

안전계통 통신망 스위칭 구조의 신뢰도 평가
**Reliability Evaluation of Communication Network Switching Scheme for
Safety Systems**

박희윤, 김동훈, 구인수, 장문희
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

원자력 안전계통에 적용할 통신망의 구조를 설정하기 위해 안전통신망의 핵심 요건인 결정론적 요건, 상태기반의 고정형 구조요건, 분리 및 격리요건, 신뢰도 요건, 증명 가능한 검증 및 확인요건에 적합한 통신망 기본구조로 성형의 토폴로지, 동기전송, 일대일 물리적 링크와 연결지향형, 고정할당 방식의 매체 접근제어가 가능한 스위칭형태의 예비구조를 제안하였다. 제안된 스위칭 예비구조를 SMART 안전계통인 보호계통에 적용하고 제안된 예비구조의 신뢰도를 평가하기 위해 EPRI URD에서 요구하는 부품 신뢰도 데이터를 이용하여 분석을 수행하고 적용 가능성을 판단하였다.

Abstract

To develop the communication network architecture of a safety system of nuclear power plant, the five essences in the design requirements of a communication network for safety-critical systems are determined such as status based architecture, deterministic scheme, separation and isolation, high reliability, verification and validation. In this paper, the data communication network switching scheme for safety systems is proposed based on the circuit switched network with time division multiplexing bus technology considered adequate to the essence of the design requirements and the design elements. The proposed communication network switching scheme was applied to the network design of the SMART protection system, and the reliability was evaluated with the data of components failure rates to determine the applicability of the proposed switching scheme. The proposed switching scheme will be applied as basic communication network architecture of safety system.

1. 서 론

최근의 원자력발전소는 디지털기술을 이용하여 디지털 기기나 시스템간의 데이터전송 및 신호처리를 통해 전체적인 발전소의 가용율과 신뢰성이 제고할 수 있는 기술로 데이터 통신기술의 적

용을 확대하고 있다. 디지털 기기 간의 데이터 전송을 위한 네트워크는 주어진 환경과 목적에 따라 신뢰성과 높은 성능의 정보전송이 이루어지도록 설계되어야 한다. 통신망 구조를 설정하기 위해서 통신망의 목적을 수행하는데 요구되는 필요한 통신망 기능이 결정되어야 한다. 요구기능을 초과하는 통신망 구조는 불필요한 기능과 복잡성으로 인한 위험성과 성능결손이 존재하므로 최소 기능 구현과 기능추가에 의한 장점이 균형을 이루도록 해야한다. 원자력분야의 안전계통에 적용하기 위한 통신망은 안전성과 신뢰성이 가장 중요하게 취급되므로 통신망 구조설정과 설계시 적용할 수 있는 안전계통 통신망 설계 필수요건을 설정하였고 설정된 설계 필수요건과 통신망 구조의 기본요소들을 만족할 수 있는 스위칭 구조를 제안하였다[1]. 제안된 구조의 신뢰도 평가를 위해 SMART 보호계통에 적용하여 스위칭 구조의 통신망이 전체 계통 측면의 신뢰도에 미치는 영향을 검토해 보았다.

2. 안전계통 통신망 설계요소 분석

일반적으로 통신망 설계 시 고려 또는 결정해야 할 설계요소는 전송매체, 토폴로지, 프로토콜, 망간 접속장치로 분류 할 수 있으며 설계요소에 대한 평가항목으로는 많은 평가요소들이 있지만 안전계통에 적합한 통신망에 우선한 평가요소들 중 필수로 평가된 신뢰도요소와 성능요소들을 기반으로 설정된 안전계통 통신망 설계 필수요건 5가지-1)상태기반 구조, 2)결정론적 구조, 3)분리 및 격리요건 만족, 4)정량적 신뢰도 제공, 5)검증 및 확인 가능-를 적용하여 설계요소들을 평가하였고 그 결과를 표 1에 요약하였다. 위에 언급한 안전계통 통신망 필수요건에 적합한 통신망 기본 설계요소들에 대한 분석을 통해 안전계통 통신망의 구조에 적용될 전송매체, 토폴로지, 프로토콜, 망간접속장치를 결정하였다. 전송부하와 전송지연시간에 대한 분석을 통해 데이터 프레임의 크기를 최적화할 수 있고 안전기능이 충분히 발휘될 수 있는 실시간요건을 만족하는 전송용량을 산정할 수 있다. 그러나 상세한 전송주기, 프레임 크기, 전송량 등에 대한 선정은 적용할 계통의 설계 확정과 적용 통신망의 프로토콜과 전송구조에 따라 결정되어진다.

표 1 안전통신망의 설계요소 선정

설계요소		선정	비고	적용 필수요건
전송매체		광케이블		3, 4, 5
토폴로지		성형	응용 환경에 따라 유연성을 갖음	1, 2, 3, 4
프로토콜	물리계층	인코딩	매체에 따름	간섭, 잡음, 동기
		동기화	동기전송	별도의 클럭라인 또는 Self-Clocking
		멀티플렉싱	시간분할	
	데이터링크계층	매체연계	매체에 따름	
		링크제어	일대일, 연결지향	
		흐름제어	N/A	버퍼 용량 계산 요
		에러제어	CRC	단순감지
	접근제어	고정할당		
망간접속 장치		적용에 따름		2, 3, 4

3. 제안하는 안전계통 통신망 예비구조

표 1에 제시된 항목을 만족하는 성형의 토폴로지를 갖고 링크제어 방식의 일대일 연결지향형이며 고정할당형인 통신망 기술을 상용망을 이용해 분석하면 안전계통 통신망은 회선교환 방식의 TDM 버스 교환기술이 적합하며 근거리망의 디지털 데이터 전송에 해당하는 안전계통 통신망을 위해서는 기본 설계요소와 교환기술을 접목해야 한다. 제안하는 안전계통 통신망의 구조는 그림 1과 같이 통신노드, 광케이블, 망 스위칭장치, 입출력 게이트, TDM 버스, 제어기 및 제어메모리로 구성된다. 광 신호에 의한 데이터 전송이 일어나며 시분할 멀티플렉싱 기법과 스위칭 기법을 응용하여 구현하며 프레임은 고정크기를 갖고 망 점유 권한은 시분할에 의한 고정형으로 한다[6].

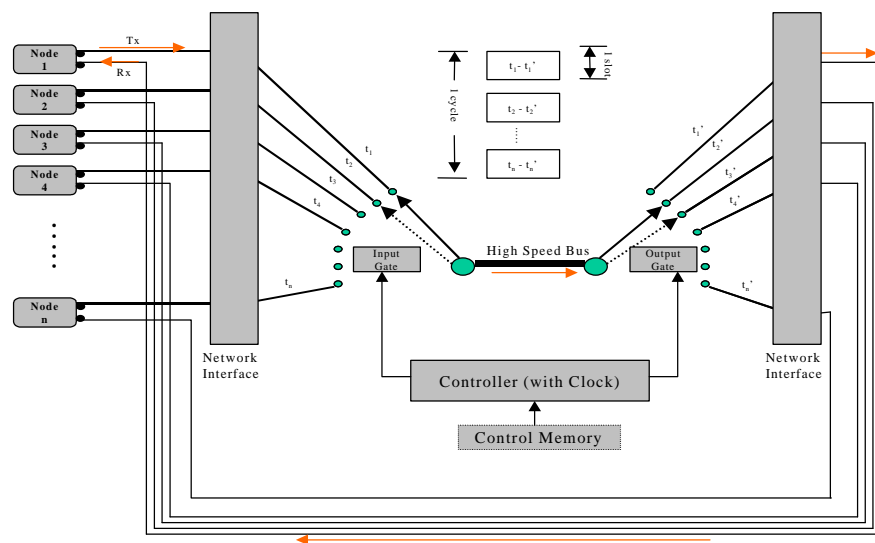


그림 1 Safety System 통신망 기본구조

- 1)통신노드 : 각 통신노드는 데이터 전송을 물리계층기능과 데이터링크계층의 기능을 포함해야 한다. 물리계층의 기능을 위해서는 디지털 전송을 위한 코드변환 (인코딩), 동기정보 코딩, 전기신호의 광변환 등이, 데이터링크계층의 기능으로 에러감지를 위한 CRC 코드 생성을 수행한다. 입력과 출력 포트는 분리되며 중앙교환 장치의 망 입출력연계장치에 입출력된다.
- 2)망 스위칭장치 : 망 스위칭장치의 입력연계는 각 통신노드로부터의 데이터와 교환장치의 연계를 담당하며 광신호의 전기신호화, 데이터의 버퍼링을 수행한다. 출력연계장치는 각 통신노드로의 출력연계를 수행하며 전기신호의 광변환이 이루어진다.
- 3)입출력 게이트 : 입력 게이트는 제어기의 스케줄링에 의하여 입출력 게이트 쌍을 스위칭하여 송수신 노드 링크를 접속한다.
- 4)제어기 및 제어메모리 : 제어기는 입출력게이트의 스위칭을 수행하는데, 제어기의 스케줄링은 제어메모리에 테이블화된 경로정보에 의하거나, 전체 노드를 1:1로 대응할 경우에는 클럭에 의하여 고정된 간격으로 프레임 동기신호를 발생하고 이 신호에 의하여 순서적으로 게이트를 스위칭할 수 있다. (시스템 전송지연 사양에 따라 결정)

5) TDM 버스 : 중앙의 고속의 버스는 각 노드로부터의 모든 데이터를 동일시간에 전송할 수 있는 데이터 전송능력을 보유해야 한다. 전체노드의 수를 n , 입력노드의 데이터 전송률을 R_i 이라 하면 Non-Blocking TDM 버스의 데이터 전송용량은 $n \times R_i$ 이다. Time Slot $t_n - t'_n$ 는 데이터 전송시간 (T_{bp})과 버스의 전달지연 (T_{br})의 합보다 커야 한다. 즉, Time Slot $\geq (T_{br} + T_{bp})$ 이어야 한다.

4. SMART 보호계통 통신망 구조 설계

SMART 보호계통 각 채널이 기능적으로 구획화되어 있으므로 통신망 구조도 채널 당 2개의 구역망으로 구성한다[5]. 각 구역망을 구성하는 통신망 구조는 앞서 제시한 스위칭 형태의 예비구조를 기본으로 원자로 보호계통의 전송요건을 만족하는 기본구조를 설계한다. 노드 수는 기능모듈 수와 연계관계를 고려하여 입, 출력 노드가 8 개씩인 즉, 8 X 8 구조의 스위칭을 기본으로 한다. 그림 2는 기본구조를 보이고 있으며 여기서는 A, B 채널의 연계만을 보인다.

4.1 통신망 기본구조

각 모듈 프로세서는 주어진 전송시간이내에 데이터를 처리하고 NIC (Network Interface Card) 에 전송요구 데이터를 송부한다. 모든 NIC는 교환장치의 전송허가 신호에 의하여 입력연계장치로 전송을 시작하며 입력연계장치는 광신호를 전기신호로 변환하고 Data Recovery 후 병렬 데이터화 하여 FIFO 메모리에 연속적으로 저장한다. 8:1 Rx 스위칭 PLD (Programmable Logic Device)와 Tx 스위칭 PLD 가 입출력 한 쌍의 링크를 1 Time Slot 동안 접속하면 8 비트 중앙버스를 통하여 데이터는 전송된다. 입력 스위칭 PLD와 출력 스위칭 PLD는 마스터 클럭에 의해 동기되며 1 Cycle 동안 입출력 스위칭을 반복한다. 출력연계장치는 병렬 데이터 구조를 전송을 위해 직렬화 하고 전기신호를 광으로 변환하여 목적 포트를 통해 데이터를 출력한다.

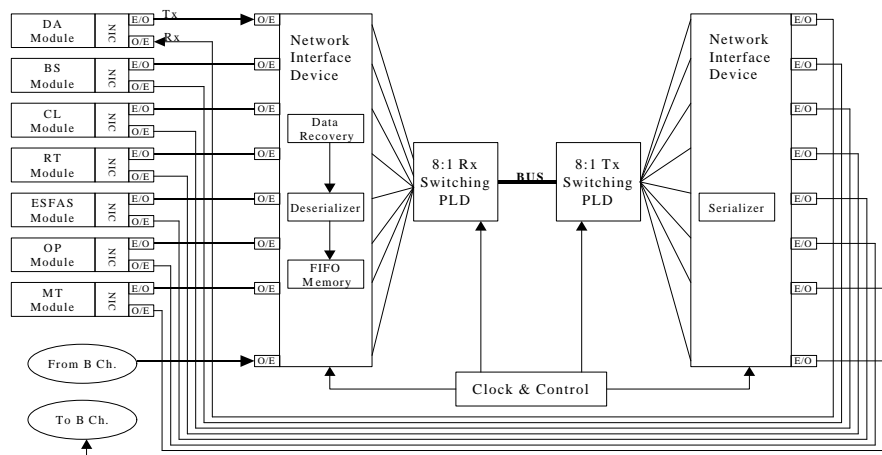


그림 2 SMART 보호계통 통신망 스위칭 구조(A, B 채널)

1) 통신망 카드 (NIC) : 통신망 카드는 프로세서 (Processor)부, 논리장치 (Logical Device)부, 광

트랜시버 (Optical Transceiver)부, 로컬 메모리 (Local Memory)부로 구성된다. 프로세서부는 각 모듈의 주 프로세서로부터 내부버스를 통하여 데이터를 송수신하고, 인코딩과 디코딩, CRC 생성 및 검사, 프레임 구성 등을 수행한다. 논리장치부는 송수신을 위한 직병렬화와 동기 신호처리를 수행하며 광 트랜시버는 전기와 광신호간의 변환을 수행한다. 로컬 메모리는 송수신 데이터의 저장 장치이다.

2) 교환장치 : 8개의 모듈로부터의 데이터는 8비트씩 시분할되어 전송된다. 1개 링크 전송 요구량은 1K 비트이므로 각 모듈은 125번의 스위칭에 의하여 한 링크의 전송을 마친다. 즉, 1개 링크의 전송에는 125 Time Slot이 요구된다. 결국 8개의 모듈이 다른 7개의 모듈에게 모두 전송하는 데는 7000 Time Slot이 요구된다. 전파지연시간과 스위칭 시간을 배제할 경우, 모든 전송을 10 ms 이내에 마쳐야 한다고 할 때 1 Time Slot은 $10 \text{ ms} / 7000 \text{ Time Slot}$, 즉 $1.4 \mu\text{s}$ 정도이다. 내부버스는 전체 데이터가 10 ms에 통과해야 하므로 데이터가 100K 비트 이면 10Mbps의 전송능력을 갖추어야 한다. 실제로는 데이터 전송 허가 신호 등이 이루어져야 하므로 Time Slot과 데이터 전송능력은 계산값 보다 더 나아야 한다.

5. 통신망 스위칭 구조의 신뢰도 평가

제안된 통신망 스위칭 구조를 적용한 원자로 보호계통의 신뢰도 분석은 여러 가지 신뢰도 평가방법중에서 시스템의 상태변화를 모사할 수 있는 마코프 모델링을 이용하여 기본적인 채널 고장률을 가정하고 상태전이 확률을 구하여 시스템 신뢰도를 예측하고, 또 신뢰도 블록 다이어그램을 이용하여 계통 모듈간의 기능적 관계를 표현하고 채널 신뢰성과 가용성을 구하기 위해 채널을 구성하는 각 모듈 및 스위칭 구조의 고장률은 EPRI URD에서 제시한 부품 신뢰도 데이터를 이용하고 결과를 마코프 모델링의 결과와 비교한다. 통신망에 대한 신뢰도 예측은 구해진 채널 신뢰성과 가용성을 기준으로 채널의 기능이 적절히 수행되는 모듈과 통신망 장치를 Block Diagram 형태로 정의하고 구한다. 여기서는 하드웨어의 신뢰도만 예측하며 가능한 보수적인 평가가 되도록 하고 전체 MTTF에 비해 상대적으로 무시할 수 있는 케이블이나 기기들은 포함시키지 않는다. 또한 일반적인 상용발전소의 설계수명 40년을 적용하고 MTTR 최대 4시간을 적용한다[7].

5.1 마코프 모델링에 의한 신뢰도 계산

원자로 보호계통은 전체 네 채널로 다중화되어 있고 디지털 계통의 특성상 공통원인고장에 대비한 구획화 설계 개념을 채택하고 있지만 하드웨어 측면에서 각 채널은 모듈이 이중화된 병렬처리 구조를 가지고 있다고 볼 수 있다. 여기서는 기존의 네 채널을 디지털화한 기본 구조를 이용한 신뢰성 및 가용성을 계산하였다. 각 채널은 신호취득 모듈, 바이스테이블 모듈, 동시논리모듈 등으로 이루어져 있으며 네 채널이 완전히 동일하므로 하나의 채널에 대한 고장률 자료를 확보하여 네 채널로 확장 계산이 가능하다. 정상상태에서는 한 채널의 신뢰성, 즉 고장률이 계산되면 이를 2 out of 4 보팅(voting)의 형태로 계산한다. 각 채널의 고장률을 상수 λ 로 가정하고 채널을 바이패스 시키지 않은 정상상태의 보호계통 신뢰도 분석을 위한 마코프 모델(Markov model)을 이용하여 구하면 보호계통의 MTTF는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$MTTF_{rps} = \int_0^{\infty} R_{rps}(t) dt = \frac{13}{12\lambda}$$

5.2 신뢰도 블록 다이어그램을 이용한 신뢰도 계산

통신망 구조를 포함한 원자로 보호계통의 신뢰도에 대한 정량적 분석을 위해 Success-oriented Diagram으로 표시하는 신뢰도 블록 다이어그램(Reliability Block Diagram) 방법을 이용한다. 신뢰도 블록 다이어그램은 기능적 블록 다이어그램과 계통 구성도에 표시되는 모듈간의 기능적 연관성에 대해 구현하였다. 계통의 각 기능모듈은 그림 3처럼 통신망 구조를 포함한 형태로 구성되고 원자로 보호계통의 동작은 그림 4에서 보듯이 구획화된 각 구역에서 2-out-of-4 이상인 경우 성공적인 보호동작이 일어난다. 정량적 신뢰도 계산을 위해 첫 번째 단계로 통신망 구조를 포함한 모듈에 대한 MTBF를 계산한다. 이 값은 보호계통의 각 기능모듈에 적용하고 두 번째로 한 구역의 한 채널에 대한 MTBF를 구하고 이를 다중화된 경우에 적용하고 전체 계통에 대한 MTBF를 구한다. 한 채널의 신뢰도는 채널을 구성하는 각 모듈별 신뢰성, 즉 고장률이 계산이 되면 모든 모듈이 정상적으로 동작해야 한 채널이 제대로 동작하는 것이 되므로 이는 신뢰성 블록의 형태로 표현하면 모든 모듈이 직렬조합으로 구성되어 있다고 보수적으로 가정하고 각 모듈간의 데이터 전송을 담당하는 통신망 구조도 하나의 단위모듈로 보고 위의 한 채널 고장률을 이용하여 통신망 구조의 고장률과 가용성 목표치를 계산한다.

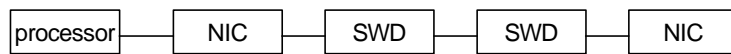


그림 3 통신망 구조의 신뢰도 블록 다이어그램

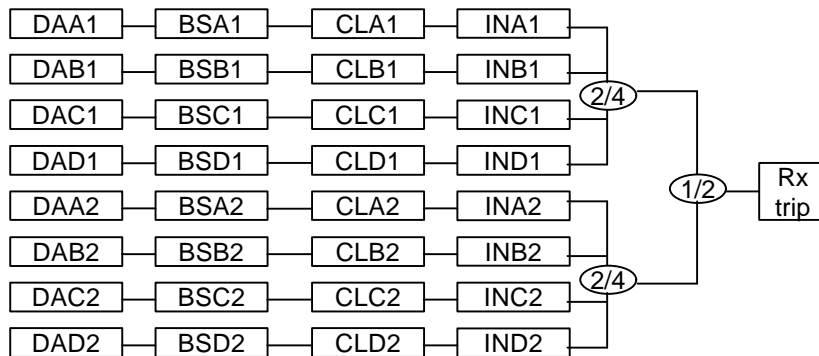


그림 4 보호계통 신뢰도 블록 다이어그램

5.2.1 통신망 구조의 신뢰도 분석

1) 프로세서 모듈

각각의 모듈에 대한 고장률 자료가 확보되어야 하나 각 모듈의 소프트웨어적인 기능이 다르고 하드웨어적으로는 모든 모듈의 구성이 동일하므로 같은 고장률 자료를 다른 모듈에서 사용 가능하므로 바이스테이블 모듈에 대한 고장률을 구하여 확장한다. 기초소자에 대한 고장률은 신뢰도

평가도구인 Relex에서 제공하는 데이터베이스를 활용하였고 소프트웨어에 의한 고장은 없는 것으로 가정한다[8]. 하드웨어적인 신뢰성 분석에 기능은 관련이 없으므로 하드웨어 구조에 입각한 신뢰성 분석만을 수행한다. 현재 설계된 바이스테이블 모듈의 부품 리스트와 각 부품에 대한 고장률은 표 2와 같다. 구해진 고장률을 이용하여 바이스테이블 모듈의 가용성을 계산하기 위해 평균 수명에 대한 관계식은 다음과 같이 된다

$$MTTF_{BS} = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} = \frac{1}{\lambda_{BS}} = 7.6428 \times 10^5 \text{ (Hour)}$$

EPRI URD에서 제시한 MTTR=4시간을 적용하여 가용성을 구하면 다음과 같다.

$$A_{BS} = \frac{MTTF_{BS}}{MTTF_{BS} + MTTR} = 0.999995$$

2) NIC 카드

부품고장에 따른 NIC 카드의 고장률은 표 3과 같고 평균수명은 다음과 같다.

$$MTTF_{NIC} = \frac{1}{\lambda_{NIC}} = 1.4313 \times 10^5 \text{ (Hour)}, A_{NIC} = \frac{MTTF_{NIC}}{MTTF_{NIC} + MTTR} = 0.999972$$

표 2 바이스테이블 모듈의 부품 고장률

Part Number	기능	고장률 (/ 10 ⁶ hour)	개수
TMS320C40	DSP processor	0.533771	1
27PC256	PROM	0.121793	1
KM6161002B-15	High speed SRAM	0.005715	4
EPM7128STC	PLD	0.219911	1
VIC068A	VME interface controller	0.003120	1
74F245	Buffer	0.052906	1
IDT74FCT543	Buffer	0.068244	3
74F175	D-FF	0.039999	2
74F08	Logic(And)	0.034636	1
74F04	Logic(Not)	0.034686	1
전체 고장률 : 1.308413 × 10⁻⁶ /hour			

표 3 NIC 모듈의 부품 고장률

Part Number	기능	고장률 (/ 10 ⁶ hour)	개수
AMP269085	Optic Transceiver	0.533771	1
MC100EPT23	Translator	0.003120	1
MC145155	PLL	0.131937	1
AD8031	Amplifier	0.308880	3
PLD Header 5*2	PLD	0.004089	2
EPM7256SRC208-15	PLD	2.487199	2
40MHz OSC	Oscillator	0.003120	1
74F245	Buffer	0.051826	2
IDT7282L/SO	Buffer	0.005715	1
74LS624	D-FF	0.035318	3
74F244	D-FF	0.051826	3
74F04	Logic(Not)	0.034688	1
전체 고장률 : 6.986651 × 10⁻⁶ /hour			

3) 스위칭 장치

NIC를 통해 제공되는 데이터는 일정한 클럭에 따라 반복적으로 일어나는 스위칭과 중앙의 버스를 통해 데이터가 목적지로 전송된다. 마찬가지로 스위칭 장치의 부품고장률을 이용하여 전체

고장률을 구하면 3.632537×10^{-5} /hour가 되고 평균수명과 가용성을 구하면 다음과 같다.

$$MTTF_{SWD} = \frac{1}{\lambda_{SWD}} = 2.7529 \times 10^4 \text{ (Hour)}, \quad A_{SWD} = \frac{MTTF_{SWD}}{MTTF_{SWD} + MTTR} = 0.999854$$

4) 통신망 구조의 가용성

통신망 구조의 신뢰도 블록 다이어그램은 직렬조합으로 구성되어 있으므로 통신망 구조의 전체 $MTTF_{comm}$ 은 다음과 같다.

$$MTTF_{COMM} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{BS}} + \frac{2}{MTTF_{NIC}} + \frac{2}{MTTF_{SWD}}} = 1.1372 \times 10^4$$

$$A_{COMM} = \frac{MTTF_{COMM}}{MTTF_{COMM} + MTTR} = 0.999648$$

5.2.2 한 채널의 가용성

한 채널의 각 기능모듈들은 통신망 구조의 신뢰도 블록 다이어그램이 직렬로 연결되어 있는 형태이므로 한 채널의 가용성과 비가용성을 구하면 다음과 같다.

$$A_{CH} = (A_{COMM})^4 = 0.998589 \quad U_{CH} = 1 - A_{CH} = 0.001411$$

5.2.3 시스템 전체 MTBF

네 개의 채널이 동일하므로 한 구역에서 2/4 logic 맞는 시스템 성공의 경우는 각 채널의 상태 중 두 개의 채널에서 가용해야 하는 경우가 다섯 경우이고, 세 채널이 가용하는 경우가 넷, 네 채널 모두 가용한 경우가 한 경우이다. 그러므로 한 구역에 대한 가용성은

$$P(2/4) = 6 \times P(AAUU) + 4 \times P(AAAU) + P(AAAA)$$

$$= 0.000002 + 0.001405 + 0.994368 = 0.995775$$

이고 비가용성은 0.004225 이므로 계통 전체 비가용성은 0.00001785 이 된다.

$$MTBF_{SYS} = \frac{(1 - U_{SYS}) \times MTTR_{SYS}}{U_{SYS}} = 224077 \text{ (hr)}$$

5.3 결과 분석

일반 상용 원자력발전소에서 목표로 하는 설계수명 40년을 시스템의 신뢰도 목표로 설정하고 고장률이 사용시간에 관계없이 일정하다고 하면 평균수명은

$$E(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} = MTTF$$

가 되고 한 채널의 고장률로 표현된 보호계통이 정상상태인 경우의 MTTF 결과식을 이용하여 시

시스템의 고장률(목표값)을 계산하면 다음이 된다.

$$\lambda_{rfs} = \frac{13}{12MTTF_{rfs}} = \frac{13}{12 \times 40_{year}} = 3.0917 \times 10^{-6}/h$$

앞의 5.2.3 결과에서 시스템 전체의 MTBF를 평균수명으로 보고 시스템의 고장률을 구하면

$$\lambda_{sys} = \frac{1}{MTTF_{sys}} = 4.4627 \times 10^{-6}/h$$

이 되고 이 값은 시스템 고장률 목표값을 초과하고 있으나 실제 설계에서는 신뢰도 예측과 같이 보수적으로 직렬조합만으로 구현되지 않는 부분이 많으므로 고장률 목표값을 만족할 것으로 판단되나 제안된 통신망 구조중 스위칭 장치가 전체 신뢰도 측면에서 영향을 크게 미치고 있으며 PLD 소자의 고장률이 높기 때문임을 알 수 있다. 통신망 구조의 사양은 적용되는 특정한 요구사항을 만족시킬 수 있도록 결정되어야 하고 고장률이 낮은 소자를 선택하여 전체 신뢰도를 만족해야 할 것으로 판단된다.

6. 결 론

필수 설계요건을 만족하는 통신망의 설계요소를 선정하기 위한 분석을 통해 전송매체는 광케이블을, 토폴로지는 성형을, 프로토콜은 일대일의 연결지향형인 동기방식의 고정형 접근제어를 선정 제시하였다. 상용 통신망 기술을 분석하여 필수요건과 제시된 설계요소에 가장 적합한 기술로 회선교환 방식을 선정하였으며 시간분할 방식인 TDM 버스 교환기술을 통신망의 투명한 시간 분할개념에 의한 결정론성 등을 만족시킬 수 있어 안전계통에 적용할 통신망의 교환방식 기술로 선정 제안하였다.

제안된 스위칭 구조는 제시한 필수요건과 설계요소를 만족할 수 있도록 통신노드, 교환-입출력장치, 스위칭 게이트웨이, 고속의 버스 및 제어기로 구성되며, 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 통신망의 가장 핵심인 공통매체 또는 경로에 대한 권한 부여는 TDM 버스 교환 방식 기술인 시간분할 다중전송에 의하여 논리적으로 투명한 전송구조를 갖도록 하였다.

제안된 구조는 일체형원자로의 보호계통을 위한 내부 통신망 구조 설계에 적용하였다. 제안된 구조를 적용한 원자로 보호계통의 신뢰도 분석을 마코프 모델과 신뢰도 블록 다이어그램을 이용하여 수행하였고, 보호계통의 신뢰도를 만족하기 위한 목표값 추정과 실제 부품 고장률을 이용한 계산을 통해 제안한 스위칭 구조가 계통 전체의 신뢰도 수준을 저해하지 않음을 확인할 수 있어 안전계통 통신망의 기본구조로 적용 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 박희윤, "SMART 안전계통 통신망 구조개발 설계요건원전", 추계학술발표회 논문집, 한국원자력학회, 2001
- [2] "Safety Assesment of Computerized Control and Protection Systems", Report of Technical Committee Meeting, IAEA-TECDOC-780, 1994
- [3] 김동훈, "원전 통신망 설계기술", KAERI/AR-443/96, 1996.

- [4] G. G. Preckshot, "Data Communications", NUREG/CR-6082, 1993.
- [5] S. H. Seong, "Development of a Digital Plant Protection System", ANS proceedings, NPIC&HMIT2000, 2000
- [6] William Stallings, "Data and Computer Communications", Prentice Hall, 1997.
- [7] "Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document", Volume II, Chapter 10, EPRI, 1990