

# EMFG의 시간 트랜지션 동작해석 알고리즘

박동진\*, 박희광\*\*, 여정모\*\*\*  
부경대학교 전자계산학과

## The Enhanced Analysis Algorithm for an EMFG's Time Transition Operation

Dong-Jin Park\*, Hee-Kwang Park\*\*, Jeong-Mo Yeo  
Dept. of Computer Science, PuKyong Nat'l University  
E-mail : t-wins@hanmail.net, psinfo01@hanmail.net, yeo@pknu.ac.kr

### 요 약

기존 EMFG의 동작해석 알고리즘에서 마크벡터는 정확한 시간 간격이 아닌 각 스텝의 변화를 나타내는 것이었다. 그래서 시간 트랜지션이 있는 EMFG의 경우에는 정해진 지연시간 이외의 필요 없는 시간이 발생하였다. 본 연구에서는 이를 개선하여 초기완료비벡터를 적용하였고, 시간 트랜지션을 가진 EMFG에 대하여 시간의 흐름에 따른 점화가능벡터와 예상완료비를 산출하고, 현완료비에 따라 달라지는 경과완료비를 수학적으로 판단할 수 있도록 개선된 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘을 무인 운전 시스템에 적용하여 시간 흐름에 따른 마크벡터의 변화를 입증하였다. 설계된 EMFG를 개선된 알고리즘에 따라 해석하게 되면, 시스템의 분석 및 설계가 용이하여, 시스템의 성능향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.

### 1. 서 론

이산제어 시스템을 설계하여 구현하거나 분석하는데 적합한 마크흐름선도를 개선한 확장된 마크흐름선도(EMFG: Extended Mark Flow Graph)는 시스템의 동시성이나 병렬성을 잘 표현할 수 있을 뿐만 아니라, 비동기적이거나 분산적인 페트리 넷의 장점을 모두 가지고 있다.[1-3] EMFG는 시스템의 동작을 개념적으로 상세하게 설계할 수 있게 하고, 이산 시스템을 표현한 EMFG인 경우에는 일대 일로 변환하여 직접적인 회로를 얻을 수 있어 시스템의 구현이 용이하다. 본 논문에서는 EMFG의 동작해석 알고리즘을 이용하여 구한 마크벡터의 변화를 더 정확하게 파악하고자 한다. 기존의 시간 트랜지션을 포함한 EMFG에서

는 정해진 지연시간 이외의 추가적인 시간이 발생하게 된다. 제안된 알고리즘에서는 시스템이 시간의 진행 순서에 의하여 올바른 동작을 할 수 있도록 한다. 먼저 새로운 방법으로 초기 완료비벡터( $V_0$ )를 구하고, 각각의 단계에서 새로운 마킹시간적용 규칙을 설정하여 시간 트랜지션이 존재하는 시스템에서도 지연 시간 없이 시간의 진행 순서에 맞추어 올바르게 동작할 수 있도록 하였다.

이를 이용하면 시간의 변화에 따른 EMFG의 모든 동작 과정을 수학적으로 해석하고, 마크벡터의 변화를 정확하고 쉽게 판단할 수 있다. 또한 규모가 큰 이산제어시스템의[4-8] 모델링이나 설계가 쉬워질 뿐만 아니라 나아가 시스템의 성능향상에 도움을 줄 것이다.

## 2. 본 론

기존의 EMFG의 동작해석 알고리즘에서 마크벡터의 결과는 각 시간마다의 마크벡터가 아닌 각 스텝의 변화를 나타내는 것이다. 마크벡터는 정확한 시간 간격으로 확인되어야 한다. 그래서 본 논문에서는 초기 완료비벡터( $V_0$ )와 예상완료비( $V_1$ )를 구하는 방법과 점화 완료비벡터를 구하는 새로운 방법을 제안한다.

### 2.1. 초기 완료비벡터 정의 규칙

기존에는 마킹시간을 구한 뒤 초기 완료비벡터를 다음과 같이 구하였다.[10-12]

\* 마킹 시간( $t_m$ ) 을 구할때

$$t_m = G.C.M. (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

\* 초기 완료비벡터( $V_0$ )를 구할 때

$$V_0 = [s_1/t_m, s_2/t_m, \dots, s_n/t_m]$$

$S_i$  : 각 트랜지션  $t_j$ 의 점화시간

$n$  : 트랜지션의 수

그러나 이 알고리즘으로 EMFG를 동작해석 하게 되면 시간 트랜지션이 존재하지 않는 시스템에서는 계획된 단계에 맞추어 순서적으로 진행되지만 시간 트랜지션이 존재하는 시스템에서는 지연시간이 발생하여 예상보다 몇 단계 실행이 지연되는 결과를 얻을 수 있다. 이를 해결하기 위하여 다음과 같이 새로운 초기 완료비벡터 정의 규칙을 정의한다.

정의 1) EMFG에서 트랜지션들의 집합을  $S$ ,  $S$ 의 원소를  $S_i$ 라 할 때 다음과 같이 정의할 수 있다.

- ①  $S_i$ 가 시간 트랜지션일 때 초기 완료비벡터에 수치를 그대로 적용한다.
- ②  $S_i$ 가 시간 트랜지션이 아닐 경우 초기 완료비벡터에 -1로 적용한다.

### 2.2. 점화 완료비벡터 정의 규칙

기존의 알고리즘에서는 다음과 같이 경과완료비벡터( $X_k$ )를 이용하여 점화 완료비벡터( $Y_k$ )를 구하였다.[10-12]

- ①  $X$ 에서 0인 원소를 1로,
- ② 0이 아닌 모든 원소를 0으로 대치.

그러나 이 방법은 시간의 분명한 변화와 관계없이 각 스텝에 대하여 적용이 되므로 지연이 발생할 소지가 있다. 그래서 현완료비( $W$ )를 이용하여 점화 완료비벡터를 구하는 방법을 정의한다.

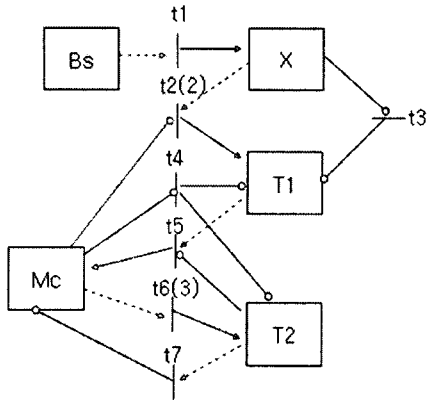
정의 2) 현완료비( $W_k$ )의 값에 따라 다음과 같이 구분하여 점화 완료비벡터( $Y_k$ )를 구한다.

- ①  $W_k$ 에서 1이상의 원소가 있고 -1 원소가 있는 경우 :  $W_k$ 에서 -1인 원소만 1로 나머지는 0으로 하여  $Y_k$ 를 구함
- ② 마킹상태가 변하지 않으며 다음  $Y_k$ 는 이전  $Y_k$ 를 적용하여 마킹시간 적용(정상 순서로 진행)
- ③  $W_k$ 에서 -1원소가 이전  $W_k$  상태와 동일한 경우 마킹시간 적용

### 2.3. 개선된 알고리즘의 단계와 이를 이용한

#### EMFG의 동작해석 적용 예

시간경과에 따라 박스들의 마크상태가 변화하는 것은 시스템의 상태가 변화함을 의미한다. 그림 1은 시간 트랜지션이 존재하는 EMFG이다. 이 EMFG에 대해 제안한 방법으로 초기 완료비벡터와 점화 완료비벡터를 구하고, 기존의 수식들에 의하여 현완료비 벡터, 경과완료비 벡터 등을 구하여 마킹평가를 하는 과정을 단계적으로 표현하였다.



(그림 1) 시간트랜지션이 존재하는 EMFG [10-12]

단계 1(초기화 과정) :

① 마킹시간 :

$$t_m = \text{G.C.M.}(1,2,1,1,1,3,1) = 1$$

② 초기완료비 벡터 :

$$V_0 = [-1, 2, -1, -1, -1, 3, -1]$$

③ 입력 행렬( $T_i$ ), 출력 행렬( $T_o$ ), 접속 행렬( $T_b$ ) :

[9-10]

$$T_i = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_o = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ n & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & n & 0 \\ 0 & n & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & n & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_b^T = \begin{bmatrix} 0 & n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & n \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

④ 점화조건행렬( $C$ ) : [10]

$$C = \begin{bmatrix} 1 & X & X & X & X & X & X \\ X & 1 & 0 & X & X & X & X \\ X & 0 & X & 0 & X & 1 & X \\ X & X & X & X & 1 & X & X \\ X & X & X & X & 0 & X & 1 \end{bmatrix}$$

⑤ 초기마크벡터( $M_0$ ) :

$$M_0 = [Bs, X, Mc, T1, T2]$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

단계 2(점화가능벡터 구함) :

$$F_1 = M_0 \ominus C = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

단계 3(초기완료비 벡터를 구함) :

$$V_1 = [-1 \ 2 \ -1 \ -1 \ -1 \ 3 \ -1]$$

단계 4(현완료비 벡터 구함) :

$$W_1 = [-1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

단계 5(경과완료비 벡터 구함) :

$$X_1 = [-2 \ 1 \ -1 \ -2 \ -1 \ -1 \ -1]$$

단계 6(점화완료벡터  $Y_k$  구함) :

$$Y_1 = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

단계 7(박스들의 마킹평가) :

$$M_1 = [1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

단계 8 : 단계 2에서 단계 7의 과정을 반복한다

k	$F_k$	$V_k$	$W_k$	$X_k$	$Y_k$	$M_k$
0초		[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]				[1,0,0,0,0]
0-1	[1,0,1,1,0,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,0,-1,-1,0,0,0]		[1,0,1,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0] ②
0-2	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,0,0,0]	①	[1,0,0,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0]
① $W_k$ 에서 1이상의 원소가 있고 -1원소가 있는 경우 : $W_k$ 에서 -1인 원소만 1로 나머지는 0으로 하여 $Y_k$ 를 구한다.						
②마킹 상태가 변하지 않으면 다음 $W_k$ 는 이전 $W_k$ 를 적용하여 마킹시간 적용						
1초	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,0,0,0]	[-2,1,-1,-2,-1,-1,-1]	[1,0,0,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0] ②
1-1	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,1,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,1,0,-1,0,0,0]	①	[1,0,1,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0]
2초	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,1,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,1,0,-1,0,0,0]	[-2,0,-1,-2,-1,-1,-1]	[1,1,0,1,0,0,0]	[1,1,0,1,0]
2-1	[1,1,0,1,1,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,-1,0,0]	①	[1,0,0,1,1,0,0]	[1,1,1,0,0] ②
2-2	[1,0,0,0,1,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,0,0,0,3,0]	①	[1,0,0,0,0,0]	[1,1,1,0,0]
3초	[1,0,0,0,1,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,0,0,0,3,0] ③	[-2,-1,-1,-1,-1,2,-1]	[1,0,0,0,0,0]	[1,1,1,0,0]
4초	[1,0,0,0,1,0]	[-1,2,-1,-1,-1,2,-1]	[-1,0,0,0,2,0]	[-2,-1,-1,-2,-1,1,-1]	[1,0,0,0,0,0]	[1,1,1,0,0]
③ $W_k$ 에서 -1원소가 이전 $W_k$ 의 상태와 동일한 경우 마킹 시간 적용						
5초	[1,0,0,0,1,0]	[-1,2,-1,-1,-1,1,-1]	[-1,0,0,0,1,0] ③	[-2,1,-1,-1,-1,0,-1]	[1,0,0,0,1,0]	[1,1,1,0,1]
5-1	[1,0,0,0,1,1]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,0,0,0,3,-1]	①	[1,0,0,0,0,1]	[1,1,0,0,1]
5-2	[1,1,0,1,0,0,1]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,0,0,-1]	①	[1,0,0,1,0,0,1]	[1,1,0,0,0]
5-3	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,0,0,0]	①	[1,0,0,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0] ②
6초	[1,1,0,1,0,0,0]	[-1,2,-1,-1,-1,3,-1]	[-1,2,0,-1,0,0,0]	[-2,1,-1,-2,-1,-1,-1]	[1,0,0,1,0,0,0]	[1,1,0,0,0]

<표 1>시간트랜지션을 고려한 EMFG의 동작과정

### 3. 결 론

### 참고문헌

본 논문은 기존의 EMFG 동작해석 알고리즘에서 시간의 흐름에 따라 변화하는 마크 상태변화를 개선된 알고리즘으로 표현하였다. 개선된 알고리즘을 이용하여 시스템을 설계하였을 때 기존의 알고리즘으로 설계하였을 때 보다 불필요한 시간을 줄일 수 있으므로 시스템의 속도향상에 큰 영향을 줄 것으로 기대된다. 제안된 알고리즘의 각 단계는 수학적 분석이 가능하므로 EMFG의 동작인 시스템의 동작을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 해석하고 분석할 수 있다. 따라서 제안된 알고리즘을 이용하면 규모가 큰 시스템을 설계할 경우에도 시스템의 동작을 쉽게 분석할 수 있으므로 설계에 재 반영하거나 시스템의 성능향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.

- [1] 여정모, "마크흐름선도의 확장", 부산대학교 대학원 석사학위 논문, 1982. 2.
- [2] 여정모, 황창선, "확장된 마크흐름선도와 시퀀셜 제어시스템에의 응용", 부산대학교 공과대학 연구보고 Vol. 25, p. 209 - 219, 1983. 6 .
- [3] 이재만, "확장된 세이프 페트리 넷을 이용한 이산시스템의 해석과 설계에 관한 연구", 부산대학교 대학원 박사학위 논문, 1995. 2.
- [4] 여정모, "EMFG 회로의 간략화에 관한 연구", 부산개발대학 연구보고 Vol. 29, p741 - 760 1987. 12 .
- [5] 여정모, "이산 시스템의 설계와 해석을 위한 확장된 마크흐름선도의 재정의와 회로변환", 멀티미디어학 회 논문지 Vol. 1 No. 2, p224 - 238, 1998. 12.

- [6] 여정모, 하재목, "확장된 마크흐름선도의 재구성과 회로변환", 한국멀티미디어학회, 1998년도 춘계학술발표논문집, p. 423 - 431, 1998. 6.
- [7] 여정모, "이산제어시스템 설계를 위한 확장된 마크흐름선도의 동작해석", 정보처리논문지 Vol. 5 No. 7, p. 1896-1907, 1998. 7.
- [8] 여정모, "확장된 마크흐름선도의 성질 및 간소화 알고리즘", 부경대학교 논문집 Vol. 5. No. 2, p. 17-28, 1998. 12.
- [9] 김희정, 허후숙, 정안나, 여정모, "접속 행렬을 이용한 EMFG의 수학적 해석", 멀티미디어공학회, 2001년 추계학술발표논문집,
- [10] 백형구, 허후숙, 정명희, 여정모, "조건아크를 이용한 릴레이 회로의 EMFG 변환", 멀티미디어공학회, 2001년 추계학술발표논문집, p.821-826, 2001. 11.
- [11] 백형구, "릴레이 회로의 개선된 EMFG 변환", 부경대학교 대학원 석사학위 논문, 2002. 1.
- [12] 백형구, 김희정, 여정모, "릴레이 회로의 EMFG 표현에 관한 연구", 부경대학교 논문집 Vol. 6, p335-345, 2001. 12.