

## 퍼지 집합을 이용한 컴퓨터통합생산(CIM)시스템의 평가

피수영\*, 김국보\*\*, 정환목\*

\*대구효성가톨릭대학교 전자정보 공학부, \*\*대진대학교 컴퓨터 공학과

### An Evaluation of Computer Integrated Manufacturing(CIM) System Using Fuzzy Set

Pi Su Young\*, Kim Kook Bo\*\*, Chung Hwan Mook\*

\*Faculty of Electronics & info. Engineering,  
Catholic Univ. of Taeguhyosung

\*\*dept. of Computer Engineering, Daejin Univ.

#### 요 약

자동화기술 및 정보통신의 급속한 발전 등의 환경 변화에 따라 컴퓨터를 기반으로 하는 통합생산 시스템 구현의 필요성이 급격히 증가하고 있다. 본 논문에서는 컴퓨터통합생산(CIM) 시스템 구축을 위한 제안 요구서에 따라 각 업체에서 제안한 업체별 구현방법을 효율적으로 평가하기 위하여 퍼지집합을 이용한 컴퓨터통합생산시스템의 업체별 평가 방법을 제안한다.

#### 1. 서론

국제 경쟁의 심화, 다품종 소량 생산체계의 수요 증가, 정보통신 및 자동화기술의 급속한 발전 등의 환경 변화에 따라 컴퓨터를 기반으로 하는 통합생산 시스템 구현의 필요성이 급격히 증가하고 있다.

컴퓨터통합생산 시스템을 성공적으로 구축하기 위하여 고려해야하는 요소는 컴퓨터 시스템, 네트워크 시스템, 응용 소프트웨어 시스템등 모든 정보기술이 적절하게 균형이 맞도록 상호 연동되어야 하므로 이러한 각 구성요소별로 제안한 시스템의 적절성을 평가하는데는 애매 모호한 요소가 많이 나타난다. 따라서 본 논문에서는 컴퓨터통합생산 시스템 구축을 위한 제안 요구서에 따라 각 업체에서 제안한 업체별

솔루션과 시스템의 성능을 합리적이고 효율적으로 평가하기 위하여 퍼지집합을 이용한 컴퓨터통합생산 시스템 평가 방법을 제안한다.

본문이 제시한 방법은 각 부문에서 각 항목은 같은 가중치를 가진다고 가정한다. 예를들면 Computer System 부문하에서의 항목들, 즉 "OLTP Support"와 "ERP 서버 시스템"은 각각 같은 가중치를 가진다([1]).

실세계의 적용에 있어서 만약 부문의 각 항목이 다른 가중치를 가질수 있도록 허용한다면 더욱더 유연성이 있을 것이다. 그리고 복잡한 엔트로피계산을 수행해야 하므로 속도면에서도 효율적이지 못하다. 본 논문에서는 이러한 결점

들을 극복하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 컴퓨터통합생산 시스템 구축하기 위한 12가지 부문들의 각 항목을 삼각퍼지수(Triangular Fuzzy Number)에 의해 다른 가중치들을 가질 수 있도록 본 논문에서는 허용한다.

즉, 본 논문에서 제안한 방법이 Mon[1]이 제안한 방법보다 더욱더 유연성이 있다. 12가지 부문의 각 항목들이 다른 가중치를 가질 수 있기 때문이다. 또한 복잡한 엔트로피 가중치 계산을 수행해야 할 필요가 없으므로 실행 속도면에서도 더욱더 효율적이다.

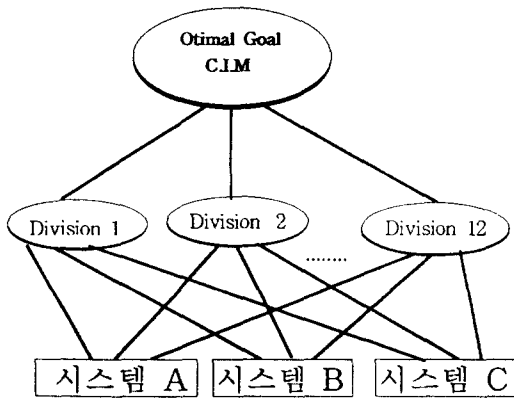
[표 1]

항 목	시스템		
	A	B	C
Operating System	G	G	G
Web 서버 System	G	M	M
DBMS	B	M	G
전자우편.결재.문서관리시스템	B	M	G
CIM적용에 대한 적절성	B	M	G
ERP Package	M	G	G
POP/MES	B	G	G
인사/급여관리	G	M	G
구매(외주)관리	M	M	M
응용 S/W 시스템	G	G	G

## 2. 시스템평가모델과 퍼지집합

### 2.1 시스템 평가모델

[그림1]에서는 3개 업체에 대한 컴퓨터통합생산 시스템 구축을 위한 제안서에 따른 평가를 위한 구조적 모델을 표시하고 있다. 컴퓨터통합생산 시스템의 각 부문항목들은 부록에 제시되어 있다.



[그림 1] 구조적 모델

컴퓨터통합생산 시스템의 각 항목들에 대한 전문가의 의견과 특성이 표 1에 나타나 있다. 각 항목에 대한 대응한 평가기준을 정의할 때 사용한 퍼지언어는 다음과 같다.

- G : 양호(good)
- M : 보통(general)
- B : 나쁨(bad)

### 2.2 퍼지집합과 삼각퍼지수

퍼지집합을 다음과 같이 정의한다.

u: 전체집합

$$u = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$$

u의 퍼지집합  $\tilde{A}$ 는 순서쌍들(ordered pairs)의 집합

$$\{(u_1, f_{\tilde{A}}(u_1)), (u_2, f_{\tilde{A}}(u_2)), \dots, (u_n, f_{\tilde{A}}(u_n))\}$$

$f_{\tilde{A}}$ 는  $\tilde{A}$ 의 소속함수(membership function)

$$f_{\tilde{A}} : u \rightarrow [0,1]$$

$f_{\tilde{A}}(u_i)$ 는  $\tilde{A}$ 에서  $u_i$ 의 소속정도를 나타낸다.

퍼지집합  $\tilde{A}$ 는 다음과 같은 조건을 만족할 때 볼록(Convex)이라고 한다.

$$\forall u_1, u_2 \in u$$

$$f_{\tilde{A}}(\lambda u_1 + (1-\lambda)u_2) \geq \min(f_{\tilde{A}}(u_1), f_{\tilde{A}}(u_2)), \lambda \in [0,1] \dots \dots (1)$$

퍼지집합  $\tilde{A}$ 는 소속의 정도값의 최대치가 1일 때, 즉

$$\forall f_{\tilde{A}}(u_i) = 1 \text{ 일 때 } \tilde{A} \text{는 정규(Normal)이라고 한다.}$$

퍼지수는 볼록이고 정규이면 u에서 퍼지부분 집합이다.

퍼지수  $\tilde{A}$ 의  $\alpha$ -절단(cut)은 다음과 같이 표시할 수 있다.

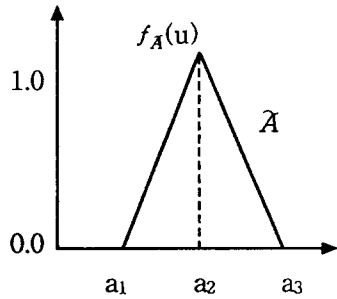
$$\tilde{A}_\alpha = \{u_i \mid f_{\tilde{A}}(u_i) \geq \alpha\}$$

$$\alpha \in [0,1] \dots \dots (2)$$

삼각퍼지수  $\tilde{A}$ 는 3개의 수 ( $a_1, a_2, a_3$ )에 의해 [그림 2]에 나타난 것 처럼, 삼각퍼지수  $\tilde{A}$ 의 소속함수는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$f_{\tilde{A}}(u) = \begin{cases} 0 & u < a_1 \\ u - a_1 / a_2 - a_1 & a_1 \leq u \leq a_2 \\ a_3 - u / a_3 - a_2 & a_2 \leq u \leq a_3 \\ 0 & u > a_3 \end{cases} \dots\dots\dots(3)$$

그리고  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ ,  $a_1, a_2, a_3$ 은 양, 음의 실수 및 0을 사용한다.



[그림 2] 삼각퍼지수

이때  $\alpha$ -절단에 의해 구간(crisp interval)을 얻으면 구간  $\tilde{A}_\alpha$ 는 다음과 같다.

즉,  $\alpha \in [0, 1]$

$$\frac{a_1^{(\alpha)} - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha, \quad \frac{a_3 - a_3^{(\alpha)}}{a_3 - a_2} = \alpha$$

에 의해

$$\begin{aligned} a_1^{(\alpha)} &= (a_2 - a_1)\alpha + a_1 \\ a_3^{(\alpha)} &= (a_3 - a_2)\alpha + a_3 \end{aligned}$$

따라서

$$\tilde{A}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, (a_3 - a_2)\alpha + a_3]$$

각각의 퍼지수들은 표 2에 나타난 것처럼 소속 함수들과 대응한다. 표에서 알 수 있듯이  $\tilde{0.3}$ 이 가장 작은 퍼지수이고  $\tilde{6}$ 은 가장 큰 퍼지수임을 알 수 있다.

[표 2] 삼각퍼지수와 소속함수

삼각퍼지수	소속 함수
$\tilde{0.3}$	(0.2,0.3,0.4)
$\tilde{0.4}$	(0.3,0.4,0.5)
$\tilde{0.5}$	(0.4,0.5,0.6)
$\tilde{0.6}$	(0.5,0.6,0.7)
$\tilde{0.8}$	(0.7,0.8,0.9)
$\tilde{1}$	(0.9,1.0,1.1)
$\tilde{1.2}$	(1.1,1.2,1.3)
$\tilde{1.5}$	(1.4,1.5,1.6)
$\tilde{1.6}$	(1.5,1.6,1.7)
$\tilde{1.8}$	(1.7,1.8,1.9)
$\tilde{2}$	(1.9,2.0,2.1)
$\tilde{2.2}$	(2.1,2.2,2.3)
$\tilde{2.4}$	(2.3,2.4,2.5)
$\tilde{2.5}$	(2.4,2.5,2.6)
$\tilde{2.8}$	(2.7,2.8,2.9)
$\tilde{3}$	(2.9,3.0,3.1)
$\tilde{3.2}$	(3.1,3.2,3.3)
$\tilde{4}$	(3.9,4.0,4.1)
$\tilde{4.8}$	(4.7,4.8,4.9)
$\tilde{5}$	(4.9,5.0,5.1)
$\tilde{6}$	(5.9,6.0,6.1)

$\tilde{A}$ 와  $\tilde{B}$ 를 2개의 삼각퍼지수라고 하면 퍼지수 산술연산은 다음과 같이 요약할 수 있다([2],[3]).

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3), \quad \tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \end{aligned} \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \end{aligned} \dots\dots\dots(5)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \otimes \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 * b_1, a_2 * b_2, a_3 * b_3) \end{aligned} \dots\dots\dots(6)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \oslash \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \end{aligned} \dots\dots\dots(7)$$

### 3. 퍼지집합을 이용한 시스템 평가

CIM시스템을 평가하기 위하여 표 2와 같이 각 항목들에 대해 퍼지스코어(fuzzy score)를 할당한다. 퍼지스코어는 삼각퍼지수에 의해 표시되며 각 항목에 할당되는 퍼지스코어 값이 클수록 컴퓨터통합생산 시스템 구축하는데 가장 적합하다는 것을 알 수 있다.

[표 3] 퍼지항목의 퍼지스코어

항목 번호	항 목	시스템 A	시스템 B	시스템 C
1	회사개요	1.2	3	3
2	개선방안	3	2.4	3
3	품질보증	0.8	0.8	0.8
4	보안 및 안전관리	2.4	3.2	4
5	협력업체 활용방안	0.4	0.5	0.5
6	발주자와 협력방안	0.4	0.5	0.5
7	부문별 기술이전	1.6	1.6	1.6
8	개발전략 및 방법	1.2	2	2
9	개발환경	0.8	0.8	1
10	개발문서 작성,검토회,표준화	1.6	2	1.2
11	Fault Resilience Architecture	0.5	0.5	0.4
12	OLTP Support	0.3	0.4	0.5
13	Server,Client/Server Architecture	0.4	0.5	0.5
14	Data backup/Safety 방안	0.3	0.4	0.5
15	ERP Server System	3	1.2	1.8
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
43	Computer System	0.8	0.8	1
44	Network System	0.8	0.8	0.8
45	응용 S/W System	0.8	0.8	0.8
46	교육/도서/기타	1.6	1.6	1.6

각항목의 가중치와 표 2에서 표시된 각 항목들에 대한 퍼지스코어는 표 4에 나타나 있다.

[표4] 표 3에서 제시된 각 항목에 대한 가중치와 퍼지스코어

항목번호	항 목	시스템 A	시스템 B	시스템 C
1	$\widetilde{W}_1$	$\widetilde{F}_{1A}$	$\widetilde{F}_{1B}$	$\widetilde{F}_{1C}$
2	$\widetilde{W}_2$	$\widetilde{F}_{2A}$	$\widetilde{F}_{2B}$	$\widetilde{F}_{2C}$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
46	$\widetilde{W}_{46}$	$\widetilde{F}_{46A}$	$\widetilde{F}_{46B}$	$\widetilde{F}_{46C}$

[표 5] 평가항목의 가중치를 부가한 퍼지스코어

항목번호	가중치	시스템 A	시스템 B	시스템 C
1	3	1.2	3	3
2	3	3	2.4	3
3	1	0.8	0.8	0.8
4	4	2.4	3.2	4
5	0.5	0.4	0.5	0.5
6	0.5	0.4	0.5	0.5
7	2	1.6	1.6	1.6
8	2	1.2	2	2
9	1	0.8	0.8	1
10	2	1.6	2	1.2
11	0.5	0.5	0.5	0.4
12	0.5	0.3	0.4	0.5
13	0.5	0.4	0.5	0.5
14	0.5	0.3	0.4	0.5
15	3	3	1.2	1.8
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
43	1	0.8	0.8	1
44	1	0.8	0.8	0.8
45	1	0.8	0.8	0.8
46	2	1.6	1.6	1.6

여기서,

$$\widetilde{W}_1, \widetilde{F}_{1A}, \widetilde{F}_{1B}, \widetilde{F}_{1C}, \dots, \widetilde{W}_{46}, \widetilde{F}_{46A}, \widetilde{F}_{46B}, \widetilde{F}_{46C}$$

은 표 2에서 보여준 것처럼 삼각퍼지수 파라미터로 표시된다. 시스템 A의 전체 퍼지스코어는 S(A)로 표시된다.

$$S(A) = \begin{matrix} \widetilde{W}_1 \otimes \widetilde{F}_{1A} \oplus \widetilde{W}_2 \otimes \widetilde{F}_{2A} \oplus \dots \\ \oplus \widetilde{W}_{46} \otimes \widetilde{F}_{46A} \end{matrix} \dots\dots\dots(8)$$

$$S(B) = \begin{matrix} \widetilde{W}_1 \otimes \widetilde{F}_{1B} \oplus \widetilde{W}_2 \otimes \widetilde{F}_{2B} \oplus \dots \\ \oplus \widetilde{W}_{46} \otimes \widetilde{F}_{46B} \end{matrix} \dots\dots\dots(9)$$

$$S(C) = \begin{matrix} \widetilde{W}_1 \otimes \widetilde{F}_{1C} \oplus \widetilde{W}_2 \otimes \widetilde{F}_{2C} \oplus \dots \\ \oplus \widetilde{W}_{46} \otimes \widetilde{F}_{46C} \end{matrix} \dots\dots\dots(10)$$

S(A), S(B), S(C)는 삼각퍼지수를 말한다.

S(A), S(B), S(C)의  $\alpha$ -절단은

$$[a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}], [b_1^{(\alpha)}, b_3^{(\alpha)}], [c_1^{(\alpha)}, c_3^{(\alpha)}]$$

로 표시할 수 있다.

$\alpha \in [0, 1]$ ,  $\alpha$  고정시킨 스코어

$D_\alpha^\lambda(A)$ ,  $D_\alpha^\lambda(B)$ ,  $D_\alpha^\lambda(C)$  그리고 optimism

index  $\lambda$ ,  $\lambda \in [0, 1]$ 로 평가 할 수 있다.

optimism index  $\lambda$ 는 시스템평가자[1]의

optimism의 정도를 나타낸다.  $\lambda$ 의 값이 적은

것은 optimism의 정도가 높음을 나타낸다.

$$D_\alpha^\lambda(A) = \lambda a_1^{(\alpha)} + (1 - \lambda)a_3^{(\alpha)} = P_1 \dots(11)$$

$$D_\alpha^\lambda(B) = \lambda b_1^{(\alpha)} + (1 - \lambda)b_3^{(\alpha)} = P_2 \dots(12)$$

$$D_\alpha^\lambda(C) = \lambda c_1^{(\alpha)} + (1 - \lambda)c_3^{(\alpha)} = P_3 \dots(13)$$

그리고

$$N_\alpha^\lambda(A) = P_1 / (P_1 + P_2 + P_3) \dots(14)$$

$$N_\alpha^\lambda(B) = P_2 / (P_1 + P_2 + P_3) \dots(15)$$

$$N_\alpha^\lambda(C) = P_3 / (P_1 + P_2 + P_3) \dots(16)$$

$N_\alpha^\lambda(A)$ ,  $N_\alpha^\lambda(B)$ ,  $N_\alpha^\lambda(C)$ 의 값들은 3개의 시

스템 선택하는 적합도의 정도를 나타낸다.  $\alpha$ 와

$\lambda$ 는 고정

$$N_\alpha^\lambda(A) \in [0, 1], N_\alpha^\lambda(B) \in [0, 1], N_\alpha^\lambda(C) \in [0, 1]$$

여기서  $N_\alpha^\lambda(A)$ ,  $N_\alpha^\lambda(B)$ ,  $N_\alpha^\lambda(C)$ 중 가장 큰

값이 시스템 선택하는데 가장 적합하다.

## 5. 결론

본 논문에서는 퍼지집합을 이용하여 컴퓨터통합생산 시스템을 평가하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안한 방법은 삼각퍼지수에 의해 각 기준의 항목들이 서로 다른 가중치를 가지도록 허용하며, 복잡한 엔트로피 가중치 계산을 하지 않으므로 실행속도가 빠르게 된다. 따라서 이러한 방법은 시스템 평가등에 광범위하게 사용될 것이다.

참고 문헌

- [1] D. L. Mon, C. H. Cheng, and J. C. Lin, "Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 62, no. 2, pp. 127-134, Mar. 1994.
- [2] A. Kaufmann and M.M. Gupta, *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Applications*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [3] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets," *Inform. Contr.*, vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [4] H. J. Zimmermann, *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Norwell, MA: Kluwer, 1991.
- [5] S. M. Chen. "A new approach to handling fuzzy decision making problems," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 18, no. 6. pp. 1012-1016. 1988.
- [6] C. H. Cheng and D. L. Mon, "Fuzzy system reliability analysis by interval of confidence," *Fuzzy Sets Syst.*, vol 56, no. 1, pp. 29-35, May 1993.
- [7] A. Kandel, *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*. Reading, Ma: Addison-Wesley, 1986.
- [8] T. Ke, "Target decision by entropy weight and fuzzy," *Syst. Eng. Theory and Practice*, vol. 5, 1992 (in Chinese).
- [9] Bellman R. E. and Zadeh, L.A., "Decision Making in Fuzzy Environment", *Management Sciences*, 17, 141-164, 1970.
- [10] 김 승권, 선진국 사례를 중심으로 한 유연 생산 및 컴퓨터 통합 생산 시스템(FMS/CIM)의 운영 분석, *경영과학* 제11권 제2호, 1994.
- [11] 이 현길, 공정-제어 응용을 위한 실시간 데이터베이스 시스템의 개발, *한국정보과학회 봄 학술 발표 논문집*, vol. 18, no. 1, 1991.