

고속철도 승강문 개폐 동작에 대한 Grafcet 해석

양 도철*, 김 용규*, 장 호성**

* : 한국철도기술연구원, ** : 홍익대학교 전기전자컴퓨터공학부

Grafcet analysis on the KTX access doors opening/closure

YANG Doh-Chul*, KIM Yong-Kyu*, CHANG Ho-Sung**

* : Korea Railroad Research Institute, ** : Hong-ik University

Abstract - 본 논문에서는 Grafcet을 이용하여 고속 철도의 외부 승강문 운영 데이터 처리 사양으로부터 승 강문 운영 상세 사양을 구성하는데 목적을 둔다. 이에 따라 승강문 열림/닫힘, 승강문 열림 및 승강문 닫힘 관 련 Grafcet을 구성한 후, 천이와 스텝의 관점에서 따라 연관된 액션과 천이 조건 등을 분류하여 주어진 Grafcet의 특성 및 순차 제어 논리 분석을 실행한다.

1. 서 론

본 논문에서는 Grafcet([1],[2])을 이용하여 외부 승 강문 운영 데이터 처리 사양으로부터 승강문 운영 상세 사양을 구성하는데 목적을 둔다. 본래의 사양은 KTX 시스템[3]에서 사용된 것으로 실행을 단순화하기 위해 열차 편성을 1개의 동력차와 4 개의 객차로 제한한다.

각각의 승강문에 대한 동작 함수는 다음의 사항에 의 해 결정된다 : 각각의 객차는 2 개의 승강문을 가지며 각각의 승강문은 Electro-pneumatic 장비와 함께 고 정된다. 승강문의 개방 또는 반 개방이 실행될 경우, 객 차의 내부 또는 외부에서 수동으로 작동시킬 수 있는 승 강문의 일시적인 공기압 차단을 허용한다. 만약 승강문 의 개방 또는 반 개방이 실행될 경우, 그리고 열림 또는 닫힘의 동작이 진행중이거나, 어떠한 전력도 인가되지 않은 경우에는 이러한 수동 조작이 가능하다. 안전성의 이유로 인해, 장애물이 닫힘 동작 진행 중에 검출될 경 우, 승강문은 완전히 개방되며, 그 결과 승강문 닫힘 절 차는 재 시작된다[4].

2. 본 론

2.1 기본 정의

객차 데이터 처리의 경우, 승강문 방향 1은 함수 1 로, 승강문 방향 2는 함수 2로, 그리고 양쪽 모드에 해 당하는 공통 모드는 함수 3으로 분류하며 이와 연관된 Grafcet의 정의는 다음과 같다.

기능	함수 1, 2	함수 3
Grafcet 1	운영 모드	5km/h 열차 속도 한계
Grafcet 2	열림/닫힘 모드	열차 속도가 5km/h 이상시의 비상 장치 동작
Grafcet 3	닫힘 모드	승강문 닫힘시의 공기 축출 장치 잠금
Grafcet 4	열림 모드	

2.2 MMI(Man-Machine Interface)

MMI는 주로 동력차 또는 객차에 위치한 스위치에 의 해 주어진다. 차상실에 위치한 발광 누름 스위치는 발광 기능을 갖는 동력차에 위치한 스위치로 단지 기관사에 의해서만 동작된다. 각각의 출입문에 위치한 국부 열림 동작용 누름 스위치는 승강문을 열기 위해 승객, 열차 승무원 등에 의해 동작하며, 차량 연결 복도 1,4에 위 치한 스위치는 일반적으로 열차 승무원에 의해서만 동작

가능하다. 모든 출입 승강문 각각에 대해 주어진 개개의 승강문 사용유무 조정은 동력차에 주어진 스위치에 의해 가능하며 이는 단지 열차 승무원에 의해서만 동작된다 [4]. 따라서 승강문 제어 명령어는 [4]에서 주어진 데 이터에 다음과 같은 사항이 추가된다.

- 객차 입력 : 정보는 "0" 또는 "1"의 형태로 주어진다.
- IT_DTLK11 : 방향 1 승강문 잠김 검출
- IT_DTLK22 : 방향 2 승강문 잠김 검출
- IT_DTOP11 : 방향 1 승강문 열림 검출
- IT_DTOP22 : 방향 2 승강문 열림 검출
- IT_PBTIN11 : 방향 1 승강문에 대한 국부 개방 요청
- IT_PBTIN22 : 방향 2 승강문에 대한 국부 개방 요청

- 객차 출력 : 정보는 "0" 또는 "1"의 형태로 주어진다.
- OT_MVPO11 : 방향 1 승강문 열림
- OT_MVPO22 : 방향 2 승강문 열림
- OT_MVPI11 : 방향 1 승강문 동작 취소
- OT_MVPI22 : 방향 2 승강문 동작 취소
- OT_WG01(*) : 승강문 경보

- 동력차 network 메시지 : 정보는 객차로 전송된다.
- T_PBOPL : 왼쪽 승강문 열림 제어
- T_PBOPR : 오른쪽 승강문 열림 제어
- T_PSRP01 : 공칭 공기 압력
- T_WM : 차량 세척기 프로그램

- 객차 network 메시지 : 정보는 객차로 전송된다.
- T_PBOP11 : 방향 1 승강문용 열림 동작 제어
- T_PBOP22 : 방향 2 승강문용 열림 동작 제어

- local 변수 : 정보는 객차로 전송된다.
- OP11 : 방향 1 승강문 열림 동작 제어
- OP22 : 방향 2 승강문 열림 동작 제어
- NDTOP11(#) : 방향 1 승강문 열림 동작 결합
- NDTOP22(#) : 방향 2 승강문 열림 동작 결합
- MVAT11 : 방향 1 승강문의 공기 미충전 밀폐

* 데이터(#) : non-critical data.
그 외의 데이터 : critical data.

- 지연
- T01_D098 : 닫힘 이전의 시간 지연(5초)
- T02_D098 : 승강문 닫힘 제어(20초)
- T03_D098 : 열림 동작 경보(2초)
- T04_D098 : 승강문 열림 동작 제어(20초)
- T05_D098 : 밀폐 공기 방출 시간 지연

2.3 Grafcet의 구성

Grafcet의 구성은 참고문헌 [3]에서 주어진 구성 논

리 및 구성 요소에 따라 다음과 같이 구분된다. 여기서 Grafcet 열림/닫힘, 열림, 및 닫힘 관련 사양은 참고 문헌(1)에 의해 주어진 내용을 기본으로 한다.

• 열림/닫힘 관련 Grafcet의 경우,

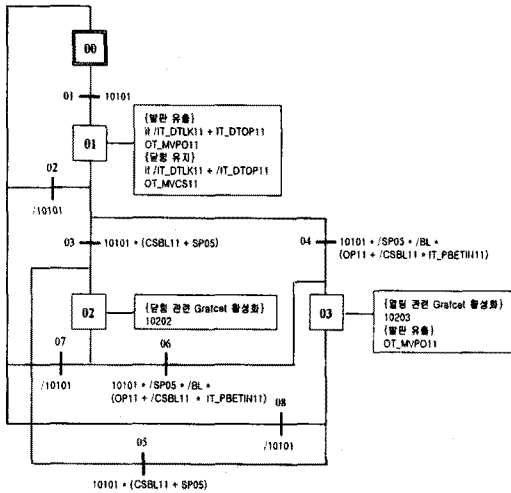
[천이 조건]

- 천이 1 : 10101 Grafcet의 정상시 운영 모드가 주어지는 경우,
- 천이 2 : 10101 Grafcet의 정상 상태 이외의 운영 모드가 주어지는 경우,
- 천이 3 : 10101 Grafcet가 동작하고(AND) 방향 1 이 차단(OR)되거나 열차속도가 5km/h 이상인 경우
- 천이 4 : 천이 04는 정상적인 운영과(AND) 열차속도가 5km/h 이하(AND)이며 차단 동작 제어가 실행되지 않고(AND) 단지 방향 1 승강문 열림 동작 제어(OR) 또는 방향 1 차단이 실행되지 않거나 (OR) 방향 1 승강문에 대한 국부 개방 요청이 실행되는 경우
- 천이 5 : 천이 3과 동일
- 천이 6 : 천이 4와 동일
- 천이 7 : 천이 2와 동일
- 천이 8 : 천이 2와 동일

[스텝 동작]

- 스텝 00 : 시작
- 스텝 01 : 발판 유출 및 닫힘 동작의 상태가 유지되며 이는 방향 1 승강문 닫힘 검출과 열림 검출에 관련된 조건에 따라 구성된다.
만약 /IT_DTLK11+IT_DTOP11의 조건을 만족시, OT_MVPO11 명령을 실행
만약 /IT_DTLK11+/IT_DTOP11의 조건을 만족시, OT_MVCS11 명령을 실행
- 스텝 02 : 닫힘 동작에 연관된 Grafcet의 활성화를 의미.
- 스텝 03 : 열림 동작에 연관된 Grafcet의 활성화를 의미.

[Grafcet 구성] : 그림 1



(그림 1). 차상문 열림/닫힘 Grafcet의 구성

• 열림 관련 Grafcet의 경우

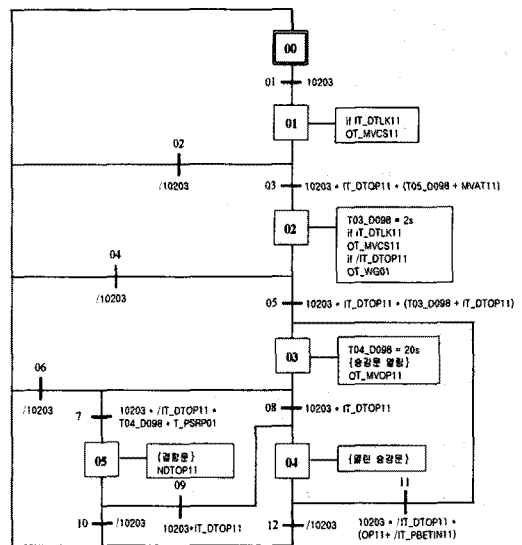
[천이 조건]

- 천이 1 : 열림 요청 Grafcet의 정상시 운영 모드가 주어질 경우
- 천이 2 : 열림 요청 Grafcet가 주어지지 않는 경우
- 천이 3 : 열림 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문 열림이 검출되고(AND) 차량 내의 열차 압력 조정을 위한 방향 1 승강문의 공기가 충전되지 않은 상태로 밀폐가 실행(OR) 또는 밀폐공기 방출 시간 지연이 발생하는 경우
- 천이 4 : 천이 02와 동일
- 천이 5 : 열림 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문 열림이 검출되고(AND), 열림 동작 경보가 2초간 작동(OR) 또는 방향 1 승강문 열림이 검출되는 경우
- 천이 6 : 천이 04와 동일
- 천이 7 : 열림 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문의 열림이 검출되지 않고(AND) 승강문 열림 동작에 따른 시간 지연(AND)과 공칭 공기압이 작용하는 경우
- 천이 8 : 열림 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문 열림이 검출되는 경우
- 천이 9 : 열림 요청 Grafcet와(AND) 방향 2 승강문 열림이 검출되는 경우
- 천이 10 : 천이 06과 동일
- 천이 11 : 열림이 검출되지 않고(AND) 방향 1 승강문 열림 동작 제어 또는(OR) 방향 1 승강문에 대한 국부 개방 요청이 주어지는 경우
- 천이 12 : 천이 06과 동일

[스텝 동작]

- 스텝 00 : 시작
- 스텝 01 :
만약 IT_DTLK11인 경우, OT_MVCS11 실행
- 스텝 02 : T03_D098=2S
만약 IT_DTLK11인 경우, OT_MVCS11 실행
만약 /IT_DTOP11인 경우, OT_WG01실행
- 스텝 03 : T04_D098=20s, 승강문 열림
OT_MVOP11
- 스텝 04 : 열린 승강문 상태를 표시
- 스텝 05 : 결합 승강문, NDTOP11

[Grafcet 구성] : 그림 2.



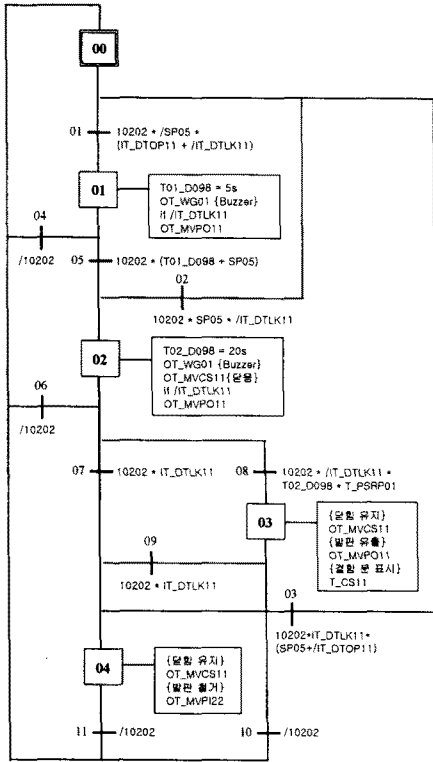
(그림 2). 차상문 열림 Grafcet의 구성

$$OP11 = (T_PBOPL(PC1) + T_PBOPR(PC2) + T_$$

PBOP11(TR01)+T_PBOP11(TR02)+T_PBOP22
(TR03)+T_PBOP22(TR4)*(TR=01+TR=02+TR
=03+TR=04+TR)+(T_PBOPR(PC1)+T_PBOPL
(PC2)+T_PBOP22(TR01)+T_PBOP22(TR02)+
T_PBOP11(TR3)+T_PBOP11(TR4)*(TR=3+TR
=4+TR)+IT_PBOP11

BL=T_PBCSBL(PC1)+T_PBCSBL(PC2)+T_WM
+IT_PBCSBL01+T_PBCSBL(TR01)+T_PBCSBL
(TR09)+T_PBCSBL(TR10)+T_PBCSBL(TR18)

- *PC1(Power Car 1) : 동력차 1
- *PC2(Power Car 2) : 동력차 2
- *TR01(Trailer Car 1) : 객차 1
- *TR09(Trailer Car 9) : 객차 9



(그림 3). 차상문 닫힘 Grafcet의 구성

- 닫힘 관련 Grafcet의 경우,

[천이 조건]

- 천이 1 : 열차 속도가 5km/h 이하에서(AND) 닫힘 요청 Grafcet가 인가되고(AND) 방향 1의 승강문 열림 또는(OR) 방향 1 승강문 잠금이 검출되는 경우
- 천이 2 : 열차 속도 5km/h 이하에서(AND) 닫힘 요청 Grafcet가 인가되고(AND) 방향 1 승강문 닫힘이 검출되는 경우
- 천이 3 : 닫힘 요청 Grafcet와(AND) 승강문 닫힘이 검출되고(AND) 열차 속도가 5km/h 이상이거나(OR) 방향 1 승강문 열림이 검출되지 않는 경우
- 천이 4 : 닫힘 요청 Grafcet가 인가되지 않은 천이 조건이 발생
- 천이 5 : 닫힘 요청 Grafcet가 주어지고(AND) 5초 동안의 닫힘 시간 지연 또는(OR) 또는 열차 속도가

5km/h 이하로 동작할 경우

- 천이 6 : 천이 4와 동일
- 천이 7 : 닫힘 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문 닫힘이 검출될 경우
- 천이 8 : 닫힘 요청 Grafcet와(AND) 방향 1 승강문 닫힘이 검출되지 않고(AND) 승강문 닫힘 제어에 따른 20초간의 시간 지연이 발생하거나(OR) 공기 압력이 인가된 경우
- 천이 9 : 천이 7과 동일
- 천이 10 : 천이 4와 동일
- 천이 11 : 천이 4와 동일

[스텝 동작]

- 스텝 00 : 시작
- 스텝 01 : T01_D098 = 5S
만약 /IT_DTLK11인 경우, OT_MVPO 11 실행
- 스텝 02 : T02_D098 = 20S
OT_WG01, OT_MVCS11
만약 IT_DTLK11인 경우, OT_MVPO 11 실행
- 스텝 03 : 닫힘 유지, 발판 유출, 결함문 표시의 3개 동작 실행
OT_MVCS11, OT_MVPO11, T_CS11
- 스텝 04 : 닫힘 유지, 발판 철거
OT_MVCS11, OT_MVPI11

[Grafcet 구성] : 그림 3.

3. 결 론

본 논문에서는 승강문 열림/닫힘 제어 동작에 대해 언급하였다. 이는 [1]에서 주어진 기본 사양에 기본을 두고 [2]에서 취급한 운영 모드의 설정에 따라 주어진다. 그러나 본 논문에서는 모든 승강문 열림/닫힘 동작을 취급하는데 있어서, 각각의 승강문이 장애물 검지 시스템, 열차 내부의 기압을 조정할 수 있는 승강문 밀폐 이음매, 잠금 장치, 비상시의 제어 명령, 발판 제어, 기타 신호 관련 사항을 제외하였다. 따라서 정확한 승강문 제어 동작을 위해서는 이들 세부적인 항목도 함께 취급되어야 한다.

실제로 이들 동작을 실행하는 것은 [1]에서 정의된 Grafcet의 level 3(유일하게 기술적으로 자동화 시스템을 실현하는데 필요로 하는 사용자 요구조건을 정의하는 level)에 의해 주어짐으로서 이에 대한 기술은 Grafcet의 구성자와 실제적으로 실현 가능한 기술상의 문제점을 고려하여 검토되어야 한다.

이러한 모든 사항을 고려할 경우, Grafcet는 기능면에서 거시적인 설계로부터 모든 Action과 정보를 기본으로 하는 상세한 설계를 실행할 수 있을 때까지 또는 제어 시스템 사용자의 요구조건을 충분히 만족할 때까지 안전성을 감안하여 지속적으로 수정해야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] M.BLANCHARD, " Comprendre, Matiser, et Appliquer LE GRAFCET", cepadues-edition, Toulouse, p.174, 1979.
- [2] 김용규, 최강운, " 열차제어용 정보전송 방식 분석", 한국철도기술, 1999년 제20호, pp33-42.
- [3] 한국고속철도공단, "Rolling Stock system engineering", 1994
- [4] 양도철, 김용규, 장호성, "Grafcet에 의한 고속전철의 승강문 운영 모드 분석", 2000년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 전기 철도 B권, pp1429-1432, 2000