

생산 공정 시스템의 절단계획에 대한 퍼지전문가 시스템 적용

홍지현, 조대호
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail : jhhong@ece.skku.ac.kr

Application of fuzzy expert system to GPSS's cutting plan

Ji-Hyun Hong, Tae-Ho Cho
Dept. of Information and Communication Engineering,
SungKyunKwan University,

요 약

생산공정 스케줄링 시스템(GPSS)에서 그레이팅(grating)이라는 금속제품을 생산하는데 있어, 절단계획을 생성하기 위해 생산공정 단계 중의 하나인 절단계획 단계에서 잔재 손실율을 비교하고 있다. 그러나 태스크나 그룹을 병합하여 절단계획을 생성한다고 해서 태스크나 그룹을 병합하지 않고 절단계획을 생성한 것보다 잔재의 손실율이 낮다고 볼 수 없기 때문에 잔재의 손실율을 반복적으로 비교해야 하는 불편함이 있다. 본 논문에서는 언어 변수를 사용한 공정 전문가의 지식을 기반으로 각 롤을 병렬로 1 회만 적용하여 잔재 손실율이 가장 작은 것을 찾아 낼 수 있는 퍼지전문가 시스템 적용으로 절단계획을 생성하고자 한다.

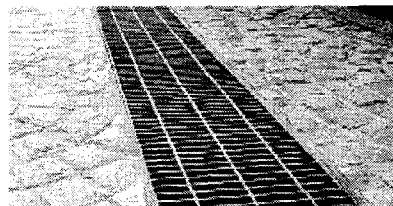
1. 서론

제조공정 전반에 걸친 지식을 바탕으로 하는 생산 계획은 크게 공정 계획과 일정계획으로 구분된다. 생산공정계획은, 자재를 제품으로 변환하기 위한 계획으로서 세부공정에서의 작업방법을 정의하며, 생산계획 일정은, 언제, 어느 생산설비에 어떤 일을 얼마나 할당 하는가를 정의한다. 이들은 제품 제작방법, 설비의 성능과 기능, 생산 투입 인원 및 능력, 현재 진행중인 작업장의 상황, 납치 및 자재사용의 효율성, 자재의 적재 및 중간생산물의 이동 등을 다각도로 고려하여야 한다.[1] 이러한 계획들은 계산과정이나 의사결정요인이 상당히 복잡하기 때문에, 전 공정을 통합하는 정보처리체계를 기반으로 하는 컴퓨터 시스템의 지원이 없으면 시간적 제약이 크고, 유연적인 수정이 어려울 뿐 아니라, 통계적 분석의 자료체계가 부실하다.

본 논문에서의 연구대상은, S 회사의 그레이팅(Grating) 생산공정 스케줄링 시스템의 절단계획단계이다.

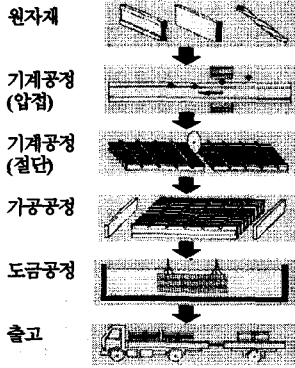
그레이팅은 아래의 [그림 1]과 같이 도로, 주택, 선

박, 교량 등 각종 분야에서 바닥, 계단, 배수로 덮개 등으로 사용되는 격자 모양의 건축 및 토목용 철제 구조물이다[5].



(그림 1 그레이팅이 사용되는 분야와 제품형태)

그레이팅의 생산은 [그림 2]와 같은 순서로 공정이 이루어진다.



(그림 2 그레이팅 생산공정)

그레이팅의 생산 공정 단계중 아래 [그림 3]과 같이 절단계획 단계에서 발생하는 잔재(BB/CB)의 손실율을 비교하는 것은 지엽적이고 반복적인 부분이다.

그룹번호	출력수	BB 손실률 (%)	CB 손실률 (%)
19980922-G021	2	2.0	3.9
20000119-G001	1	90.2	30.0
TOTAL	6	34.1	5.9

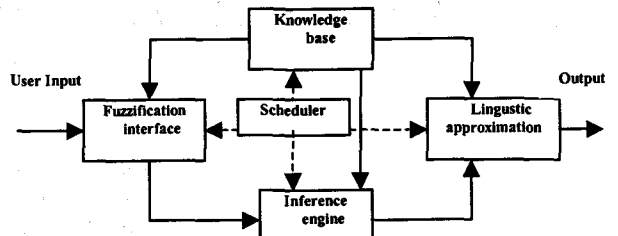
(그림 3 절단계획 생성시 표현되는 자재들의 손실율)

그레이팅의 자재타입에 대한 절단계획을 생성하기 위해서는 잔재 손실율을 비교하여 제일 적은 것에 대해서 절단계획을 생성한다. 태스크나 그룹을 병합하여 생성한 절단계획의 잔재 손실율이 태스크나 그룹을 병합하지 않고 절단계획을 생성하는 것보다 반드시 적은 것은 아니기 때문에 절단계획 생성시 모든 경우의 잔재 손실율을 비교해야 하는 번거로움은 물론, 때때로 계획 범위를 다시 지정해야 하는 경우도 있다. 예를 들어, 태스크나 그룹을 병합하지 않고 절단계획을 생성했을 때 잔재의 손실율이 크다면 다시 계획 범위를 지정하여 태스크나 그룹을 병합하여 절단계획을 생성해야 할 것이고, 태스크나 그룹을 병합하였는데도 잔재의 손실율이 크다면 병합한 태스크나 그룹의 수를 다르게 하거나 다시 계획 범위를 지정하여 태스크나 그룹을 병합하여야 하는 등의 번거로움이 있다.

본 논문의 연구 대상인 그레이팅 제조공정 중에서 절단계획 생성의 경우, 단순히 각 수준의 손실율을 비교하여 적은 것을 선택한 후 절단계획을 생성하기 때문에 굳이 복잡하고 많은 룰을 적용한 전문가시스템을 적용할 필요가 없다. 따라서 지금까지 사용해 온 전문가시스템과는 다른, 언어 변수를 사용한 공정 전문가의 지식을 기반으로 각 룰을 병렬로 1 회만 적용하여 잔재 손실율이 가장 작은 것을 찾아 낼 수 있는 퍼지전문가 시스템 적용을 제시한다.

2. 배경이론

특정 문제영역에서 지식을 체계적으로 사용하기 위한 방법으로서 전문가 시스템에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 전문가 시스템의 기본구조는 이미 습득한 지식이나 경험을 바탕으로 새로운 지식을 얻기 위한 추론엔진(Inference Engine)과 모뎀화된 지식을 저장하기 위한 지식 베이스(Knowledge Base)로 나뉘어져 있는 반면[2,6,8], 퍼지전문가 시스템은 전문가의 지식을 지식 베이스의 형태로 저장하여 사용자가 원하는 정보를 추론해 내는 지식기반 시스템(Knowledge Base System)이다. 퍼지전문가 시스템의 형태는 다음 [그림 4]와 같다.



(그림 4 퍼지전문가 시스템의 형태)

퍼지 이론을 응용한 전문가시스템은 전문가로부터 지식을 듣고 이것을 평상시에 사용하고 있는 자연언어를 적용하여 몇 가지 룰의 형태로 표현한다. 이는 애매성을 갖는 인간의 지식을 이용하여 컴퓨터에게 인간에 가까운 추론을 시키고자 하는 시도를 퍼지집합을 이용한 것이다. 퍼지추론(Fuzzy Inference)이라는 것은 어떤 주어진 사실이나 관계로부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이라고 정의한다. 퍼지추론방법에는 크게 전향 추론(Modus ponens)과 후향 추론(Modus tollens)으로 나뉘어 지는데, 주로 전향 추론 방법을 사용한다. 퍼지추론에 있어서 전제되어야 할 것이 있는데 그것은 추론에 근거할 규칙이 필요하다. 이 규칙은 “IF-THEN”의 형식으로 표현된 퍼지 명제들로 결합되어 있다.

추론은 여러 가지의 규칙(rule)들과 사실(fact)들로 구성되어 있는데 규칙들과 사실들은 지식기반에서 “IF-THEN” 형식의 언어적인 규칙으로 구성되어져 있다. 일반형태는 다음과 같다. [4]

규칙 : IF x is A THEN y is B

사실 : x is A

결론 : y is B

여기서 x, y 는 언어적인 변수(Linguistic Variable)이고 A, B 는 언어적인 값(Linguistic Value)이다.

A B 를 위해 Mamdani 는 다음과 같은 직접곱을 사용했다.

$$A \cdot B = A * B = \sum_{u,v} \mu_A(u) \wedge \mu_B(v) / (u, v)$$

따라서 $A' = A$ 이면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 B' &= A \quad (A * B) \\
 \mu_B(v) &= \bigvee_u \{ \mu_A(u) \wedge (\mu_A(u) \wedge \mu_B(v)) \} \\
 &= \bigvee_u \{ \mu_A(u) \wedge \mu_B(v) \} \\
 &= \bigvee_u \mu_A(u) \wedge \mu_B(v)
 \end{aligned}$$

여기서 A 가 정규화 되었다고 가정하면(최대소속도 =1), 위의 식의 결과는 아래와 같다.

$$1 \wedge \mu_B(v) = \mu_B(v)$$

따라서 $B' = B$ 임을 알 수 있고 앞서 언급한 “IF-THEN” 규칙은 전향추론을 만족함을 알 수 있다.

3. 퍼지전문가 시스템에의 적용

그레이팅 생산공정의 절단계획 단계에서는 잔재의 손실율을 반복적으로 비교하여 잔재의 손실율이 가장 적은 최적의 자재타입을 선택하여 절단계획을 생성한다. 무조건 태스크나 그룹을 병합한다고 해서 잔재의 손실율이 감소하는 것이 아니고, 또 병합하는 태스크나 그룹의 수에 따라서 손실율이 달라지기 때문에 때문에 절단계획 생성시 [그림 4,5,6]과 같은 경우를 반복적으로 비교하여야 하는 번거로움이 있다.

- 태스크나 그룹을 병합하지 않고 절단계획을 생성한 경우

그룹번호	용량수	BB 손실률 (%)	CB 손실률 (%)
1			
2	20011023-G002	30	23.7
3	TOTAL	33	5.1
4			

(그림 5 태스크/그룹을 병합하지 않은 자재의 손실율)

- 태스크만 병합하고 절단계획을 생성한 경우

그룹번호	용량수	BB 손실률 (%)	CB 손실률 (%)
1			
2	19990922-G021	2	3.9
3	20011023-G002	30	23.7
4	TOTAL	35	4.9
5			

(그림 6 태스크만 병합한 자재의 손실율)

- 그룹만 병합하고 절단계획을 생성한 경우

그룹번호	용량수	BB 손실률 (%)	CB 손실률 (%)
1			
2	19991029-G021	19	10.2
3	19991029-G023	15	7.9
4	19991029-G025	12	14.4
5	TOTAL	98	2.6
6			

(그림 7 그룹만 병합한 잔재의 손실율)

- 태스크와 그룹 모두 병합하고 절단계획을 생성한 경우

그룹번호	용량수	BB 손실률 (%)	CB 손실률 (%)
1			
2	19990922-G021	2	3.9
3	TOTAL	36	12.3
4			

(그림 8 태스크/그룹 모두 병합한 잔재의 손실율)

이는 작업 시간의 지연은 물론, 단순히 잔재의 손실율을 비교하는 것에 그치는 매우 비효율적인 작업이다. 본 논문에서는 각 룰을 병렬로 1 회만 적용하여 잔재 손실율이 가장 적은 것을 찾아 낼 수 있는 퍼지전문가 시스템 적용하여 절단계획 생성에 있어서 효율성을 추구하고자 한다.

3.1 퍼지 추론

생산공정의 절단계획 단계에서 발생한 손실율을 x 라하고 그것의 집합을 A 라고 하자. 퍼지 집합 A 라는 것은, 집합 A 의 임의의 원소가 A 에 소속하는 정도를 다음과 같은 집합 A 의 특성함수에 의해 주어지는 x 의 모임으로 정의한다.

$$\mu_A : x \quad [0, 1]$$

$\mu_A(x)$ 는 원소 x 가 A 에 속하는 정도, 즉 0 과 1 사이의 실수 값에 할당되는 퍼지 집합 A 의 멤버쉽 함수 (Membership Function)라 하고, A 의 각 원소에 대한 $\mu_A(x)$ 의 값을 멤버쉽 값(Membership Grade)이라 한다 [3]. 멤버쉽 함수는 연속 또는 이산적인 언어적 값과 모양에 따라 여러가지 형태가 있으나 본 논문에서는 계산이 용이하고 데이터 메모리의 크기를 줄일수 있는 이산적인 삼각형의 멤버쉽 함수를 사용하여 언어적인 값과 대응시켰다.

그레이팅의 절단계획을 퍼지전문가 시스템에 적용하기 위한 언어적인 변수는 “BB(BearingBar)loss”와 “CB(CrossaBar)loss”, “CuttingPlan”, “Merge”로 정의한다. 또한 손실율을 나타내기 위한 언어적인 값은 “Low”, “Medium”, “High”로 정의하고, CuttingPlan 에 대한 언어적인 값은 “Bad”, “Consideration”, “VeryGood”, Merge 에 대한 언어적인 값은 “None”, “Few”, “Many”로 나타낸다.

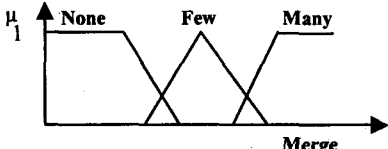
다음은 언어적인 변수와 값을 이용하여 생산공정의 절단계획 단계에 손실율에 대한 규칙을 퍼지 명제형으로 몇가지 나타내어 본 것이다.

- Rule 1
IF Merge is None AND BBloss is High AND CBloss is High THEN CuttingPlan is Bad.
- Rule 2
IF Merge is Many AND BBloss is Low AND CBloss is High THEN CuttingPlan is Consideration.
- Rule 3
IF Merge is Few AND BBloss is Low and CBloss is Low THEN CuttingPlan is VeryGood.

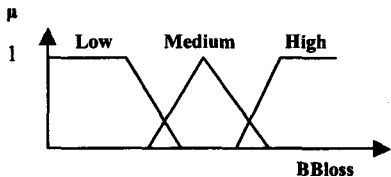
● Rule 4

IF Merge is Many AND BBloss is HIGH and
CBloss is Low THEN CuttingPlan is Consideration.

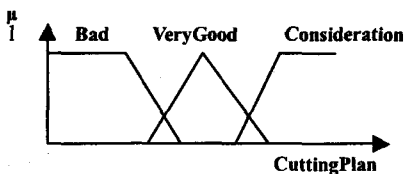
생산공정 시스템의 절단계획 단계에서 잔재의 손실율에 따른 멤버십 함수들을 그래프로 표현하면 다음과 같다.



(그림 9 Merge에 대한 멤버십 함수)



(그림 10 BB/CB 손실율에 대한 멤버십 함수)



(그림 11 CuttingPlan에 대한 멤버십 함수)

여기에서 구한 조건부 적합도 멤버십 값을 기초로 앞서 언급한 퍼지명제의 입력이 주어진 규칙이 있을 때 규칙의 적합도는 다음과 같이 구할 수 있다.

● Rule 1 :

$$\left(\bigvee_{Merge} (\mu_{None}(Merge) \wedge \mu_{None}(Merge)) \right) \wedge \left(\bigvee_{BBloss} (\mu_{High}(BBloss) \wedge \mu_{High}(BBloss)) \right) \wedge \left(\bigvee_{CBloss} (\mu_{High}(CBloss) \wedge \mu_{High}(CBloss)) \right)$$

● Rule 2 :

$$\left(\bigvee_{Merge} (\mu_{Many}(Merge) \wedge \mu_{Many}(Merge)) \right) \wedge \left(\bigvee_{BBloss} (\mu_{Low}(BBloss) \wedge \mu_{Low}(BBloss)) \right) \wedge \left(\bigvee_{CBloss} (\mu_{High}(CBloss) \wedge \mu_{High}(CBloss)) \right)$$

● Rule 3 :

$$\left(\bigvee_{BBloss} (\mu_{Few}(Merge) \wedge \mu_{Few}(Merge)) \right) \wedge \left(\bigvee_{BBloss} (\mu_{Low}(BBloss) \wedge \mu_{Low}(BBloss)) \right) \wedge \left(\bigvee_{CBloss} (\mu_{Low}(CBloss) \wedge \mu_{Low}(CBloss)) \right)$$

● Rule 4 :

$$\left(\bigvee_{Merge} (\mu_{Many}(Merge) \wedge \mu_{Many}(Merge)) \right) \wedge \left(\bigvee_{BBloss} (\mu_{High}(BBloss) \wedge \mu_{High}(BBloss)) \right) \wedge \left(\bigvee_{CBloss} (\mu_{Low}(CBloss) \wedge \mu_{Low}(CBloss)) \right)$$

이처럼 적합도로부터 각 규칙의 추론결과를 구하고 각 규칙의 추론 결과에서 최종적인 추론 결과를

구할 수 있다.

예를 들어, 절단계획을 각각 생성했을 경우 잔재의 손실율이 태스크만 병합하고 절단계획을 생성한 경우가 제일 적게 나왔다고 한다면, 퍼지시스템에서 Rule 3 가 적용된 적합도를 구하여 최종적인 추론 결과는 태스크만 병합하고 절단계획을 생성하는 것이 가장 좋은 절단계획 방법이라는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

지금까지는 퍼지논리에 근거하고 계산시간을 고려한 퍼지추론을 사용하여 생산공정 그래이팅 절단계획 단계에서 반복적으로 발생하는 잔재 손실율의 비교를 퍼지전문가 시스템에 적용하는 방법을 제시해 보았다.

퍼지전문가 시스템에서는 복잡한 것이라도 간단한 퍼지룰로 표현할 수 있고, 종래의 엄밀한 방법으로는 잘 나타낼 수 없었던 것들 중 인간은 잘 하고 있는 경우 등에 적용할 수 있다. 이는 애매성을 갖는 인간의 지식을 이용하여 컴퓨터에게 인간에 가까운 추론을 시키고자 하는 시도는 퍼지집합을 이용함으로써 하나의 새로운 분야를 열었다고 할 수 있는 만큼 향후에는 전형적인 퍼지 추론과는 달리, 명제를 퍼지값이 아닌 보통의 수치를 사용하는 퍼지제어에서의 추론을 사용하여 공정제어 알고리즘에 적용하는 활발한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] R.G..Askin, C.R.Standridge, "Modeling and Analysis of Manufacturing Systems," John Wiley & Sons, 1993.
- [2] 김도현외, "핵심 퍼지 시스템," 에드텍, 1994.
- [3] 임영도, 이상부, "퍼지.신경망.유전진화," 영과일, 1996.
- [4] John Yen and Reza Langari, "Fuzzy logic : Intelligence, Control and Information," Prentice-Hall, 1998.
- [5] 고종영, 조대호, "제조공정 개선을 위한 생산계획 평가 시뮬레이션," 한국시뮬레이션학회 논문지, 8 권 2 호, 1999.
- [6] P. H. Winston, Artificial intelligence. 3th edn, Addison-Wesley, 1992.
- [7] 최규성, 고종영, 조대호, "블랙보드 구조의 그래이팅 스케줄링 시스템의 적용," 정보처리논문지, 7 권 1 호, pp.12-19, 2000.
- [8] J.Martin and S.Oxman, Building expert system : a tutorial, Prentice Hall, 1998.
- [9] S.H. Lee and T.H. Cho, "Application of rule based expert system to GDS(Grating automatic Drawing System)," International Conference on Control, Automation and Systems, 2002.