

# NuSCR 정형 요구사항명세로부터 FBD 프로그램 자동생성을 위한 도구 (NuSCRtoFBD) 개발

백형부<sup>0,a</sup>, 유준범<sup>a</sup>, 차성덕<sup>b</sup>

<sup>a</sup>건국대학교 컴퓨터공학부

<sup>b</sup>고려대학교 컴퓨터학과

qorgudqn@konkuk.ac.kr, jbyoo@konkuk.ac.kr, scha@korea.ac.kr

## (NuSCRtoFBD : A CASE Tool for automatic FBD Program Generation from NuSCR Formal Specification)

Hyoungbu Back<sup>0,a</sup>, Junbeom Yoo<sup>a</sup>, Sungdeok Cha<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Division of Computer Science and Engineering, Konkuk University

<sup>b</sup>Department of Computer Science and Engineering, Korea University

### 1. 서론

NuSCR은 안전성이 요구되는 원자력 발전소의 제어 시스템 소프트웨어를 명세 하는데 적합하게 수정 보완된 정형명세 기법으로 인정받고 있다. 원자력 발전소 제어 소프트웨어들은 PLC(Programmable Logic Controller)를 기반으로 하므로 설계 단계에서 PLC에서 소프트웨어 요구 사항들이 어떻게 구현되는가에 대해 PLC를 구동하기 위해서 사용되는 프로그래밍 언어인 SFC(Sequential Function Chart), LD(Ladder Diagram), FBD(Function Block Diagram)등을 이용하여 명세 한다.

NuSCR 명세를 기준으로 이와 동일한 행위를 하는 PLC프로그램을 체계적으로 생성할 수 있다면, 기존의 수동으로 하던 명세 작업에서 발생하던 오류들을 크게 줄일 수 있으며, 소프트웨어의 개발 비용과 기간을 크게 줄일 수 있다. 정형명세 기법인 NuSCR로부터 PLC기반의 FBD프로그램을 자동으로 생성하는 기법[1]이 개발 되었지만 이를 지원하기 위한 도구가 없어 널리 사용되지 못했다. 본 논문에서는 이를 지원하기 위해서 개발된 자동 CASE 도구 - NuSCRtoFBD 를 소개한다.

### 2. 본론

NuSCR은 Parnas' Four-Variable Mode에 기반을 두고 추가적으로 수학적인 함수 관계를 나타내고 테이블 형태인 SDT(Structured Decision Table)에 의해 표현되는 function variable과 상태의 흐름을 중심으로 명세 되고 오토마타 형태인 FSM(Finite State Machine)에 의해 표현되는 history variable, 이에 시간적 제약이 추가되고 TTS(Timed Transition System)에 의해 표현되는 timed-history variable의 세가지 모델을 사용한다. 또한 각 노드간의 흐름을 DFD(Data Flow Diagram)의 한 종류인 FOD(Function Overview Diagram)를 통해 표현한다. 정형명세 기법인 NuSCR로부터 PLC기반의 FBD프로그램을 생성하는 과정은 완전성 및 일관성 분석, FSM과 TTS에 대한 2C-Table생성, 기본 FBD생성, FBD의 실행순서 결정 순으로 4단계로 이루어진다.

완전성과 일관성 분석 작업은 NuSCR상의 모든 변수 들이 흐름상의 오류가 없는지 확인 하는 작업이다. FSM과 TTS는 완전성과 일관성을 확인한 후에 각 상태에 존재하는 transition condition들과 그 condition이 만족 했을 때 가지는 출력 값과 다음 상태의 정보로 구성된 2C-Table형태로 변환 된다. 다음 단계에서는 수정된 SDT나 추가적으로 생성된 2C-Table을 기반을 FBD를 생성한다. SDT는 Condition들만을 분류해서 미리 계산해 놓은 preprocessing part FBD와 구체적인 계산을 수행하는 output processing part FBD로 구분되어서 작성되며, FSM과 TTS는 preprocessing part FBD와 output processing part FBD외에도 오토마타의 상태를 계산하기 위한 state-variable processing part FBD가 추가 작성된다. 마지막 단계에서는 각각의 FBD의 실행 순서를 지정해 주는 작업이 진행된다. FBD 생성 알고리즘에 대한 자세한 설명과 수학적인 증명, 본 연구에서 개발한 도구 NuSCRtoFBD를 실제 프로젝트에 적용한 실례는 [2]에 자세히 소개되어 있다.

NuSCRtoFBD는 앞서 언급한 NuSCRtoFBD 생성과정을 거친 후 FBD를 자동으로 생성하고 그 과정에서 얻어지는 다양한 정보들을 제공하는 Tool이다. 전체적인 화면구성은 그림1과 같다. 상단에 위치한 메뉴들을 통해 NuSCR 노드 정보 load및 분석, 완전성과 일관성 여부 확인, combine된 condition정보 제공, FOD내의 노드 들의 정보 제공 기능 등을 제공한다. 좌측에 위치한 HierachyWindow를 통해 노드들의 상하 관계를 tree형태로 파악할 수 있고, DescriptionWindow를 통해 condition들의 논리 오류 여부를 파악할 수 있다. 또한 우측에 위치한 tabControl에 의해 좌측의 HierachyWindow의 tree에서 선택된 노드에 대한 2C-Table과 FBD의 정보들을 파악

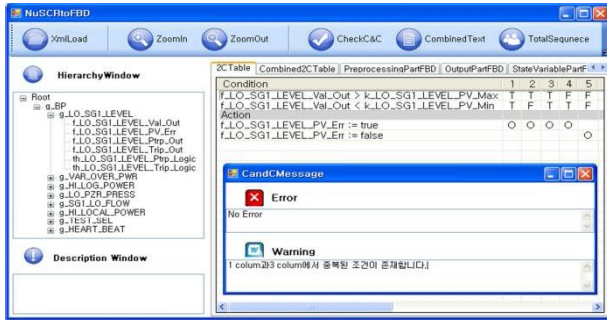


그림 1. ScreenDump of NuSCRtoFBD

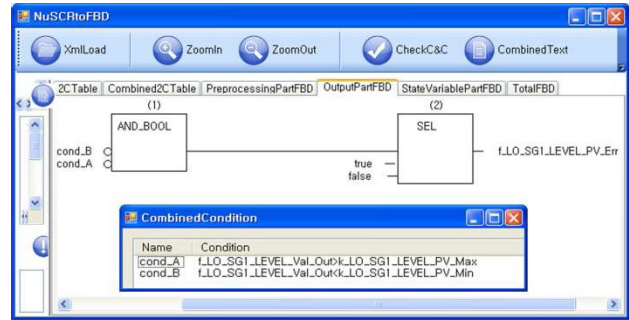


그림 2. Output Processing part FBD

할 수 있다. NuSCRtoFBD는 앞서 언급한 2C-Table과 추가적으로 Combined2C-Table을 생성한다. Combined2C-Table은 preprocessing part FBD를 위해 생성된 것으로서 각 condition들의 조합들 중 공통된 sub condition들에 대해 새로운 이름을 할당 후 새롭게 작성된 테이블이다. TTS로부터 생성된 2C-Table은 Combined2C-Table로 변환되어 새롭게 생성되며 그림 2의 상단에 위치한 CombinedText 메뉴를 통해 하단에 위치한 window와 같이 새롭게 할당된 이름의 원래 sub condition을 확인 할 수 있다. 또한 NuSCRtoFBD는 일정 수준의 완전성과 일관성 분석 기능을 제공하는데 CheckC&C 메뉴를 통해 그림 1의 하단에 위치한 window와 같이 그 결과를 확인 할 수 있다. 그림 1에서 보여지는 SDT의 경우 condition에 대한 모든 경우의 수에 대해 action이 정의 되어 있지만 column1과 column3에서 중복된 condition들의 조합이 정의 되었기 때문에 그림 1과 같이 경고 메시지를 출력한다. 만약 column1과 column3에서 서로 상이한 action을 가진다면 오류 메시지를 출력한다. NuSCRtoFBD는 SDT와 FSM, TTS로부터 생성된 2C-Table과 Combined2C-Table을 통해 preprocessing part FBD, outputprocessing part FBD, state-variableprocessing part FBD를 생성한다. FB들을 선으로 연결하고 FB의 상단에 숫자를 할당 함으로써 FB들의 흐름을 한눈에 파악 할 수 있게 도와준다. 또한 SDT에 한하여 FBD FB생성 전 최적화 기능을 제공한다. 그림 1의 SDT에 대한 FBD와 combined condition은 그림 2에서 보여지는 바와 같다. 그림 1에서 보여지는 SDT테이블의 condition인  $l\_LO\_SG1\_LEVEL\_Val\_Out > k\_LO\_SG1\_LEVEL\_PV\_Max$ 와  $l\_LO\_SG1\_LEVEL\_Val\_Out < k\_LO\_SG1\_LEVEL\_PV\_Min$ 는 각각 cond\_A와 cond\_B로 대체 되었다. column1에 해당하는 condition들의 조합부터 차례대로 FB를 생성하게 되면 많은 수의 FB가 생성된다. 하지만 NuSCRtoFBD는 column5에 해당하는 condition들의 조합이 만족 하면 출력 값에 true를 할당하고 나머지의 조건들 모두의 경우에 false를 할당하게 함으로써 그림 2와 같이 output processing part FBD를 위해 단 두 개의 FB만을 생성한다. NuSCRtoFBD는 FOD내에 포함된 모든 노드들의 순서를 결정하기 위해 그래프 넓이 우선 탐색을 이용한다. 기존의 넓이 우선 탐색의 level 부여 방법 대신 모든 입력 노드를 하나의 출발점으로 묶은 후 한 노드의 이전 노드 중 가장 level이 높은 노드에 1을 더하는 방식을 사용한다. NuSCRtoFBD는 이와 같은 방법으로 level을 부여하고 level의 크기에 따라 전체 순서를 결정한다. 결정된 순서에 따라 FOD내에 포함된 모든 노드들의 FB들은 한꺼번에 생성하고 시각화함으로써 모든 노드들의 FB들의 흐름을 파악할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 NuSCR로부터 PLC기반의 FBD프로그램을 자동으로 생성하는 기법을 지원하는 도구인 NuSCRtoFBD를 소개하였다. 소개한 도구를 이용하여 NuSCR로부터 FBD의 자동생성 과정에서 얻어지는 정보들과 FBD를 한눈에 볼 수 있고, 명세 작업 중 발생한 오류들도 파악 할 수 있다. 또한 이 도구에 의해 FBD 자동 생성 기법이 좀더 널리 사용될 것으로 예상된다.

향후 계획으로는 자동 생성된 FBD를 표준 XML 포맷으로 저장함으로써, 추후 FBD programming tools에서 읽어 사용할 수 있는 interface를 추가로 개발할 계획이다. 또한, NuSCR 명세 도구인 NuSRS 2.0과의 유기적인 연동을 위해서 두 도구의 기능을 통합한 NuSRS 3.0을 계획 중 이다. 기 발행된 원자력발전소의 NuSCR 정형명세와 FBD 명세를 사용하여, 제안된 도구로부터 자동 생성된 FBD와 공식적으로 발행된 FBD가 동일한 행위를 가지는 것을 지속적으로 실험함으로써, 제안된 도구 NuSCRtoFBD의 정확성과 건전성을 확보하기 위한 노력도 꾸준히 진행될 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Junbeom Yoo, Sungdeok Cha, Chang Hwoi Kim, Duck Youg Song, "Synthesis of FBD-based PLC design from NuSCR formal specification," Reliability Engineering and System Safety, Vol. 87, No. 2, pp. 287-294, 2005.
- [2] Junbeom Yoo, Sungdeok Cha, Eunkyong Jee, "Automatic Synthesis of Function Block Diagrams from NuSCR Requirements Specification," submitted to Information and Software Technology, 2008.