

유사도 평가 방법론을 이용한 POP 시스템의 구현[†]

김종수 · 김경택

한남대학교 산업경영공학과

Implementing a POP System using Similarity Evaluation Method

Chong-Su Kim · Kyeong-Taek Kim

Dept. of Industrial & Management Engineering, Hannam University

A POP system, which collects manufacturing data from the shop floors and supply them to higher level systems, should be maintained and upgraded according to the change of production environment such as new product introduction. This situation leads to the need of a cost-effective system development methodology. In this paper, a methodology based on the classification and the similarity comparison of manufacturing processes is proposed. In this, a new product is classified according to the similarity of its manufacturing processes, which enables recycling of existing system modules. The proposed methodology has been tested in the case of an electronics parts manufacturing company, where a POP system is implemented. The result shows that the proposed methodology can save time and efforts for system implementation.

Keywords : POP System, Similarity, Process Classification

1. 서 론

생산시점관리시스템(POP, Point of Production)은 공장의 생산과정에서 발생하는 다양한 형태의 생산정보를 실시간으로 수집하고 처리하여 관리자 혹은 상위 시스템에 제공한다[3]. 전사적자원관리시스템(ERP)이나 제조 실행시스템(MES) 등의 상위 시스템은 이렇게 수집된 정보를 바탕으로 생산 활동을 계획하고 통제하게 된다. 그런데 POP시스템은 생산 환경의 변화에 대응하여 지속적으로 갱신되고 유지, 보수될 필요가 있다. 신규 제품이 도입되면 그에 따라 기존의 생산설비가 재구성되며 경우에 따라서는 신규설비가 도입된다. 따라서 생산설비의 구성에 의존하는 생산정보시스템은 변화된 환경에 맞추어 수정, 확장되는 것이 일반적이다. 특히, SFC나 POP와 같은 현장관리 수준의 시스템은 생산설비의

구성 및 운용방식에 직접적으로 영향을 받는다.

이러한 시스템의 변경 및 재구축에는 높은 비용과 많은 시간이 소요되므로 효율적인 시스템 구축방법론을 정립할 필요가 있다. 본 논문에서는 시스템 구축 비용의 절감을 위하여 제조공정의 분류와 그를 이용한 유사도 평가에 기반을 둔 효율적인 POP 시스템 구축방법론을 제안한다. 이미 POP시스템이 구현되어 운용되고 있는 경우, 기존 공정의 시스템을 수정하여 신규공정의 시스템을 구축할 수 있다. 기존의 POP 시스템이 없는 경우에도 점진적인 개발방식을 택하면 제안된 시스템 구축방법론이 사용될 수 있다. 이러한 목적을 위하여 본 논문에서는 제조공정들을 적절히 분류하고 그 유사성을 비교하는 접근방식을 채택한다. 이미 POP 시스템이 구축된 기존의 제조공정들을 시스템 구축의 관점에서 분류하고 새롭게 도입되는 공정과의 유사성을 평가

[†] 이 논문은 2006년도 한남대학교 교비학술연구비 지원에 의한 것임.

하기 위하여 비교의 대상이 되는 두 제조공정을 구성하는 단위공정들 간의 유사도를 평가하여 비교한다. 이를 바탕으로 전체공정의 유사도를 산출한다. 그리고 가장 유사도가 높은 공정의 POP 모듈을 수정하여 신규 도입 공정에 대한 POP 모듈을 구현하게 된다.

본 논문에서는 우선 연구의 배경과 접근방법이 설명되며, POP 시스템의 일반적인 특성 및 용도, 발전방향 그리고 대표적인 제조공정 분류방법인 群분류기술이 기술된다. 다음으로 공정분류 및 유사도 평가 방법론이 제시되고 공정간의 유사도를 평가하는 방법이 제안된다. 본 논문에서 제안되는 분류체계와 방법론은 통신용 전자부품을 제조하는 H사의 사례에 적용하여 그 타당성이 검증된다. 실제의 시스템 구축의 상세사항과 제안된 방법론 및 그의 적용에 따른 결과가 논의되고, 마지막으로 향후의 보완사항 및 연구과제가 기술된다.

2. 관련 연구

2.1 생산시점관리시스템

전사적인 입장에서 생산시점관리시스템은 생산과정에서 발생하는 각종 데이터를 수집하는 역할을 수행한다 [7]. 현장관리에서 POP는 크게 생산관리, 원가관리, 품질관리 및 설비관리의 네 가지 분야의 관리에 활용될 수 있다[4]. 실제의 POP시스템은 업체의 규모나 산업군, 관리대상 및 생산제품에 따라 구현하는 기법과 시스템의 규모가 상이하다. 현장정보는 생산설비와 직접 연결된 장치를 통해 자동적으로 수집하거나 현장작업자의 입력에 의존한다. 또한, 원래의 생산실적 수집의 기능뿐만 아니라 설비의 상태나 각종 공정변수 값도 처리하므로 품질관리 및 설비관리에도 활용될 수 있다[6].

인터넷의 발달과 기업간 협력의 필요성에 의해 형성된 가상기업환경은 POP시스템의 적용영역을 단일기업에서 기업간 조직으로 확대시켰다. 컴퓨터 네트워크의 발달로 인하여 지역적으로 떨어진 조직 간에도 고속으로 현장정보가 전달될 수 있게 됨으로써 기업간의 정보공유, 시스템 확장 및 유지보수가 용이한 기업간 POP시스템이 제안되었다[1]. 한편으로 2000년도 이후 산업정보화의 확산으로 다양한 업종에 POP시스템이 보급되기 시작했다. 그간 POP가 많이 보급된 기계부품이나 전자제조업종뿐 아니라 화학, 식품 등의 업종으로 확대되었다. 또한 구현 형태도 과거의 단독 시스템에서 벗어나 이미 구축된 ERP, MES 등의 상위시스템과 실시간으로 연계되고, 생산정보의 수집을 얻어서 생산 설비를 제어하는 양방향 시스템으로 진화하고 있다[6].

2.2 제조공정의 분류방법

群분류기술(GT, Group Technology)은 제조 현장의 생산성을 증가시키기 위한 운용기법의 하나이다. 유사한 기계를 필요로 하는 제품 혹은 부품들을 그룹으로 묶고 이의 생산에 필요한 기계들을 한 곳에 모아 제조셀을 구성한다. 제품생산의 유연성을 증가시키면서도 대량생산의 이점인 규모의 경제를 극대화할 수 있도록 부품의 유사성을 활용하여 다품종 소량생산을 가능케 하는 것이 群분류기술의 철학이다[12]. 이 기법은 생산준비시간의 단축과 비용의 절감, 공정제고의 감소와 같은 효과가 있다고 알려져 있다[8]. 群분류기술의 기본은 부품에 대한 분류시스템이라고 할 수 있다[9]. 그런데 이를 공정계획의 수립에 사용하는 경우 부품에 대한 분류의 결과로서 전체 제조공정의 분류가 이루어지므로 群분류기술은 결국 제조공정을 분류하는 방법으로 간주할 수 있다.

제조공정의 분류는 그 사용목적에 따라 다양한 양태로 이루어진다. 群분류기술에서는 제조셀에서의 공정의 흐름이 일차적인 분류기준이 된다. 여기서 공정은 가공해야 할 부품의 형상에 따라 결정되는 종속변수이므로 공정 자체에 대한 직접적인 분류가 아니라 부품의 형상을 매개로 한 간접적인 분류방식이다. 반면 POP시스템에서는 단위공정들 사이의 실행순서보다는 단위공정 내부에서의 각종 하드웨어 구성 및 공정제어 및 데이터 수집용 모듈의 특성이 공정을 분류하는 척도가 된다. 또한, 정태적인 부품집합과 공정집합을 가정하는 群분류기술과는 달리, POP시스템에서는 신규 제품이나 신규 단위공정이 도입되는 경우에 점진적으로 적용할 수 있는 동적인 분류체계가 요구된다.

공정분류 방법으로서의 群분류기술이 이용되는 대표적인 분야는 배치유형의 생산에 있어서 생산성 향상을 목적으로 하는 셀제조이다. 셀제조에서 주요 계획작업은 부품그룹과 그에 연관된 기계장비들을 그룹화시키는 일이다. 이것은 MPG(Machine Part Grouping) 문제로 알려져 있으며, MPG문제에 대한 해를 구하는 목적은 일단의 부품그룹을 생산하기 위하여 셀 사이의 상호작용이 가장 낮은 상호독립적인 기계셀을 찾는 것이라고 할 수 있다. MPG문제를 풀기 위한 여러 가지 방법들이 제안되었다. 여기에는 그래프 이론을 이용하는 방법[5], 휴리스틱 방법[11], 시뮬레이티드 어닐링 방법[13]에서 인공지능분야의 신경망 이론을 이용하는 방법[10] 등이 포함된다. 그 중에서도 본 논문의 주제인 공정분류와 가장 관련성이 높은 방법은 Kusiak[11]에 의해 제안된 p-median approach이다[14, 15].

3. 유사도 평가 방법론

본 논문에서 POP 시스템을 구현하기 위하여 채택한 공정분류에 기반을 둔 유사도 평가 방법론은[2]에서 상세히 설명된다. 본 절에서는 논의의 전개에 필요한 부분만을 소개한다.

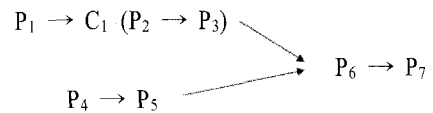
3.1 제조공정의 분류 및 공정의 표현

일반적으로 제조공정은 재료의 물성을 변화시키는 단위조작의 집합으로 표현될 수 있다. 기계부품과 같은 단품의 제조에 있어서는 이들 단위조작이 순차적으로 실행되는 것이 보통이지만 복잡한 조립품의 경우 단위조작들이 부분적으로 병렬적으로 진행되기도 한다. 즉, 공정을 구성하는 단위조작 사이에 순서 개념이 도입됨을 의미한다. 따라서 정보가공 및 유통의 측면에서 보면 제조공정은 단위조작과 그들 사이의 관계로 이루어지며, 이들 관계를 함수로 표현할 경우 제조공정은 단위조작들의 집합에 대한 함수로 표현될 수 있다. 본 논문에서는 전체적인 제조활동을 나타내는 경우를 공정이라고 칭하고 (기호: P) 재료의 물성을 변화시키는 단위조작을 의미하는 경우를 단위공정이라고 한다(기호: P_i).

제조공정은 단위공정의 단순한 모임이 아니다. 어떤 제조공정에 속한 단위공정들은 순서관계와 같은 일정한 규칙에 따라 수행되어야만 전체공정의 의도된 목적을 달성할 수 있다. 또한 이전 공정에서의 품질검사 결과에 따라 후속공정의 실행여부가 결정되는 경우도 있다. 이와 같이 단위공정 사이에 존재하는 각종 제한사항을 관계라고 한다. 공정의 표현방식에서 단위공정들 사이의 순서관계는 연산자(operator)로 표현된다. 합연산자(union operator)는 단위공정들이 동시 병렬적으로 진행될 수 있는 병렬공정을 나타내는데 사용된다. 예를 들어, 공정 P 가 두 단위공정 P_1 과 P_2 로 이루어져 있고 이들 사이의 순서 제한이 없다면 $P = U(P_1, P_2)$ 과 같이 표현될 수 있다. 곱연산자(product operator)는 단위공정 간의 실행순서가 존재하는 순차공정을 표현한다. 공정 P 가 두 단위공정 P_1 과 P_2 로 구성되고 $P_1 \rightarrow P_2$ 의 실행순서가 있다면 $P = O(P_1, P_2)$ 과 같이 표현된다. 조건연산자(conditional operator)는 하나 또는 복수의 단위공정의 진행에 제약식을 부여한다. 공정 P_1 의 진행이 피드백공정의 방식이라면 조건연산자를 사용하여 이 제약조건을 $C(P_1)$ 로 표현한다.

실제로 대부분의 제조공정에는 순차적 요소와 병렬적 요소가 혼합되어 있으므로 보다 복잡한 모양으로 표현된다. 예를 들어, <그림 1>과 같은 공정 P 를 가정하자. 이 공정은 순차공정과 병렬공정, 그리고 조건연산자가

복합적으로 결합된 것이다. 우선, P_2 와 P_3 는 공정제고에 따른 품질검사의 결과에 따라 반복되는 공정이므로 $C_1(P_2 \rightarrow P_3)$ 로 표현한다. P_1 , $C_1(P_2 \rightarrow P_3)$ 와 P_4 , P_5 는 각각 순차공정을 이루므로 $O(P_1, C_1(P_2 \rightarrow P_3))$ 와 $O(P_4, P_5)$ 로 표현된다. 또한, 이들 두 공정은 병렬로 연결되어 있으므로 $U(O(P_1, C_1(P_2 \rightarrow P_3)), O(P_4, P_5))$ 가 된다. 그리고 이것은 다시 남은 두 공정 P_6 , P_7 과 순차적 방식으로 연결된다. 따라서 전체공정 P 는 $P = O(U(O(P_1, C_1(P_2 \rightarrow P_3)), O(P_4, P_5)), P_6, P_7)$ 과 같이 표현될 수 있다.



<그림 1> 복합공정의 예

3.2 공정 간의 유사도

본 논문에서 정의된 단위공정의 개념에 따르면 단위공정에 합연산자와 곱연산자가 적용된 결과는 그 자체로서 하나의 단위공정이 된다. 예를 들어 $O(P_1, P_2)$ 는 보다 하위수준의 두 단위공정 P_1 과 P_2 가 순차방식으로 결합된 상위수준의 단위공정으로 간주할 수 있다. 이제 본 논문의 전개에 있어서 필요한 개념인 인접공정과 단위공정을 정의한다.

정의 : 인덱스 집합(Process Index Set)

공정 P 에 속하는 최하위 단위공정들의 집합을 인덱스 집합이라고 한다.

$$I(P) = \{P_i\}$$

정의 : 인접공정(Adjacent Operations)

P 의 두 단위공정 P_i 와 P_j 에 대하여

- (i) $P_i \in I(P), P_j \in I(P)$ 이고
- (ii) $O(P_i, P_j)$ 혹은 $U(P_i, P_j)$ 가 성립하면

P_i 와 P_j 를 인접공정이라고 한다.

정의 : 단위공정

임의의 공정 P_i 의 인덱스 집합이 그 공정이 속한 전체공정의 P 의 인덱스 집합의 부분집합이고 공정 P_i 를 구성하는 최하위 공정들이 인접공정으로 단절 없이 연결되어 있으면 공정 P_i 를 전체공정 P 의 단위공정이라고 한다.

인접공정은 곱연산자가 적용될 수 있는 순차공정이나 합연산자가 적용되는 병렬공정에 해당하는 개념이며 $O(P_i,$

P_j)는 그 자체로서 하나의 단위공정이 된다. 또한, 위의 정의에서 알 수 있듯이 단위공정의 기본적인 조건은 연속성이다. 예를 들어 <그림 1>의 공정 P 의 경우 P_2 와 P_7 의 인덱스 집합인 $I(P_2, P_7) = \{P_2, P_7\}$ 은 P 의 인덱스 집합인 $I(P) = \{P_1, P_2, \dots, P_7\}$ 의 부분집합이 되지만, P_2 와 P_7 은 인접공정이 아니므로 $\{P_2, P_7\}$ 은 P 의 단위공정이 될 수 없다. 또한, 더 이상 분해할 수 없는 최하위 공정은 자동적으로 단위공정이 된다.

이제 단위공정 사이의 유사도가 정의될 수 있다. 유사도 계수 $s(P_i, P_j)$ 는 최하위 수준의 단위공정에만 정의되는 것은 아니다. 중간수준의 공정뿐 아니라 최상위의 전체공정에도 적용된다. 본 연구의 목표 중 하나인 두 전체공정 P 와 Q 의 유사도를 비교하는 작업은 $s(P, Q)$ 의 값을 산출하는 작업이라고 할 수 있다.

정의 : 유사도 계수

임의의 두 단위공정 P_i 와 P_j 에 대하여 유사도 계수 $s(P_i, P_j)$ 가 정의될 수 있으며, $s(P_i, P_j)$ 는 0과 1 사이의 값을 가진다.

3.3 유사도 평가 방법과 공정분류

전술한 바와 같이 두 공정 간의 유사성은 그 이용목적에 따라 상이한 방법으로 평가되어야 한다. 공정을 구성하는 주요 요소는 그에 포함된 단위공정과 그들 사이의 관계이므로 공정 간의 유사성 평가도 이들 두 요소에 대한 유사성 분석에 기초해야 한다. 본 논문이 지향하는 POP 시스템 구축을 위한 공정분류 및 유사도 평가에서는 단위공정 사이의 관계는 주요 고려요인이 되지 않는다. 왜냐하면 POP 시스템의 속성상 개별공정에서의 하드웨어 구축 및 소프트웨어 모듈구성이 시스템 구현 작업의 대부분을 차지하기 때문이다. 이러한 논의를 바탕으로 공정분류를 위한 유사도 평가 방법은 다음과 같이 제안된다.

방법 : 공정유사도 평가

공정 P : 신규도입공정 $I(P) = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$

공정 Q : 기존공정 $I(Q) = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_m\}$

[단계 1] 개별공정의 평점 $r(P_i)$ 계산

개별 단위공정 P_i 에 대해서 유사도 계수 $s(P_i, Q_k)$ 가 가장 높은 Q 의 k 개의 개별 공정을 선별한다($k \leq m$). 그리고 유사도의 순서에 따라 $Q_{(1)}, Q_{(2)}, Q_{(3)}, \dots, Q_{(k)}$ 로 놓는다. 즉 $s(P_i, Q_{(1)}) \geq s(P_i, Q_{(2)}) \geq \dots \geq s(P_i, Q_{(k)})$ 이다.

(Case1) 만약 $s(P_i, Q_{(1)}) \geq \delta$ 이면 $r(P_i) = 1.0$

$$(Case2) r(P_i) = \sum_{j=1}^k (\alpha_j \times s(P_i, Q_j)) \text{ where } \sum_{j=1}^k \alpha_j = 1$$

[단계 2] 공정 유사도 산출

$$s(P, Q) = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot r(P_i) \text{ where } \sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

두 공정 간의 유사성은 그 이용목적에 따라 상이한 방법으로 평가되어야 한다. 전술한 것처럼 어떤 임의의 공정을 구성하는 주요 요소는 그에 포함된 단위공정과 그들 사이의 관계이다. 따라서 공정 간의 유사성 평가도 이들 두 요소에 대한 유사성 분석에 기초해야 한다. 본 논문에서 지향하는 POP시스템 구축을 위한 공정분류 및 유사도 평가에서는 단위공정 사이의 관계는 주요 고려요인이 되지 않는다. 왜냐하면 POP 시스템의 속성상 개별공정에서의 하드웨어 구축 및 소프트웨어 모듈구성이 시스템 구현 작업의 대부분을 차지하기 때문이다. 그러나 다른 종류의 응용분야에서는 단위공정 사이의 관계가 중요한 요소로 작용하기도 한다. 예를 들어 Group Technology에 기초하여 가공품의 형상으로부터 적절한 제조공정을 생성하는 시스템의 경우 개별공정 간의 유사성보다는 전체적인 공정순서 라는 관계가 더 중요하다. 또한, 일정계획 등의 생산계획을 수립하는 시스템에서도 공정순서는 핵심적인 요소가 된다.

단계 1에서 개별평점 $r(P_i)$ 를 계산하는 방식은 다음과 같이 설명될 수 있다. 본 방법은 POP시스템 구축시 유사 모듈을 찾기 위하여 사용된다. 따라서 신규로 도입되는 공정 P 의 P_i 와 동일하거나 매우 흡사한 공정 Q_i 가 존재한다면 Q 의 다른 단위공정들은 고려할 필요가 없다 (Case1). 그러나 Case2와 같이 그러한 공정 Q_i 가 존재하지 않는다면 어느 정도 유사한 공정들을 종합적으로 고려하여 P_i 에 대한 모듈을 구축하게 된다. 이들 유사한 공정들에 대한 가중치가 α_j 로 주어지게 된다. 두 번째 단계에서의 공정유사도는 신규도입공정 P 내에서의 각 단위공정의 상대적 중요도(β_i)를 고려하여 계산하게 된다. 즉, 보다 많은 시간과 비용이 소요되는 공정에 높은 가중치를 부여한다. 실제적인 시스템 구현에 있어서 POP모듈 구현의 난이도는 데이터 수집점의 개수와 그 분포, 그리고 관련 하드웨어의 다양성과 관계가 있다.

4. 실제적인 공정분류에의 응용

이제 앞에서 설명된 유사도 평가 방법을 이용하여 POP 시스템 구축을 위한 공정 분류 작업을 수행할 수

있다. 우선 신규로 도입되는 공정(P)과 기존의 공정(Q)을 하나씩 비교한다. P와 Q 사이의 유사도 계수를 산정한다. 그리고 이를 이용하여 r(Q_i)를 계산한 후 가장 높은 값을 가지는 공정을 선택하여 POP구성에 이용하게 된다.

4.1 대상 제조공정

대상이 되는 기업인 H사는 전자제품의 제조에 사용되는 각종 필터류 등의 부품을 생산하고 있다. 제안된 방법론이 실제의 시스템 구현에 어떻게 적용되는지 설명하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 가정한다. 현재 POP 시스템이 구현된 네 개의 제조공정 P, Q, R, S가 있다. 여기에 신규공정 T가 도입된다. 새로 도입된 공정에 대한 POP 모듈을 구현하기 위하여 공정 T와 기존의 공정들 각각에 대한 유사도를 산정하고 가장 유사도가 높은 공정을 선택한 후 그 공정의 모듈을 수정하여 신규로 도입되는 공정 T에 해당하는 모듈을 구현한다.

4.2 기존 공정과 신규 공정의 분석

P공정은 GT 제품을 만드는 공정이다. 자재창고에서 원자재를 입고 및 접수하고 입고 처리된 원자재에 대하여 측정을 실시한 후 증착 과정을 거쳐 절단 및 세척에 들어간다. 이러한 과정을 거친 후 검사 및 포장 공정을 거쳐 납품하게 된다. P공정을 구성하는 단위공정 {P_i}는 <표 1>과 같다. 또한, 이들 단위 공정들은 다음과 같은 순서에 의해 순차적으로 실행된다 : P₁ → P₆ → P₁ → P₃ → P₄ → P₂ → P₅ → P₇ → P₈ → P₉.

<표 1> 기존 공정 P의 단위공정

기호	공정명	설명
P ₁	자재창고	원자재에 대하여 입고 및 접수 처리
P ₂	공정실	광량측정 및 HV 측정
P ₃	증착실	원자재 증착 및 투과율 측정
P ₄	가공실	증착 완료된 원자재에 대한 절단 및 세척
P ₅	외관검사	현미경 검사 및 UV 테이프 부착 등
P ₆	Q/C	원자재 수입검사, 출고검사, 자체 전수검사 등
P ₇	외주창고	외주업체에 절단, 검사, 포장을 의뢰할 제품을 보관
P ₈	외주업체	절단, 검사, 포장을 진행
P ₉	물류실	포장 후 출고

IR Assembly 제품을 만드는 S공정에서는 우선 원자재

가 자재창고에 접수 후 입고된다. 입고 처리된 원자재는 증착 및 투과율 측정공정을 거친 후 검사 및 세척을 통해 물류실로 보내지며 포장단계를 거쳐 해당 업체에 납품된다. 단위공정들은 1 → 6 → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8의 순서로 실행된다. BS와 MR 제품을 만드는 Q공정과 IR cut-off filter를 만드는 R공정도 같은 방식으로 기술되며 단위공정들의 실행 순서는 다음과 같다.

Q : 1 → 6 → 1 → 2 → 3 → 5 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 7 → 9
 R : 1 → 8 → 1 → 3 → 4 → 2 → 3 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10 → 9 → 11

신규 공정 T는 Window Cover Glass 제품을 만드는 공정이다(<표 2>). 신규 공정 T를 구성하는 단위공정의 실행순서는 1 → 6 → 1 → 2 → 3 → 4 → 6 → 7 → 5 → 7 → 8 → 7 → 9와 같다.

<표 2> 신규 공정 T의 단위공정

기호	공정명	설명
T ₁	자재창고	원자재에 대한 입고 및 접수 처리
T ₂	검사실	원자재에 대한 세척 및 검사
T ₃	증착실	증착 및 투과율 측정
T ₄	가공실	외관검사 및 왁스 접합을 수행
T ₅	외관검사	왁스 제거, 칩 세척 및 외관검사를 실시
T ₆	Q/C	수입검사, 출고검사, 자체 전수검사 등
T ₇	외주창고	외주업체에 절단, 검사 및 포장을 의뢰할 제품을 보관
T ₈	인쇄실	원형가공 및 인쇄를 진행
T ₉	물류실	제품에 대하여 포장 후 출고

4.3 공정간 유사도 분석

우선, 기존 공정 P와 신규 도입 공정 T를 비교한다. 단위공정에 대한 중요도의 가중치인 β_i의 값은 데이터 수집점의 개수, 생산 단위에서의 분포도 및 관련 하드웨어의 다양성을 고려하여 산출하였다. 일반적으로 기존 공정에 대한 시스템 구현을 담당할 팀이 위의 요인들과 구현상의 제반 요구사항 등을 고려하여 결정하게 된다. β_i은 자재창고로서 데이터 수집점의 개수가 다른 단위공정에 비하여 적고 데이터 입력장치의 종류도 단 순하므로 비교적 낮은 수치인 0.05로 선정하였다. 반면

<표 6> 공정유사도 산정결과(T와 S)

	β_i	S ₍₁₎	S ₍₂₎	S ₍₃₎	r (T _i)
T ₁	β_1 0.05	S ₁ 1	S ₇ 0.3	S ₈ 0.2	0.05
T ₂	β_2 0.1	S ₂ 1	S ₁ 0.2	S ₃ 0.1	0.1
T ₃	β_3 0.3	S ₃ 0.9	S ₅ 0.3	S ₆ 0.1	0.23
T ₄	β_4 0.2	S ₄ 0.4	S ₃ 0.1	S ₈ 0.1	0.07
T ₅	β_5 0.05	S ₅ 0.6	S ₇ 0.3	S ₇ 0.1	0.03
T ₆	β_6 0.1	S ₆ 0.7	S ₆ 0.3	S ₂ 0.1	0.06
T ₇	β_7 0.1	S ₈ 0.3	S ₇ 0.1	S ₆ 0.1	0.03
T ₈	β_8 0.05	S ₈ 0.2	S ₆ 0.1	S ₅ 0.1	0.01
T ₉	β_9 0.05	S ₈ 0.9	S ₇ 0.3	S ₂ 0.1	0.04
s(T, S) = 0.62					

4.4 분석 결과

4.3과 같은 방식으로 나머지 공정 Q와 R 각각을 T와 비교하여 공정유사도를 산출할 수 있다. 그 결과는 <표 7>과 같이 정리된다. 본 논문에서 제안된 방법론을 사용한 결과 기존의 Q공정이 신규로 도입되는 공정 T와 가장 유사하다. 따라서 Q공정의 POP구축에 사용된 하드웨어 구성과 소프트웨어 모듈을 활용하여 구성하는 방식으로 공정 T의 POP를 구축하면 그에 요하는 시간과 비용을 줄일 수 있다. 본 논문의 사례로 채택한 H사에서는 실제의 POP 시스템 구축에 이 방법을 적용하였는데, 5장에서 보는 바와 같이 개발시간 단축 및 비용 절감 효과를 확인할 수 있었다.

<표 7> 공정분류 및 유사도 분석 결과

기존공정	신규공정	s(신규, 기존)	비고
P	T	0.54	
Q	T	0.93	최대값
R	T	0.59	
S	T	0.62	

5. POP 시스템의 구축

5.1 시스템 구현 개요

POP 시스템을 구축하기 위한 하드웨어는 서버 및 클라이언트를 연결하는 일반 네트워크 장비와 데이터베이스 및 어플리케이션 서버, 현장의 정보수집기기와의 직렬통신을 위한 RS232C 및 RS485 장비, 바코드 리더기, 현장용 키오스크 등으로 구성된다. 서버의 운영체제로는 Unix 장비에 NT4.0, Sun 서버에 Windows 2003을 이용하였으며, 네트워크 환경은 L3 Switch Hub를 이용한 VLAN 대역으로 구성하였다. 이 구성에서 현장의 작업 실적이나 설비상태에 관한 정보를 수집하고 기기를 제어하는 작업은 현장 작업자가 담당한다. 이에는 일반 PC가 주로 이용되며 RS232C 및 RJ45를 이용하여 POP Database Server로 데이터를 송신하게 된다.

5.2 POP 프로세스

POP 시스템이 운용되는 방식은 다음과 같다. 먼저 생산지시가 입력되면 생산라인별로 작업자에게 생산지시가 하달되며 작업을 위해 장비를 가동하기 시작하는 순간부터 장비 이력, 작업자 정보 등이 POP Application Server 통하여 POP Database 서버로 전송된다. 또한 생산활동 정보 및 원자재 불량률을 포함한 생산과 관계된 정보를 취합하여 생산성분석, 비가동분석, 불량분석 등을 행하며 자재 재고, 공정 재고 및 수불 현황 등을 파악할 수 있다. 이러한 정보들을 취합한 후 종합적으로 분석하여 작업자 교육 및 작업장 환경개선, 설비개선, 설비 이력관리 등에 이용함으로써 생산성 향상에 기여할 수 있게 된다.

5.3 POP시스템의 기능별 구성

H사에서 구현한 POP 시스템은 기능별로 총 여섯 개의 모듈로 구성되어 있다. 우선, 기준정보관리 모듈은 시스템 관리, 공통의 기준정보 관리, 장비이력 관리 등을 모니터링하고 입력할 수 있다. 즉, POP 시스템의 전체적인 기준정보들이 관리되는 모듈이다. 이 모듈은 기준정보의 특성상 기존의 ERP 시스템과 실시간으로 통합되어 공통의 데이터베이스를 공유하는 방식으로 운영된다.

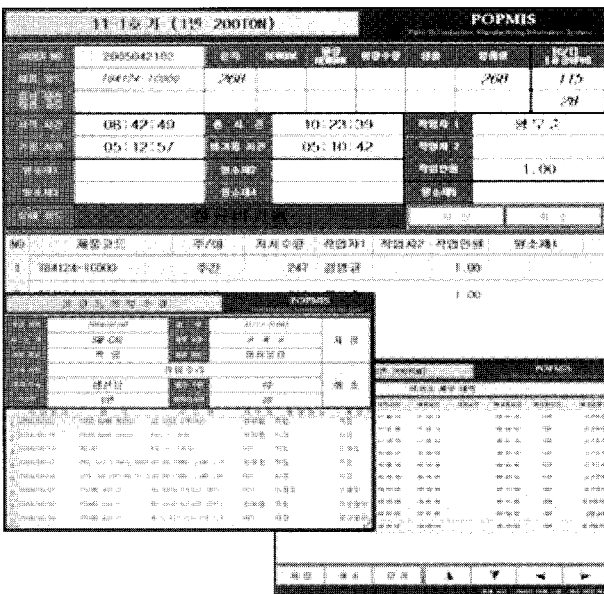
현장관리 모듈에서는 <그림 2>와 같은 사용자 인터페이스에서 장비의 가동률 및 비가동률, 장비의 상태 및 작업자의 정보, 작업자의 이력, 장비당 생산량 및 작업라인별 생산량, 전체적인 생산량 등을 파악할 수 있다. 또한, 로그 관리를 통하여 장비의 상태 및 작업자별

이력도 추적할 수 있다. 모니터링 모듈에서는 전체 공정라인의 실시간 장비가동률 및 장비상태, 당일 목표생산량의 달성률 및 작업 진행률 등을 감시할 수 있으며 문제 발생시 즉각적으로 대응할 수 있으며, 실시간 모니터링을 통한 영업부문과의 유기적인 업무진행이 가능하게 된다. 불량분석 모듈에서는 장비의 로그분석 및 작업자의 이력에 따른 품질분석이 가능하다. 이를 활용함으로써 반복되는 장비불량 및 작업자의 실수를 줄일 수 있고 그 결과 전체적인 불량률을 낮출 수 있다. 물류관리 모듈은 원자재의 입고관리, 외주물품의 입고관리, 수주품에 대한 출고관리 등 자재에 대한 흐름을 파악하여 원부자재 재고 및 수불현황을 기반으로 공정실적을 통한 재공품, 제품에 대한 재고 및 수불현황을 파악할 수 있게 한다. 웹서비스 모듈은 인터넷상에서 웹 브라우저를 사용하여 장비 가동현황 조회, 생산 계획현황, 계획대비 실적조회, 제품실적 현황, 제품 불량현황, 작업자 정보 조회 등 각종 POP 기능을 원격지에서 사용할 수 있는 환경을 제공한다.

<표 8> 공정별 소요 개발공수

공정	소요 M/D
P	35
Q	35
R	42
S	28
T	12

위의 표에서 산정된 개발공수는 해당공정의 POP모듈에서의 제어용 소프트웨어 구축 및 하드웨어 구성만을 고려한 것으로 전체 시스템에 공통으로 적용되는 시스템 디자인 및 공통 모듈의 구현에 소요된 공수는 제외하였다. 신규 도입공정 T의 복잡도는 P나 Q공정과 유사하다. 그러나 본 논문에서 제안된 방법론을 적용한 결과 모듈개발 및 하드웨어 구성에 소요되는 개발공수가 50% 이상 절감되었음을 확인할 수 있었다. 즉, 개발에 소요되는 시간과 비용이 현저하게 줄어들었다. 기존의 공정 P, Q, R, S에 대한 생산시점관리시스템모듈을 구축하는데 소요된 개발공수가 각각 35, 35, 42, 28인 반면 유사 공정 Q를 이용하여 개발된 T 모듈에는 불과 12의 개발공수가 소요되었다. 데이터 수집점의 개수, 구성의 복잡도, 인터페이스 등을 고려하여 개발자들에게 의뢰한 결과 신규공정의 복잡도는 기존공정 P의 90% 수준으로 평가되었다. 여기에 개발자들의 시스템 구축 학습효과를 20%로 감안하면 기존의 방법론으로 신규공정을 개발하기 위해서는 $35 \times 0.9 \times 0.8 = 25$ 의 공수가 소요되리라고 예상된다. 이는 제안된 방법론이 효율적인 시스템 구축에 유용하게 적용될 수 있음을 의미한다.



<그림 2> 현장관리 모듈

5.4 방법론 적용의 효과 분석

전술한 바와 같이 본 논문에서 제안된 방법론을 H사의 POP시스템 구축에 적용되었다. P, Q, R 그리고 S공정은 1차 구축단계에서 구현되었으며, 2차 구축단계에서 T공정에 대한 POP 모듈을 구현함에 있어서 제안된 방법론을 적용하였다. 이를 적용한 결과 시스템 구축에 소요되는 개발공수가 현저하게 절감되었는데, 그 효과는 <표 8>과 같이 정리된다.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 POP 시스템의 구축 비용의 절감을 위하여 제조공정의 분류에 기반을 둔 효율적인 시스템 구축방법론을 제안하였다. 우선 일반적인 제조공정에 대한 정형적 표현방법이 확립되었다. 비교의 대상이 되는 두 제조공정을 구성하는 단위공정들 간의 유사도를 평가하고 이를 바탕으로 전체공정의 유사도를 산출하는 방법이 제안되었다. 제안된 방법론은 통신용 전자부품을 제조하는 H사의 POP 시스템 구축에 적용되어 평가되었으며, 시스템 구축에 요하는 시간과 노력을 절감됨을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안된 방법론은 단위공정 간의 유사도 평가에 기반을 두고 있으므로 POP와 같은 시스템에서는 타당한 접근방법이 될 수 있으나 단위공정의 실행순서가 보다 중요한 요소가 되는 시스템에 적용하기 위해서는 유사도 비교 방법에 공정순서

라는 항목을 포함시킬 필요가 있다. 또한, 보다 효과적인 활용을 위해서는 유사도 계수의 평가시 기존의 평가 결과를 시스템적으로 재활용할 수 있는 방안이 연구되어야 한다.

참고문헌

[1] 김성훈, 안영근; “인터넷 기반 POP시스템의 구현”, *IE Interfaces*, 12(4) : 567-574, 1999.

[2] 김종수, 경지훈; “제조공정의 분류에 기반을 둔 공정 유사도 평가”, *Technical Report*, 한남대학교 산업경영공학과, 2005.

[3] 송준엽, 차석근; “CIM구축을 위한 POP 시스템 개발”, *IE magazine*, 대한산업공학회, 5 : 38-46, 1995.

[4] 야마구치 도시유키, 백영태 역; *CIM시대의 POP시스템*, 셋길출판사, 1995.

[5] 조문수, 윤창원; “Graph Theoretic Approach Solving for the Group Technology Problem”, *한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회*, pp. 147-150, 2004.

[6] 중소기업청; *중소기업 생산정보화자원 구축사례집*, 2004.

[7] 최병욱, 이현우, 남근수; “LCD 산업에서의 공정관리를 위한 시스템의 설계”, *한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회*, pp. 377-380, 2005.

[8] Burbidge, J.; “Operation Scheduling with GT and PBC,” *International Journal of Production Research*, 29 : 429-442, 1988.

[9] Gallager, C. C. and Knight, W. A.; *Group Technology : Production Methods in Manufacture*, New York : John Wiley, 1986.

[10] Kaparathi, S. and Suresh, N. C.; “A Neural Network System for Shape-based Classification and Coding of Rotational Parts,” *International Journal of Production Research*, 29 : 1771-1784, 1991.

[11] Kusiak, A. and Chow, W. S.; “Efficient Solving of the Group Technology Problem,” *Journal of Manufacturing Systems*, 6(2) : 117-124, 2002.

[12] Kusiak, A.; “The Generalized Group Technology Concept,” *International Journal of Production Research*, 28 : 185-198, 1987.

[13] Venegopal, V. and Narendran T. T.; “Cell Formation in Manufacturing Systems through Simulated Annealing: an Experimental Evaluation,” *European Journal of Operational Research*, 63 : 409-422, 1992.

[14] Viswannathan, S.; “A New Approach for Solving the p-median problem in Group Technology,” *International Journal of Production Research*, 34 : 2691-2700, 1996.

[15] Won, S.; “Two-phase Approach to GT Cell Formation using Efficient p-median Formations,” *International Journal of Production Research*, 38(7) : 1601-1613, 2000.