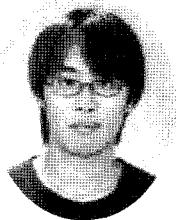


협업 기능의 분석 및 재구성 방안



류 광 열
부산대학교
산업공학과
kyryu@pusan.ac.kr



이 상 일
부산대학교
산업공학과
lscall@pusan.ac.kr



목 학 수
부산대학교
산업공학과
hsmok@pusan.ac.kr



홍 원 표
한국생산기술연구원
융합생산기술연구부
wonpyodr@kitech.re.kr



최 현 중
한국생산기술연구원
디지털협업센터
choihz@kitech.re.kr

1. 서론

최근 제조 기업은 급변하는 환경과 소비자 요구에 빠르게 대처하기 위하여 기초 인프라 확충과 함께 이를 이용할 수 있는 IT 및 e-Business를 도입함으로써 다양한 요소 기술 및 인터넷 기반 기술을 적용하고 있다. 또한 오늘날의 기업은 급변하는 글로벌 시장에서의 경쟁우위를 확보하기 위해서는 독자 기업의 역량만으로는 부족하며, 따라서 협업을 통한 기업군의 역량이 더욱 중요해지고 있다. 대형 제조 기업은 자체의 역량을 혁신하기 위한 방법의 일환으로 MES (Manufacturing Execution System), PLM (Product Lifecycle Management), PDM (Product Data Management) 등 다양한 정보시스템을 도입하고 있는 추세이지만, 규모가 작은 중소기업의 경우 정보시스템 구축을 위한 비용, 인력 등의 문제로 인해 시스템의 도입이 힘든 실정이다.

다양한 정보시스템 중 하나인 협업시스템은 특히 중소기업으로 하여금 모든 비즈니스 주체를 연결시켜 줄 수 있어 그들의 경쟁력을 향상시키는데 크게 기여할 수 있다. 여기서 말하는 협업의 의미는 기존의 오프라인 상에서의 협업이 아닌, 인터넷 및 IT 기술을 이용한 온라인 협업을 뜻한다. 일반적으로 가장 효과적인 협업의 형태는 오프라인과 온라인이 융합된 형태의 협업이며 두 가지 협업이 동시에 진행됨으로 인한 시너지 창출이 가능하다. 또한 협업시스템은 앞서 언급한 MES, PLM, PDM과 더불어 ERP (Enterprise Resource Planning), CRM (Customer Relationship Management) 등 여러 정보시스템의 기능 중 만일 협업을 위해 필요하다고 판단될 경우 그 기능을 모두 협업시스템 내에 포함할 수 있다는 점에서 다른 정보시스템과 다르다고 할 수 있다. 즉, 협업시스템은 한마디로 다양한 정보시스템의 협업에 필요한 기능만을 모아놓은 복합체로 볼 수 있다.

국내에서는 2004년부터 중소기업의 온라인 기술협업 지원을 위해 i매뉴팩처링(한국형 제조혁신) 사업이 추진 중에 있다. 협업시스템은 초기 사출금형 부문을 시작으로 프레스금형 및 자동차 부품생산 지원을 위한 시스템 개발이 현재 진행되고 있으며, 향후 기계부품 및 전자, 플랜트 산업 분야 등 다양한 산업 분야로의 확장을 계획하고 있다. 이러한 협업시스템은 협업포털(<http://www.i-mfg.com>)을 통해 권한을 갖고 있는 사용자만이 접근할 수 있으며 복잡한 보안체계 하에서 운영되고 있다.

각각의 협업시스템은 공통적인 기능(프로젝트 관리, 일정관리 등)과 함께 시스템을 활용하는 협업기업군(10개사 이상의 참여기업 컨소시엄)의 협업형태 및 요구조건에 따라 부가적인 기능으로 특화되어 개발되었다. 이러한 기능 중심의 시스템은 사용자의 요구조건을 충실히 반영하여 그들의 업무에 도움을 줄 수 있다는 장점도 있으나, 너무 다양하고도 많은 기능이 구현됨으로 인해 시스템 사용에 오히려 불편함을 가중시키는 결과를 초래할 수도 있게 되었다.

이처럼 복잡·다양한 기능으로 인해 사용자는 각각의 기능에 대한 협업시스템 내에서의 위치 및 사용법 등을 숙지하여야만 그 기능을 원활히 활용할 수 있다. 만약, 사용자가 자주 사용하지 않는 기능은 숨기고, 자주 사용하는 기능 위주로 시스템이 자율적으로 재구성될 수 있다면 시스템의 사용자 편의성은 극대화될 것이다. 바로 이러한 아이디어가 본 연구의 계기라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존에 구축되어 사용되는 협업시스템의 기능에 대한 사용자 패턴 분석을 통해 협업기능의 사용빈도 및 협업화 정도 등 다양한 정보에 따른 시스템의 재구성 방법을 제안하고자 한다.

2. 이상 패턴의 감지

2.1 협업시스템에서의 사용자 패턴 정의

본 연구에서 사용자 패턴은 각 사용자의 특정 기능모듈 또는 서비스의 사용빈도로 정의한다. 또한 이상 패턴은 다른 기능에 비해 특히 사용빈도수가 큰 기능을 보일 경우라

정의한다. 이러한 정의에 따르면, 협업시스템의 각 사용자는 동일한 시스템을 사용하고 있더라도 그들의 주어진 역할에 따라 서로 다른 기능을 주로 사용할 수 있으며 따라서 각 사용자의 패턴 및 이상 패턴은 서로 다르다고 할 수 있다.

2.2 패턴 분석을 위한 변수 정의

협업시스템 내에서 사용자 패턴을 분석하기란 쉽지 않지만 협업 업무를 오랜 기간 수행하면서 축적되는 다양한 정보를 기반으로 한다면 가능하다. 본 연구에서는 사용자 패턴 분석을 위해 데이터마이닝(Data Mining) 기법을 이용하고자 하며, 이를 위해 다음과 같은 변수를 정의하도록 한다.

- (1) F : 일정기간 동안 각 기능의 사용빈도(frequency)

$$F = \{f_i | i = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

여기서, i 는 각 기능의 index를, f_i 는 기능 i 의 사용 빈도수를 나타냄.

- (2) L : 각 기능의 협업화 정도(Collaborativeness level)

$$L = [l_i \in \{1, 2, 3, 4, 5\} | i = 1, 2, \dots, n]$$

여기서, l_i 는 기능 i 의 협업화 정도를 나타내며, 본 연구에서는 편의상 협업화 정도를 1에서 5까지로 구분하고 값이 커질수록 협업과 밀접한 관련이 있는 기능으로 구분하였음.

- (3) T : 측정가능한 시간 슬롯(Time slot)

$$T = \{t_d | d = 1, 2, 3, \dots, D\}$$

여기서, t_d 는 d 일째 시간 슬롯을 나타내며, 본 연구에서는 시간 슬롯의 단위를 1일로 가정함(총 D 일).

- (4) S : 각 기능의 후행 기능(Successive function)

$$S = \{s_i | i = 1, 2, 3, \dots, n, s \neq i\}$$

여기서, s_i 는 기능 i 의 수행공정의 index를 나타냄.

- (5) \dot{X} : 변수 F, L, C 의 한계값을 나타내는 벡터

$$\dot{X} = [x_f, x_l, x_c]$$

여기서, x_r, x_l, x_c 는 각각 변수 F, L, C 의 한계값을 나타내며, 이 값들은 이상 패턴을 감지하기 위한 조건으로 활용됨.

2.3 이상 패턴의 감지 방법

본 연구에서는 사용자의 이상 패턴을 감지하기 위해 데이터마이닝 방법을 사용하였다. 이 방법은 사용자 패턴으로부터 이상 패턴 등 특정 패턴을 추출하는데 유용한 방법이다.⁽⁷⁾ 일반적으로 데이터마이닝 방법에서는 한계값을 사전에 정의하고 목표값과의 비교를 하게 되며, 본 연구에서는 이러한 한계값을 \dot{x} 로 정의하였다. 만약 특정 기능의 사용 빈도가 비정상적으로(급격하게) 증가한다면, 시스템은 이러한 상황을 감지 룰(Detecting rule)에 따라 이상 패턴으로 분류하게 된다. 여기서 우선 비정상적인 사용으로 판단된 기능의 집합을 $Pattern_1$ 으로 정의한다면, 이상 패턴의 감지는 다음과 같이 3단계로 진행된다.

[1단계] 우선, 모든 기능에 대한 사용빈도에 대한 데이터를 수집하여 F 와 비교한다. 만약 F 의 한계값인 x_f 보다 크거나 같은 f_j 가 존재한다면 시스템은 f_j 를 다음과 같이 정의되는 $Pattern_1$ 으로 분류한다.

if $f_j \geq x_f$, during t_d ,
then f_j is classified into $Pattern_1$

$$Pattern_1 = \{y_j \mid f_j \geq x_f, j = 1, 2, \dots, J\}$$

여기서 y_j 는 비정상적인 사용을 보인 기능의 index를, j 는 이러한 비정상적 기능의 일련번호를 나타낸다.

[2단계] 이후 $Pattern_1$ 에 포함된 기능의 협업화 정도(l_j)를 확인하여 만약 l_j 값이 L 의 한계값인 x_l 보다 크거나 같다면 l_j 를 다음과 같이 정의되는 $Pattern_2$ 로 분류한다.

if $l_j \geq x_l$, during t_d ,
then l_j is classified into $Pattern_2$

$$Pattern_2 = \{z_k \mid l_k \geq x_l, k = 1, 2, \dots, K\}$$

여기서 z 는 $Pattern_2$ 로 분류된 기능의 index를 나타내며, k 는 이러한 기능의 일련번호를 나타낸다.

만약 어떠한 z_k 가 존재한다면 사용자의 이상 패턴을 결론 짓기 위한 다음단계로 넘어가게 되며, 그렇지 않다면 t_d 동안에는 어떠한 이상 패턴도 발견되지 않았으므로 다음 시간 슬롯인 t_{d+1} 로 넘어가 다시 모든 기능에 대해 패턴을 분석하게 된다.

[3단계] 위의 K 값이 1보다 크다면 이상 패턴으로 판단할 수 있는 기능이 존재한다는 의미이므로 협업 기능의 활용률(Utilization)을 나타내는 C 값을 다음과 같이 계산한다.

$$C = \frac{\sum_z f_z}{\sum_i f_i} \times 100$$

계산된 C 값은 협업에 중요하고도 자주 사용되는 기능이 전체 기능에서 차지하는 비율을 나타낸다. 만약 C 값이 한계값을 나타내는 x_c 값보다 크다면 시스템은 현 상황을 이상 상황으로 최종 판단하여 기존의 기능을 다운사이징(Downsizing)하거나, 독립된 여러 기능으로 나누거나, 혹은 앞서 정의한 S (후행 기능) 정보를 이용하여 새로운 협업 서비스를 구성하는 등 새롭게 재구성하게 된다.

if $C \geq x_c$ during t_d ,
then the current status is abnormal

이상의 감지 순서를 요약하면 Fig. 1과 같다.

2.4 이상 패턴의 감지 실험

본 연구에서 제안하는 이상 패턴 감지방법의 검증을 위해 실험을 수행하였다. 우선 100개의 기능을 임의적으로 발생시켜 각 기능에 대해 0에서 8까지의 사용 빈도수를 임의로 부여한 결과는 Table 1과 같다.

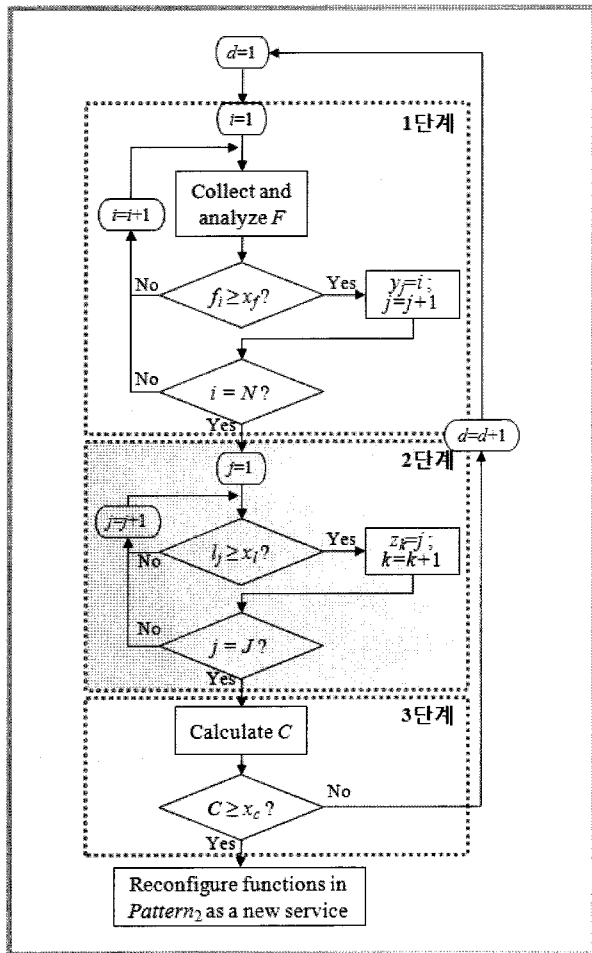


Fig. 1 이상패턴 감지 흐름도

Table 1 발생 사용빈도수별 분류된 기능의 수

f_i	의 개수
0	9
1	9
2	7
3	11
4	9
5	13
6	11
7	18
8	13
합계	100

실험을 단순화 하기위해 하루 동안만의 협업시스템 사용으로 가정하고 x_f 값은 6으로 부여하였다. 이는 각 기능의 평균 사용빈도수가 최대 사용빈도수의 4분의 3이 되는 값이 적절하다고 판단되어서이며, 만약 $Pattern_1$ 으로 분류되는 기능의 수가 전체 기능수의 4분의 3 (본 실험에서는 25개)이 넘게 되면 x_f 값은 자동으로 1의 값이 증가하게 하였다. 즉, $Pattern_1$ 에 분류되는 기능의 수가 25개 이상이면 x_f 값은 7로 자동으로 바뀌게 된다.

각 기능의 협업화 정도를 나타내는 l_j 값의 부여 또한 1에서 5까지의 값을 임의로 부여하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 한계값을 나타내는 x_l 값은 중간값인 3으로, x_c 값은 30%로 가정하였다.

사용자의 이상 패턴을 감지하기 위해 Fig. 1에서와 같이 3 단계의 과정을 거쳐 실험을 수행하였다. 1단계 과정의 결과는 Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 총 31개의 기능이 $Pattern_1$ 에 분류가 되었다. x_f 값도 초기 6의 값에서 7로 변경되었는데 이는 Table 3에서 j 의 최대값이 31인 것과 f_j 의 최소값이 7인 것으로 확인이 가능하다.

Table 2 발생 협업화 정도별 분류된 기능의 수

f_i	의 개수
1	23
2	12
3	21
4	23
5	21
합계	100

Table 3 1단계 과정의 결과

j	y_j	f_j
1	6	8
2	12	8
3	13	8
⋮	⋮	⋮
29	94	7
30	98	7
31	100	7

Table 4 2단계 및 3단계 과정의 결과

k	z_k	C
1	6	35.98%
2	12	
3	18	
⋮	⋮	
21	98	
22	100	

2단계에서는 시스템이 $Pattern_1$ 의 모든 l_j 값과 x_l 값을 비교하여 x_l 값보다 큰 l_j 값을 갖는 기능을 $Pattern_2$ 로 분류한다. 실험 결과 총 22개의 기능이 Table 4와 같이 $Pattern_2$ 로 분류되었다.

마지막으로 3단계 과정에서 협업기능의 활용도를 계산하고 이를 x_c 와 비교하여 최종 이상 패턴의 발생 상황인지의 여부를 결정한다. $Pattern_2$ 에 분류된 총 22개의 기능에 대한 C 값은 35.98%로 계산되었다. 본 실험에서는 x_c 값을 30%로 가정하였으므로 시스템은 현재의 상황을 이상 상황으로 최종 판단하고 해당 기능을 여러 그룹으로 나누거나 새로운 서비스로 적절히 재구성을 하게 된다.

본 실험의 과정에서 사용되는 x_l , x_l , x_c 값은 이상 패턴 또는 이상 상황의 판단 기준이 되는 값으로 중요한 역할을 함을 알 수 있다. 이러한 값은 시스템의 지속적인 활용에 따라 결정되어야 하며 향후 최적의 값을 찾기 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

3. 협업기능의 재구성

현재까지의 협업시스템은 기능 중심의 아키텍처 기반으로 구축되어 운영되고 있다. 이러한 시스템은 다양한 기능을 제공하고, 메뉴의 구조 또한 직관적으로 이해하기 쉬우며, 사용자의 요구조건을 즉각적으로 반영하여 새로운 기능을 추가하거나 기존의 기능을 보완하는 등 시스템의 유지 관리가 편하다는 장점이 있다. 이러한 특성으로 인해 기존의 협업시스템은 메뉴팩처링 사업에 참여하는 컨소시엄을 중심으로 우선 구축되어 이를 동종 산업군 내의 다른 컨

소사업 또는 다른 산업군으로의 확장 적용을 위해서는 Fig. 2와 같은 과정을 따르고 있다. 즉, 기구축 협업기능에 대한 분석을 통해 재사용이 가능한 기능과 보완이 필요한 기능, 신규로 개발하여야 할 기능을 구분한 뒤에 필요한 조치를 취하고 다시 재결합하여 새로운 사용자가 활용할 수 있게 하였다.

그러나 같은 조직 내에서도 각 사용자의 역할에 따라 똑같은 협업시스템 내에서도 사용하는 기능이 차이가 있기 마련이다. 현재 구축된 협업시스템도 가령, 메뉴의 구성을 사용자별로 다르게 설정하여 사용할 수 있도록 지원하고 있어 이에 대한 사용자 편의성을 고려하고 있기는 하다. 그러나 모든 사용자가 사용 초기에는 자신이 어떠한 기능을 주로 사용할 것인지를 미리 파악하는 데는 무리가 따르며 또한 사용자의 역할이 바뀔 때마다 새로이 메뉴를 구성하는 것 또한 무리가 있다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 바와 같이 시스템이 각 사용자의 기능 활용에 대한 패턴을 파악하여 그에 맞는 기능 및 서비스의 재구성을 지원한다면 사용자의 편의성은 극대화 될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 이를 위해 사용자 패턴 분석을 통한 협업시스템의 자율적인 재구성을 제안하고 있다. 이러한 방법을 통해 시스템은 스스로 자주 활용되는 협업기능을 별도의 그룹으로 묶어 협업서비스로 재구성할 수 있으며 다음과 같은 특성을 따르게 된다.

- 만약 사용자가 시스템을 처음 사용한다면 시스템은 구현된 모든 기능을 사용자에게 보여준다.
- 사용자가 시스템의 특정 기능을 자주 활용한다면 Fig. 3에서와 같이 사용자의 이상 패턴을 감지하여 특정 기능을 새로운 서비스로 정의하여 사용자에게 제공한다. 반대로, 시스템에 구현된 특정 기능이 거의 사용되지 않는다면 시스템은 그러한 기능을 숨겨 사용자 편의성을 높인다.
- 시스템의 자율적 재구성은 곧 새로운 프로세스의 생성을 의미한다. 만약 적당한 방법을 개발하고 지능적 요소를 부여한다면 시스템은 자율적으로 프로세스를 생성, 수정 또는 삭제를 할 수 있다.

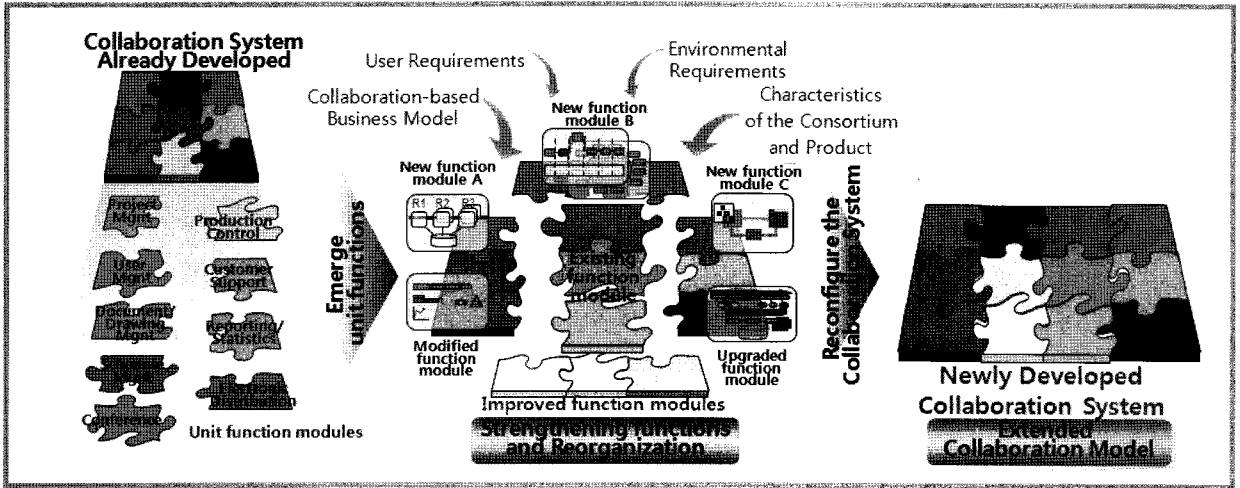


Fig. 2 기능 재구성을 통한 협업시스템의 확대 적용

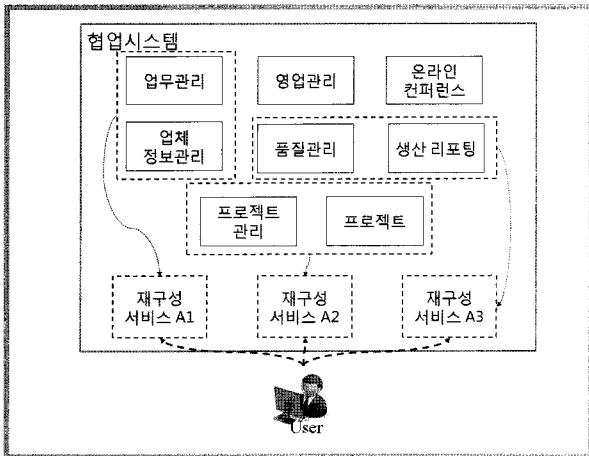


Fig. 3 협업 기능의 서비스로의 재구성 예

앞서 언급한 사항이 실현되기 위해서는 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다.

- 협업시스템의 기능 또는 서비스는 모듈화 되어 있어야 한다.
- 기능 및 서비스의 실행(활용)에는 흐름이 있어야 한다. 즉, 시스템은 프로세스를 지원하여야 한다.
- 다수의 사용자 사이에 협업 기능을 수행하기 위한 상호 데이터의 교환이 가능해야 한다.

4. 맺음말

본 연구는 협업시스템 사용자의 협업 기능에 대한 사용 패턴을 데이터마ining 기법을 활용하여 분석하여 협업시스템의 자율적인 재구성을 지원할 수 있는 방법에 대해 제안하였다. 실제로 이상 패턴을 감지하는 방법은 외부 해커로부터의 침입이나 최근 발생한 D-DOS(Distributed Denial Of Service) 공격 등을 감지하기 위해 자주 사용된다.

앞서 기술한 바와 같이 협업시스템의 사용자 패턴 감지를 위해 다양한 변수를 정의하고 이상 패턴을 분석하기 위한 방법을 제안하였고 이를 검증하기 위한 수치 실험을 수행하였다. 협업시스템의 자율 재구성을 위한 조건 및 특성 또한 파악하였다. 이러한 연구는 협업시스템의 지능화를 위한 기반 연구로 활용될 수 있으며 앞으로 개발될 협업시스템의 사용자 편의성을 극대화하기 위한 방안으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 협업시스템의 자율적 재구성을 지원하기 위한 연구 이슈로는 시스템의 재구성 전과 후의 상황을 비교·분석할 수 있는 평가 체계 개발, 전략적 협업서비스의 재구성 방안 모색, 지속가능(Sustainable) 협업시스템 관리기술 개발, 프로세스 기반의 협업시스템을 위한 새로운 아키텍처 설계 및 프로젝트 관리기술 개발 등이 있다.

참고 문헌

- (1) K. Ryu, S. Lee, H. Choi, 2006, "Toward e-Manufacturing by Integrating On-line and Offline Collaboration", Proc. the 36th International Conference on Computers and Industrial Engineering, pp. 4567-4577
- (2) K. Ryu, S. Lee, H. Choi, 2007, "Strategies based on Collaboration for Manufacturing Innovation in Korea", Proc. the 37th International Conference on Computers and Industrial Engineering, pp. 954-960
- (3) K. Ryu, J. Shin, S. Lee, H. Choi, 2008, "i-Manufacturing Project for Collaboration-based Korean Manufacturing Innovation", Proc. The PICMET Conference, pp. 253-258
- (4) S. Lee, K. Ryu, S. Nam, Y. Choi, H. Choi, 2008, "i-Manufacturing: Korean-style Manufacturing Innovation Strategy promoting Balanced Regional Growth based on Collaboration", Proc. The International Conference on Smart Manufacturing Application, pp. 58-62
- (5) K. Ryu, H. Mok, S. Lee, H. Choi, 2008, "Collaboration Systems facilitating Remanufacturing Processes for Injection Mold Industry", Proc. The Global Conference on Sustainability Product Development and Life Cycle Engineering (SRM VI), pp. 59-163
- (6) 류광열, 목학수, 이석우, 최현중, 2008, "모델기반 협업적 제조프로세스 운영전략 및 아키텍처 설계", 2008 대한산업공학회 추계학술대회, pp. 1-7
- (7) T. W. Liao and E. Triantaphyllou, 2007, "Recent Advances in Data mining of Enterprise Data: Algorithms and Applications," Series on Computers and Operations Research, World Scientific, Vol. 6, pp. 1-109