 설계 및 개발을 위한 설계팀은 하나의 기능이 전체 product family를 통해서 어떻게 구현되는 지를 고민

하여야 하고, 이를 위하여 product family를 구성하는 각 제품들의 부품에 대한 크기, 모양, 자재, 부품의 제조 과정, 조립 방법 등의 기능을 종합적으로 평가해야 한다[3].

이상에서 언급한 product family를 구성하는 제품들의 플랫폼을 가능하게 해 주는 것이 바로 구성부품의 공통성(commonality) 지수로 선행연구에서는 이러한 product family의 공통성 평가를 위한 지수들의 개발되어 적용되고 있는데, 본 연구에서는 <표 1>에서 보는 바와 같이 대표적인 6개의 공통성 평가 지수들을 간략하게 소개한다. 보다 상세한 내용은 참고문헌을 살펴보기 바란다.

<표 1> 공통성 평가 지수관련 선행 연구

Name	Developed by	Commonality measure for:	Zero Commonality	Complete Commonality
DCI	Degree of Commonality Index Collier[1981]	The whole family	1	$\beta = \sum_{j=1}^{i+d} \Phi_j$
TCCI	Total Constant Commonality Index Wacker and Trelevan[1988]	The whole family	0	1
PCI	Product Line Commonality Index Kota, Sethuraman and Miller[2000]	The whole family	0	100
%C	Percent Commonality Index Siddique, Rosen and Wang [1998]	Individual products	0	100
CI	Commonality Index Martin and Ishii [1997]	The whole family	0	1
CI ^(C)	Component Part Commonality Jiao and Tseng [2000]	The whole family	1	$\alpha = \sum_{j=1}^d \sum_{i=1}^m \Phi_{ij}$

먼저, Collier에 의해 제시된 Degree of Commonality Index (DCI)는 구성부품 표준화의 가장 전통적인 측정방법으로 product family 내의 구분되는 평균 부품수대비 공통 부모 아이템의 평균 부품수를 반영한 것으로 최초의 공통성 평가 지수이다[4]. Wacker와 Trelevan에 의해 제시된 The Total Constant Commonality Index (TCCI)는 DCI의 수정 버전으로 DCI와 달리 TCCI의 범위를 0부터 1사의 값으로 표현하였다[5]. Kota 등이 제시한 The Product Line Commonality Index (PCI)는 product family내의 부품의 공통성은 물론 제품의 제조라인의 공통성까지 반영한 지수를 제안하였다[6]. Siddique 등이 제안한 The Percent Commonality Index (%C)는 부품, 부품과 부품간의 연결 및 조립의 세 가지 관점을 모두 고려하여 제안한 공통성 평가지수이다[7]. Martin과 Ishii가 제시한 The Commonality Index (CI)는 유니크한 부품들(unique parts)의 측정척도로 DCI와 유사하며, CI의 범위도 0과 1사이의 값이다[8]. Jiao와 Tseng이 제시한 The Component Part Commonality Index (CI^(C))는 DCI의 확장한 버전으로 제품의 볼륨 및 부품의 비용을 고려하여 공통성을 평가하였다[9].

3. 그린 Product Family 지수 개발

Product family 설계를 통한 제품을 개발하기 위해서는 플랫폼을 설계하여야 하고, 이때 중요하게 고려하여야 하는 것이 제품의 복잡도를 결정하는 요인을 파악하고 제품의 설계와 제조과정에서의 변화를 최소화하는 것이 필요하다. Product family내에서 구성 부품들의 표준화를 수행하게 되면 제품 개발 시간 및 비용, 제조 비용 및 Jig/Fixture 비용 등을 절감할 수 있다. 새로운 product family를 발하기 위해서는 제품 설계 및 개발팀은 제품의 핵심 기능이 전체 product family내에서 어떻게 구현되는지를 파악하여야 하고, 제품설계 팀은 product family를 구성하는 제품들의 여러 부품들에 대하여 크기, 모양, 재질, 제조과정, 조립을 위한 Jig/Fixture, 역학, 구동성 등을 종합적으로 연구하고 이를 종합적으로 평가하여야 한다.

글로벌 경쟁 환경에서 제조 기업은 제조 원가를 최대한 낮추면서 다양한 고객의 니즈를 만족시킬 수 있는 방법을 필요로 하고 이에 대응하기 위한 대표적인 방법이 product family간의 플랫폼을 가능하게 해 주는 것이 바로 구성부품의 공통성(commonality) 평가 지수이다. 공통성 구현에 따른 장점은 비용감소와 product family내의 다른 제품에서 적용된 부품을 사용함으로써 인한 개발 단계에서의 소요시간과 위험의 감소 및 생산 설비의 감소, Jig/Fixture 준비 및 설치비용이 감소 등 다양한 장점들을 가지고 있다.

공통성 평가 지수와 관련된 선행 연구는 전절에서 6가지 대표적인 사례들을 소개하였다. 본 연구에서는 기존의 선행연구에서 개발된 공통성 평가지수들을 비교분석하고 이를 벤치마킹하고 환경성을 고려한 새로운 그린 product family 지수인 GPFI(Green Product Family Index) 개발하기로 하는데, 본 연구에서 개발한 GPFI를 소개하면 다음과 같다.

GPFCI에서는 공통성을 평가를 위해서 다음과 같은 요인을 고려한다.

- 서로 다른 부품의 형태의 수(부품의 크기/모양과 같은 기하학적 특성)
- 부품의 자재(material)
- 생산을 위한 조립 방법 및 조립 시간
- 부품의 재이용성(reusability)
- 부품의 재활용성(recyclability)

이상의 요소에 기초하여 새로운 지수인 GPFI는 다음과 같이 정의한다.

$$GPFI = \frac{1}{3} \left[\left(\sum_{i=1}^N (G1 + G2) \right) / P + \left(\sum_{i=1}^N G3 \right) / N \right] \times 100 \quad (1)$$

G1: 친환경성 평가요소중 부품의 공통성과 재사용성

G2: 친환경성 평가요소중 부품의 재활용성

G3: Product family내의 제품의 조립공정시간

P = Product family의 총 부품 수

N = Product family내의 제품 수

GPFI 계산공식 (1)의 G1, G2, G3는 서로 독립이라고 가정하고, GPFI는 0에서 100사이의 퍼센트 값으로 표시된다. GPFI 값이 0이면 product family의 여러 모델간에 공통의 부품이 없음을 의미하며, 만약 공통으로 같이 사용된다면 부품들의 크기/모양, 자재, 조립 방법, 부품의 재이용성 등이 전부 다름을 의미한다. 만약 GPFI 값이 100이면 공통의 부품이 여러 모델간에 전부 공유되고 크기/모양, 자재, 조립 방법, 부품의 재이용성 등이 완전히 동일함을 나타낸다.

GPFI를 계산하기 위한 방법을 간략하게 설명하면 다음과 같다.

먼저, G1은 product family내의 제품들을 구성하고 있는 부품이 완전히 일치하였을 경우 재사용 가능한 것으로 가정한다. 이는 제품을 구성하는 부품들의 variant와 common으로 파악하고 부품들이 동일한 것이 몇 개인지 파악하고, 동일한 부품개체가 몇 집합으로 구분되는지를 파악한 후에 이 두 값을 곱하여 합산한 후에 product family를 구성하는 제품수로 나눈다. 이렇게 G1값을 구하면 product family의 공통성을 평가할 수 있고 동시에 친환경성을 고려한 부품의 재사용성을 평가할 수 있게 된다.

다음으로 G2는 product family내의 제품들을 구성하고 있는 부품이 동일한 재질로 구성되었을 경우에는 재활용이 가능한 것으로 가정한다. 이는 제품을 구성하는 동일 재질의 부품수를 product family를 구성하는 제품수로 나눈다. 이렇게 G2값을 구하면 product family의 친환경성을 고려한 부품의 재활용성을 평가할 수 있게 된다.

마지막으로 G3은 product family내의 제품을 구성하는 부품들의 조립의 표준시간을 측정시간으로 나눈 값의 총합을 총 부품 수로 나눈 값이다. 이는 product family내

의 각 제품의 조립공정의 측정시간에서 불필요한 요소를 제거한 시간인 표준시간을 적용함으로써 공정의 낭비요소를 줄임으로써 친환경성을 반영하기 위해 도입되었다.

4. 사례 연구

본 연구에서 제안한 GPFI의 적용성과 효과성을 검증하기 위하여 사례 연구를 수행한 결과를 기술한다.

4.1 대상 선정 및 제품 분해

본 연구에서는 사례연구를 위한 [그림 1]에서 보는 바와 같이 product family 대상으로 H사의 스탠드 5종을 선정하였고, [그림 2]에서 보는 바와 같이 product family의 공통성 평가와 GPFI의 계산을 위한 기초 데이터 수집을 위해 스탠드 제품들을 분해하였고, 부품의 정보(무게, 크기/모양, 재질 등)를 수집하였다.



[그림 1] Product family 대상 선정



[그림 2] Product family 분해

<표 2> 공통성 지수 (PCI) 계산 사례

Product Commonality Index											
Parts	Module Type	3500L	4000L	5000L	7707L	9200L	ni	...			
Hat (동작)	variant	3	1	1	2	1	2	1	1	5	...
Reflect Plate (반사판)	common	0	1	1	1	1	1	1	0	3	...
Lamp (램프)	common	1	1	1	1	1	1	1	1	5	...
pillar (기둥)	variant	1	1	1	2	1	1	1	1	5	...
Body (본체)	variant	1	1	1	2	1	1	3	1	5	...
Power Plug (전원 플러그)	common	1	1	1	1	1	1	1	1	5	...
Switch (스위치)	variant	2	1	1	3	1	2	1	1	5	...
Switch Lamp (스위치 램프)	common	1	1	0	0	1	1	0	2
Power Plate (전원판)	variant	1	1	2	3	1	4	1	5	1	5
Swing Plate (회전판)	common	1	1	0	0	1	1	0	2
Pad (받침대)	variant	1	1	2	1	3	1	1	4	1	5
Sum ni*f1i*f2i*f3i		23.760									
Sum 1/ni^2		0.931									
Number of non differentiating part P		8									
Number of products N		5									
PCI		58.43%									

<표 3> 공통성 지수 계산 결과 요약

공통성 지수	지수값
DCI	1.81
TCCI	0.46
PCI	58.43%
%C	49.85%
CI	0.61
CI ^C	3.35

4.3 그린 Product Family 지수(GPFI) 평가

다음 단계에서는 H사의 스탠드 5종을 대상으로 3장에서 정의한 GPFI의 계산하기로 한다. <표 4>는 GPFI의 계산과정과 결과를 보여주고 있다.

<표 4> GPFI 계산 과정 및 결과

Green Product Family Index															
Parts	Module Type	HL 3500P	HL 4000P	HL 5000P	HL 7707P	HL 9200P	Equal Part	Equal Material	Reuse G1	Recycle G2	G1+G2				
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	D	E			
Hat	variant	3	1	1	2	1	1	2	2	3	0.8	0.6	1.4		
Reflect Plate	common	0	1	1	1	1	0	3	1	3	0.6	0.6	1.2		
Lamp	common	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1.0	1.0	2.0		
pillar	variant	1	1	1	2	1	1	1	4	1	5	0.8	1.0	1.8	
Body	variant	1	1	1	2	1	1	3	1	3	1	5	0.6	1.0	1.6
Power Plug	common	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1.0	1.0	2.0	
Switch	variant	2	1	1	3	1	2	1	1	2	3	0.8	0.6	1.4	
Switch Lamp	common	1	1	0	0	1	1	0	2	1	2	0.4	0.4	0.8	
Power Plate	variant	1	1	2	3	1	4	1	5	1	1	1	0.2	0.2	0.4
Swing Plate	common	1	1	0	0	1	1	0	2	1	2	0.4	0.4	0.8	
Pad	variant	1	1	2	1	3	1	1	4	1	2	0.4	0.4	0.8	
Produce time G3		0.573	0.617	0.63	0.536	0.622									
SUM G1 + G2												14.2			
Average G3												0.596			
Number of Part P												11			
Number of Products N												5			
GPFI												62.89%			

<표 4>에서 보는 바와 같이 GPFI의 계산을 위하여 product family내의 제품과 구성부품들의 데이터를 바탕으로 G1, G2, G3을 각각 계산하고, 식 (1)에 의하여 최종적으로 GPFI를 계산하였는데, GPFI는 62.89%이었다.

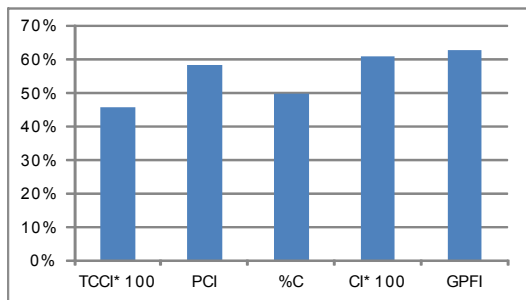
GPFI는 62.89%라는 것은 대상 product family의 부품의 공통성이 높으며 동시에 재이용성과 재활성이 높음을

알 수 있다.

4.4 지수간의 비교 분석

본 절에서는 이상에서 적용한 공통성 지수와 본 연구에서 정의한 GPFI를 비교분석하기로 한다. 전술한 바와 같이 GPFI는 0부터 100가지의 값을 가질 수 있도록 정의되었다. 본 연구에서 적용한 6가지의 공통성 지수중에서 PCI와 %C이 경우는 GPFI와 마찬가지로 0부터 100까지의 범위를 가지므로 동일한 범위라 직접적인 비교가 가능하다. 그리고 TCCI와 CI의 경우는 0부터 1까지의 범위를 가지므로 직접적인 비교가 되지 않아 이 두 지수에는 100을 곱하여 동일한 범위의 값으로 변환하여 비교하였다. 그리고 나머지 두 지수는 범위가 달라 비교대상에서 제외하였다.

이상에서 기술한 대로 4가지의 공통성 지수와 GPFI의 비교결과는 [그림 3]과 같다. [그림 3]에서 보는 바와 같이 본 연구에서 정의한 GPFI는 다른 공통성 지수와 비교하여 보면 상대적으로 약간 높은 값을 보이고 있으며, 지수 값도 다른 공통성 지수와 유사한 경향을 보이고 있어서 새롭게 정의한 GPFI도 product family를 평가하는 것이 가능함을 확인하였다.



[그림 3] 공통성 지수와 GPFI간의 비교

5. 결론

점점 더 치열해지는 글로벌 시장에서 경쟁하기 위하여 많은 기업들은 제품의 다양성을 증가시키고, 고객의 요구사항을 만족시키고, 리드타임을 줄이고, 비용을 줄이기 위하여 product family 개념을 적용하고 있다. 성공적인 product family를 위한 핵심 요인은 플랫폼을 도출하는 것으로 이는 product family를 설계할 때, 제품의 공통

성을 기반으로 한다. 이러한 product family내에서 공통성을 평가하기 위해서 선행연구에서는 공통성 지수를 평가하기 위한 다양한 방법들이 제안되었는데, 본 연구에서는 이러한 선행 공통성 평가 방법을 벤치마킹하고 제품의 환경성을 고려한 새로운 product family의 평가지수인 GPFI를 제안하였다.

본 연구에서 제안한 GPFI는 부품의 크기/모양, 부품의 자재, 생산을 위한 조립 방법 및 조립 시간, 부품의 재이용성 및 재활용성을 고려하여 정의되었고, H사의 스탠드 5종의 분해결과를 통해 수집한 데이터를 이용하여 이를 평가하고 다른 공통성 평가지수와의 비교분석을 통해 제안한 GPFI의 적용가능성과 효과성에 대하여 논의하였다.

향후 연구로는 본 연구에서 제안한 GPFI를 다양한 product families에 적용하여 GPFI의 적용가능성과 효과성에 대한 추가적인 검증이 필요하며 GPFI의 평가결과를 반영한 새로운 친환경 product family 설계 전략을 도출하는 것도 필요하다.

궁극적으로 본 연구에서 제시하는 새로운 GPFCI는 연구결과는 고객의 요구에 대한 빠르고 유연하게 대응하여 효율적으로 새로운 제품을 적기에 개발하기 위한 개념인 product family와 최근 들어 더욱 더 중요하게 대두되고 있는 환경친화적인 제품 개발의 요구를 모두 반영한 새로운 방법론의 제시가 가능하며 친환경적인 product family를 설계하고 개발하는 데 도움이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 김태운, 양성민, 김희복 (2006). 산업공학에서의 창의 설계 교육 사례연구 - 제품가족디자인을 중심으로. 공학교육연구, 9(3), 49-61.
- [2] 김태운 (2007). 제품가족의 기능적 구조 모델링. 제어·로봇·시스템학회 논문지, 13(3), 256-262.
- [3] 서광규 (2010). Product Family의 부품공통성 평가방법의 비교연구. 산업경영시스템학회지, 33(4), 23-27.
- [4] Collier, D. A. (1981). The Measurement and Operating Benefits of Component Part Commonality. Decision Sciences, 12(1), 85-96.
- [5] Wacker, J. G. and Trelevan, M., (1986), Component Part Standardization: An Analysis of Commonality Sources and Indices. Journal of Operations Management, 6(2), 219-244.

- [6] Kota, S., Sethuraman, K. and Miller, R. (2000). A Metric for Evaluating Design Commonality in Product Families. ASME Journal of Mechanical Design, 122(4), 403-410.
- [7] Siddique, Z., Rosen, D. W. and Wang, N. (1998). On the Applicability of Product Variety Design Concepts to Automotive Platform Commonality. Design Theory and Methodology, ASME, Paper No. DETC98/DTM-5661.
- [8] Martin, M. V. and Ishii; K. (1997). Design for Variety: Development of Complexity Indices and Design Charts. Advances in Design Automation (Dutta, D., ed.), ASME, Paper No. DETC97/DFM-4359.
- [9] Jiao, J. and Tseng, M. M., (2000). Understanding Product Family for Mass Customization by Developing Commonality Indices. Journal of Engineering Design, 11(3), pp. 225-243.

서 광 규



- 2002년 8월 : 고려대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2012년 3월~현재 : 상명대학교 경영공학과 교수
- 관심분야 : 경영정보시스템, 클라우드 컴퓨팅, 디지털 산업정책, IT 융합 등

· E-Mail : kwangkyu@smu.ac.kr

전 한 구



- 2007년 2월 : 상명대학교 산업정보시스템공학과 학사
- 2012년 3월~현재 : 상명대학원 일반대학원 경영공학과 석박사통합과정 재학
- 관심분야 : 로봇기술, 융합기술 등

· E-Mail : enter19@nate.com