

임베디드 AVTMR과 듀얼/듀플렉스 시스템의 통합 신뢰성 비교 분석에 관한 연구

정회원 김 현 기*

A Study on the Unified Dependability Analysis for Embedded AVTMR and Dual-duplex System

Hyunki Kim* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 소프트웨어 및 하드웨어 측면을 고려한 통합된 마코브 모델링(Markov modeling)기법으로 고장 안전특성을 가지는 임베디드 AVTMR 시스템과 듀얼 듀플렉스 시스템의 신뢰성을 비교분석한다. 각 시스템의 고장에 대한 모델링은 하드웨어의 경우는 MILSPEC-217F를 기반으로 평가되며, 소프트웨어 적인 특성은 G-O/NHPP 기법을 이용하여 소프트웨어/하드웨어가 통합된 마코브 모델링으로 각 시스템의 신뢰성 비교 분석한다. 특히, 소프트웨어 적인 관점에서 각 시스템의 신뢰성, 즉, 신뢰도, 가용도, 안전도 측면을 다각적으로 분석하여 두 시스템의 신뢰성을 비교 검토 한다. 이러한 특수 시스템인 AVTRM 시스템 및 듀얼 듀플렉스 시스템은 높은 신뢰성이 요구되는 통신 시스템, 선박, 항공 시스템에 적용될 수 있다.

Key Words : Fault-Tolerant System, Reliability, Safety, AVTMR, Dual-duplex, G-O/NHPP, Markov modeling

ABSTRACT

In this paper, the unified Markov modeling of hardware and software for a dual-duplex and a fail-safe AVTMR system is designed and compared for the dependability of each system. In hardware case, a failure rate is fixed to no time varying parameter. On the contrary, in software case, it is applied with the time varying parameter. Especially, the software failure rate is analyzed with G-O/NHPP and evaluated according to the failure factor for software failure rate variables. The reliability, availability and safety of each system are analyzed with Runge-Kunta method as a software failure rate and simulated with a unified Markov modeling method, and the dependability characteristic of each system are compared. Two systems can be applied to the optimized environment as the dependability characteristic. This kind of fault tolerant system can be applied to a high reliable communication and a life critical system.

I. 서 론

과학기술이 발전해 가면서 전자 산업분야에서 점점 더 복잡하고 다양한 기능을 갖는 시스템이 개발되었다. 결국, 시스템이 복잡하고 많은 기능을 갖도록 발전함으로써 고장(failure)에 대한 연구가 필요하게 되

었고, 고장 발생 단계 중에서도 처음 단계인 결함(fault)을 연구하여 시스템의 신뢰도(reliability)를 향상시키는 방법이 연구되어 왔다.^{1,2)}

이러한 신뢰성을 향상시키기 위해서 결함 허용하는 방법 중 대기 여분을 두어 결함의 발생을 허용하는 것이다. 이러한 여분을 두는 방법으로 하드웨어 여분

* 펠택 해외 마케팅 부문 상품기획실 해외상품기획팀 (r48019@naver.com)

논문번호 : KICS2009-05-220, 접수일자 : 2009년 5월 29일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 27일

(hardware redundancy), 소프트웨어 여분(software redundancy), 시간 여분(time redundancy), 정보 여분(information redundancy)으로 나눌 수 있으며, 하드웨어 여분을 두는 방법에는 수동적인(passive) 방법과 능동적인(active) 방법, 하이브리드(hybrid) 방법이 있다. 이중 수동적인 방법은 결함을 검출하기 보다는 결함을 마스킹 하여, 발생하는 결함에 대한 처리 없이 정상적인 동작을 할 수 있는 시스템의 구조를 가지도록 설계된다. 본 논문에서 수동 하드웨어 구조인 AVTMR(All Voting Triple Modular Redundancy) 시스템을 구성하여 다른 시스템과 신뢰성 비교를 한다.^[3,4] 그와는 반면, 능동적인 방법은 결함 검출(fault detection)을 하여, 안정적인 동작이 계속 유지되도록 하는 방법이다. 능동적인 하드웨어 여분을 두는 방법은 다시 대기여분(standby sparing) 시스템의 동작 상태에 따라 콜드 스탠바이(cold standby), 핫 스탠바이(hot standby), 웜 스탠바이(warm standby)로 나누어진다. 본 논문에서 결함이 발생했을 때 시스템을 재구성하는 시간이 가장 짧은 대기 여분(Hot standby) 시스템으로 듀얼 듀플렉스(Dual-duple x) 시스템을 구성하여 신뢰성을 비교하게 된다.^[5]

하드웨어의 경우는 고장율이 상수의 특성을 가지고, 소프트웨어는 시변 특성을 가지는 것으로 각 시스템을 모델링하였다. 특히 소프트웨어 기법은 G-O/NHPP를 이용하여 하드웨어 및 소프트웨어의 통합된 마코브 모델링을 이용하였으며, 소프트웨어 적인 관점에서 시스템의 신뢰성 즉, 신뢰도, 안전도, 가용도의 특성을 분석했다. 이렇게 비교된 시스템은 특성에 따라서 신뢰도, 안전도가 요구되는 다양한 환경에 적용될 수 있는 시스템의 설계 기준으로 AVTMR 시스템 및 듀얼 듀플렉스 시스템이 분석될 수 있다.^[6-9]

II. 통합 모델링

본 논문에서 사용하는 마코브 모델링(Markov Modeling)은 조합모델의 단점을 극복하고 시간의 상태에 따른 시스템 천이를 이용하여 하드웨어 및 소프트웨어를 통합한 마코브 모델링을 통해 시스템의 상태변화가 이산 시스템 모델로 표현된다.

하드웨어 모델링 기법은 MILSPEC -217F를 기반으로 한 시간에 따라 변질이 되지 않는 고정된 고장율(failure rate)로 평가되며, 소프트웨어의 고장율은 포아송 분포에 따라서 시간에 따라 변경되는 특성을 가지며, 각 시스템의 소프트웨어는 G-O/NHPP 기법을 이용하여 고장율을 평가하게 된다.^[6]

표 1. G-O/NHPP 수식에 사용된 기호 정리

기 호	의 미
$Pr\{N(t) = y\}$	G-O/NHPP 확률밀도 함수
$poim(\cdot; \mu)$	포아송 분포 확률밀도 함수
$m(t)$	시간 t 까지 결함의 평균값
f_{t_0}	고장율의 확률 밀도 함수
l_r	r 번째 시간 간격
a	결함의 평균값
b	SW 결함 검출율

$$Pr\{N(t) = y\} = poim[y; m(t)], y = 0, 1, 2, \dots; \quad (1)$$

$$m(t) = a[1 - \exp(-bt)]; \quad (2)$$

$$\lambda_{sw}(t) = dm(t)/dt = ab \cdot \exp(-bt); \quad (3)$$

기본적으로 G-O/NHPP는 식 (1)에 나타난 것과 같이 포아송(Poisson) 분포를 따르게 된다. 식 (2)에서 나타나 있는 $m(t)$ 는 시간 t 까지 결함의 평균값으로 지수함수로 표시되며, a 는 최종 결함의 평균값으로 시간이 오래 갈수록 결함의 평균값은 이 값으로 수렴을 하는 특성을 가지고 있다. 식(3)은 소프트웨어의 고장율을 나타내고 있다. 본 논문에서 사용되는 통합 모델은 하드웨어 및 소프트웨어 신뢰도를 평가하는 방법으로 마코브 모델링을 이용한 통합모델모델링의 전제는 다음과 같다.

- 1) 시스템은 최초 시작 t_0 에 정상 동작을 한다.
- 2) 동일한 시간에 한 개의 고장만 발생한다.
- 3) 하드웨어결함은 지수분포의 특성을 가진다.
- 4) 하드웨어 고장율은 상수이며, 소프트웨어 고장율은 G-O/NHPP의 모델로 표현된다.
- 5) 시간 간격($t, t + \Delta t$)에서 발생하는 고장의 확률은 $\lambda(t) \cdot \Delta t$ 로 평가된다.

시간에 따른 고장의 확률 밀도 함수에 대한 하드웨어 및 소프트웨어의 고장율 밀도 함수를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & f_{t_0}(l) \cdot \Delta l \\ &= poim[r-1, m(l)] \cdot \lambda(t) \cdot \Delta l \\ &= 1 - \lambda(t) \cdot \Delta l \cdot \sum_{r=1}^{\infty} poim[r-1, m(l)] \quad (4) \\ &= 1 - \lambda(t) \cdot \Delta l \cdot poif[\infty, m(l)] \\ &= 1 - \lambda(t) \cdot \Delta l \\ &= 1 - \lambda(t) \cdot \Delta t \end{aligned}$$

시스템에서 발생하는 고장에 대한 마코브 모델링(Markov Modeling)은 식 (4)로 나타낼 수 있다. f_0 는 확률 밀도 함수로 시간 간격 함수인 Δt 의 곱은 소프트웨어 및 하드웨어의 상태 천이 확률이 된다. 이 수식으로 포아송 분포를 이용한 방정식을 유도하면 식 (4)의 값이 된다. 그러므로, 식(4)는 하드웨어 및 소프트웨어 고장율에 따른 상태 천이를 나타내고 있으며, 식(3)에서 소프트웨어의 고장율은 시변 함수로 표현되는 것을 알 수 있다. 소프트웨어의 확률밀도 함수는 고장율을 식(4)에서 $\lambda(t) \cdot \Delta t$ 를 $\lambda(t)_{sw} \cdot \Delta t$ 로 나타낼 수 있다. 하드웨어 고장율은 상수의 특성을 가지므로 고장율이 시변특성을 가지지 않으므로 식(5)와 같이 표현된다.

$$1 - \lambda_{HW} \cdot \Delta t \quad (5)$$

결국 하드웨어 소프트웨어 통합 모델링에 식(4)와 (5)를 사용하며, (6)과 같은 형태로 신뢰성 모델을 위해서 표시 될 수 있으며, 마코브 모델링을 통해서 구성된 시스템의 상태 천이도에 따라서 시스템 신뢰성을 평가할 수 있다.

$$1 - \lambda_{HW} \cdot \Delta t - \lambda_{SW}(t) \cdot \Delta t \quad (6)$$

III. 시스템 통합 모델링

3.1 고장안전 AVTMR 시스템 구조

고장안전 특성을 가지는 AVTMR 시스템의 설계는 최종 출력에 있어서 결함을 검지하여 안전측 동작을 유도할 수 있는 특성을 가진다. 즉, 고장 안전특성을 가지는 보터를 사용하면 출력 측에서 출력 보터에 대한 안전성이 더욱 확보될 수 있고, 전체 시스템의 안전도를 높일 수 있는 특성을 갖도록 시스템이 구성될 수 있다. 그림 1은 고장 안전 보터를 가진 고장안전 AVTMR 시스템의 마코브 모델링의 구조를 나타내고 있다.^[3,4]

기본적으로 고장안전 AVTMR 시스템은 각 3개의 시스템이 동일한 클럭으로 동작을 하여 버스트레벨로 1차적인 보팅을 하고, 출력 단에서 최종 1개의 출력을 내기 위해서 보팅 과정을 거치게 된다. 이 보터는 고장안전 특성을 가지는 즉, 보터에 대한 결함을 검지하고, 그 결함에 따라 안전한 동작을 유도할 수 있도록 고장 안전 특성을 가지게 된다.

그림 1은 고장안전 AVTMR 시스템의 마코브 모델

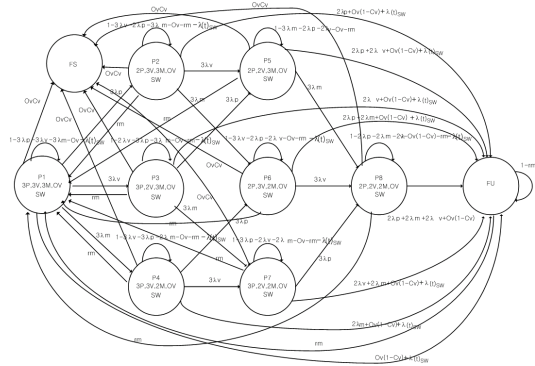


그림 1. 고장안전 AVTMR 시스템의 마코브 모델

링을 나타내고 있다. P1부터 P8은 정상적인 동작을 나타내고 있으며, FS는 고장 안전 보터에 의해서 결함이 검출되어서 안전측으로 간 상태를 나타내고 있다. 표 2에 나타나 있듯이 P는 프로세서의 상태, M은 프로세서를 제외한 나머지 시스템의 상태, V는 최종 보터가 아닌 버스트레벨 보터의 상태를 나타내며, OV는 보터의 상태를 나타낸다. 또한, 각 상태도에서 SW는 소프트웨어의 고장율을 나타내게 된다.

특히, 고장안전 특성을 가지는 시스템의 경우에는 결함을 검출할 수 있는 Cv의 요소가 시스템의 신뢰성 평가에 있어서 중요한 요소를 가지게 된다. 즉, 결함을 검출할 수 있는 시스템의 요소가 높을 수록 안정성이 확보 될 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 Cv=0.9까지 확보된다는 가정하에 시스템 분석을 하였다.

표 2는 각 시스템의 상태에 따른 시스템의 동작상태를 나타내고 있다. 즉, P1부터 P8까지는 한 개의 고장이 발생을 하여도 정상적인 동작을 할 수 있는 AVTMR 시스템의 특성을 가지고 있으며, 안전측으로

표 2. 고장안전 AVTMR 상태에 따른 동작상태

	CPU 상태(P)	주변장치 상태(M)	내부보터 상태(V)	소프트 웨어	Fail safe 출력 보터 상태	동작 상태
P1	세계정상	세계정상	세계정상	정상	정상	정상
P2	한개고장	세계정상	세계정상	정상	정상	정상
P3	세계정상	세계정상	한개고장	정상	정상	정상
P4	세계정상	한개고장	세계정상	정상	정상	정상
P5	한개고장	세계정상	한개고장	정상	정상	정상
P6	한개고장	한개고장	세계정상	정상	정상	정상
P7	세계정상	한개고장	한개고장	정상	정상	정상
P8	한개고장	한개고장	한개고장	정상	정상	정상
FS	N/A	N/A	N/A	N/A	고장검지	고장안전 상태
FU	독립적으로 두개의 같은 모듈이 고장났을 경우			고장	고장 불검출	고장

전환되는 FS의 경우에는 고장이 검지되어서 정상적인 안전상태로 전환된 구조를 나타나게 된다. FU는 AVTMR 시스템중 2개의 이상의 모듈이 고장발생하거나 소프트웨어 또는 고장 안전 보터가 고장이 발생하였을때 전환되는 불안정안 상태이다.

3.2 듀얼 듀플렉스 시스템

그림 2는 듀얼 듀플렉스 시스템의 소프트웨어 및 하드웨어 마코브 모델링을 나타내고 있다. 듀얼 듀플렉스 시스템은 두 개의 CPU가 한 보드에 탑재되어 있고, 한 개의 클럭으로 동작하여 하드웨어 비교기를 가지고 있는 듀얼 시스템의 하드웨어 두 개를 이용하여 스탠바이 모드로 구성을 했다. 즉, 한 개의 모듈에서 고장이 발생해도 대기 여분의 모듈이 하드웨어적인 결함 검출 로직을 통해서 시스템 전환을 할 수 있으며, 이러한 시스템 구성은 상당히 높은 안전성을 보장할 수 있게 된다.

그림 2에서 보는 바와 같이 이 시스템의 모델링은 네 개의 상태를 나타내고 있다. 즉 정상적인 상태는 P11, 한 개의 모듈에 고장이 발생을 하여 전환된 상태는 P10, 고장이 발생하여 안전한 상태로 전환되는 상태는 PFS, 결함이 검출되지 않고 고장난 상태를 나타내는 PFU로 표시 될 수 있다. 본 시스템에서 사용되는 λ_{DHW} 는 듀얼 시스템의 하드웨어 고장율, $\lambda_{DSW}(t)$ 는 G-O/NHPP를 이용한 소프트웨어의 고장율, λ_c 는 결함을 검출 로직의 고장율이다. μ 는 시스템의 수리율이고, 결함을 검지 할 수 있는 능력을 나타내는 σ 는 듀얼 시스템의 결함 수용능력이며, σ 가 높아질수록 안전도가 높아진다. [5,10]

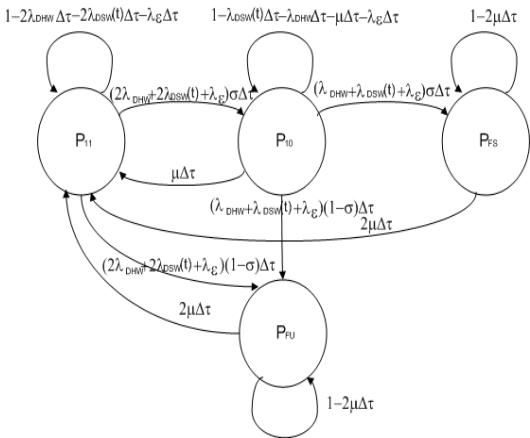


그림 2. 듀얼 듀플렉스 시스템의 마코브 모델

IV. 신뢰성 시뮬레이션

본 논문에서 마코브 모델링을 이용해서 유도된 하드웨어/소프트웨어 통합 모델링 방정식을 이용해서 고장안전 AVTMR 시스템 과 듀얼 듀플렉스 시스템의 하드웨어/소프트웨어 고장율에 따른 시스템 신뢰성을 분석한다. 표 3은 각 시스템의 신뢰성 수식을 나타낸다.

하드웨어 고장율은 고장안전 AVTMR 시스템의 경우 기본적으로 3개의 단일 구조를 포함하므로, 단일 시스템의 3배의 물리적인 소자가 들어가며, 듀얼 듀플렉스 시스템은 단일 시스템을 4개 구성해놓은 구조를 가진다. 그러므로, 고장안전 AVTMR 시스템은 듀얼 듀플렉스 시스템의 하드웨어 사용 소자 비율은 3:4 정도가 된다. 결함 허용을 하기 위한 보터의 설계는 EPLD를 사용한 설계가 이루어지므로 소자개수의 차이가 나지 않으며, 소프트웨어의 경우는 동일한 기능을 하는 시스템으로 설계된 것을 고려하여 평가된다. 결함 검출 능력에 있어서 각 시스템이 하드웨어적인 결함 검출 기법을 사용하여 검지한 후 소프트웨어적인 처리를 하게 된다. 그러므로, 결함을 검출하는 방법으로 AVTMR 시스템은 보터를 이용해서, 듀얼 듀플렉스 시스템은 비교기를 이용해서 구성을 하게 된다. 그러므로, 결함 검출 능력이 시스템의 평가에 있어서 중요하게 되며, Cv=0.9로 하여 설계된 것을 가정하여 시뮬레이션을 구성하였다. 즉, 시뮬레이션을 위해서 결함 검출 능력은 각 시스템에게 동일하게 주어지며, 두 시스템의 신뢰성인 신뢰도, 가용도, 안전도는 표 3에 따라서 평가되었으며, 각 시스템은 소프트웨어적인 고장율 변수의 변화에 따라 비교 분석 되었다.

표 3. 각 시스템의 신뢰성

RAMS	방정식
신뢰도 (Reliability)	AVTMR: $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$ 듀얼 듀플렉스: $P_{11} + P_{10}$
가용도 (Availability)	AVTMR: $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$ 듀얼 듀플렉스: $P_{11} + P_{10}$, ($\mu = 0.01$)
안전도 (Safety)	AVTMR: $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_{FS}$ 듀얼 듀플렉스: $P_{11} + P_{10} + P_{FS}$

4.1 신뢰도

그림 3은 AVTMR 시스템과 듀얼 듀플렉스 시스템의 소프트웨어 신뢰도 변수인 소프트웨어 결함 검출율인 b값의 변화에 따른 시스템의 신뢰도를 나타내고 있다. 결함의 평균값과 하드웨어 결함 검출율 C=0.9

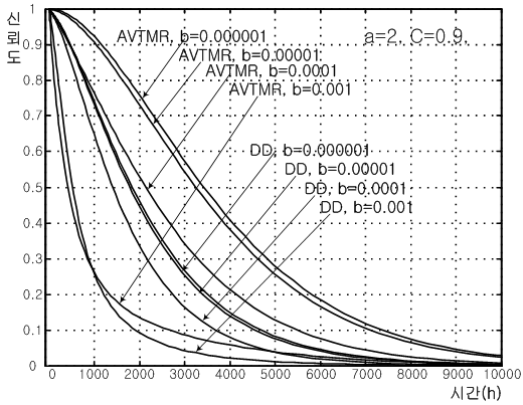


그림 3. b값의 변화에 따른 각 시스템 신뢰도

로 가정한다. 이때, AVTMR은 b의 값이 작을 수록 높은 신뢰성을 가진다는 것을 알 수 있으며, 듀얼 듀플렉스 시스템의 경우도 동일하게 b의 값이 작을수록 높은 신뢰성을 가진다는 것을 알 수 있다. 두 시스템을 비교 해보면 기본적으로 듀얼 듀플렉스 시스템이 AVTMR 시스템 보다 소자를 4:3의 비율로 사용하기 때문에 AVTMR 시스템이 같은 조건하에서 높은 신뢰성을 가진다는 것을 알 수 있다. b=0.01인 경우를 제외하고 AVTMR 시스템이 듀얼 듀플렉스 시스템 보다 전반적으로 신뢰도에 있어서 높게 나타난다. 그러나, AVTMR 시스템이 b=0.01 경우에는 1000시간 까지는 듀얼 듀플렉스 시스템보다 우수한 신뢰도를 가지는 것을 알 수 있으며, b<0.001인 경우 AVTMR 시스템은 b=0.01 시스템 보다 우수한 신뢰도를 가진다는 것을 알 수 있다.

그림 4는 a값의 변화에 따른 각 시스템의 신뢰도를 나타내고 있다. 즉, b=0.00001과 C=0.9로 가정하고 시스템을 평가 하였다. 그림 4와 같이 AVTMR시

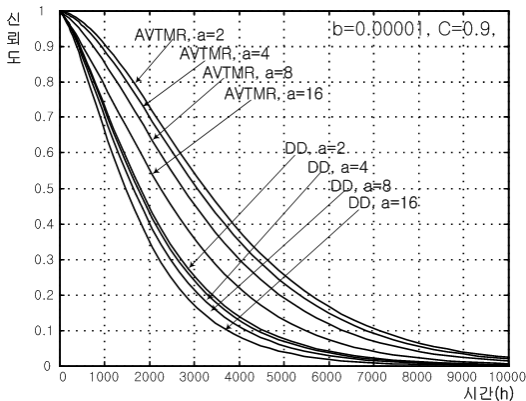


그림 4. a값의 변화에 따른 각 시스템 신뢰도

스템이 듀얼 듀플렉스 시스템과 비교를 할때 전부 우수한 신뢰도 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 즉, AVTMR시스템은 b의 값보다는 a값의 변화에 덜 민감하게 동작한다는 것을 알 수 있으며, 결국 소자의 사용량에 비례하여 시스템 신뢰도가 결정된다는 것을 알 수 있다. 듀얼 듀플렉스 시스템은 각 a의 변화에 따른 변화의 폭이 작은 반면 AVTMR 시스템은 듀얼 듀플렉스 시스템과 비교하여 상대적으로 좀 더 큰 폭의 시스템 신뢰도 변화를 시뮬레이션 결과를 알 수 있다.

4.2 가용도

그림 5, 6은 각 시스템의 가용도를 나타내고 있다. 그림 5는 a=2, C=0.9, μ=0.01를 가정하고, b의 변화에 따른 시스템의 가용도를 나타내고 있다. AVTMR 시스템은 대체적으로 500시간 까지 듀얼 듀플렉스 시스템의 가용도 보다 나쁜 특성을 가지지만 그 이후에는 0.99이상의 가용도 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

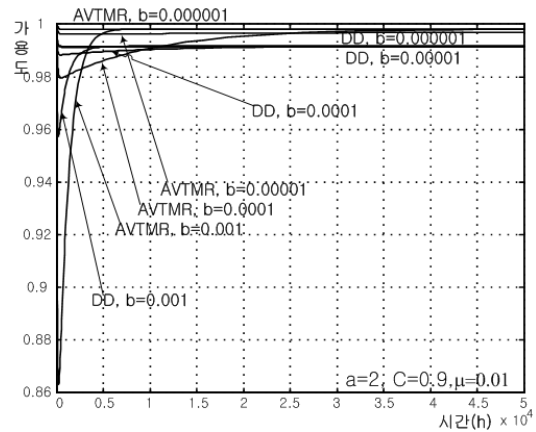


그림 5. b값의 변화에 따른 각 시스템 가용도

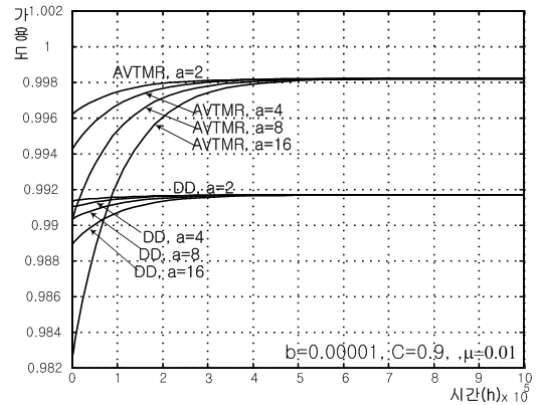


그림 6. a값의 변화에 따른 각 시스템 가용도

그러나, 듀얼 듀플렉스 시스템은 초기부터 AVTMR 시스템과는 다르게 안정적으로 0.99의 값으로 빠르게 수렴이 되는 것을 알 수 있으며, 초기부터 안정적인 가용도의 특성을 가지기 위해서는 듀얼 듀플렉스 시스템이 상대적으로 우수 하다는 것을 알 수 있다. 듀얼 듀플렉스 시스템과 비교해 상대적으로 안정기에 도달하면, AVTMR 시스템 높은 가용도의 특성을 가진다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 $b=0.0001$, $C=0.9, \mu=0.01$ 일 경우 a 값의 변화에 따른 가용도를 나타낸다. a 의 값이 커질수록 가용도가 늦게 수렴하는 특성을 나타내고 있다. 그러나 마찬가지로 듀얼 듀플렉스 시스템은 정상상태로 가는 시간이 AVTMR보다 빠르게 안정적으로 가는 특성을 가진다는 것을 알 수 있다. AVTMR 시스템은 $a>8$ 이상일 경우에는 듀얼 듀플렉스 시스템보다 초기에 나쁜 가용도의 특성을 가진다는 것을 알 수 있으며, AVTMR 시스템은 a 의 변경에 따른 시스템의 가용도의 변화가 듀얼 듀플렉스 시스템보다 변화의 폭이 크다는 것을 알 수 있다.

4.3 안전도

그림 7, 8은 각 시스템의 안전도의 특성을 나타낸다. 그림 7은 $a=2, C=0.9$ 일 경우 시스템의 안전도 특성을 나타내고 있다. AVTMR 시스템이나 듀얼 듀플렉스 시스템은 b 가 작을수록 우수한 안전도 즉, 정상상태 값으로 빨리 수렴하는 것을 볼 수 있다. 또한, AVTMR 시스템은 듀얼 듀플렉스 시스템에 비해 상당히 나쁜 안전도를 나타내고 있다. 즉, 듀얼 듀플렉스 시스템은 0.8의 수렴값을 가지지만, AVTMR 시스템은 0에 가까운 값으로 안전도를 확보 할 수 없는 특성을 가지게 된다. 그림 8은 $b=0.0001, c=0.9$ 일 경우에 대한 특성을 나타내고 있다. 두 시스템을 보면 a

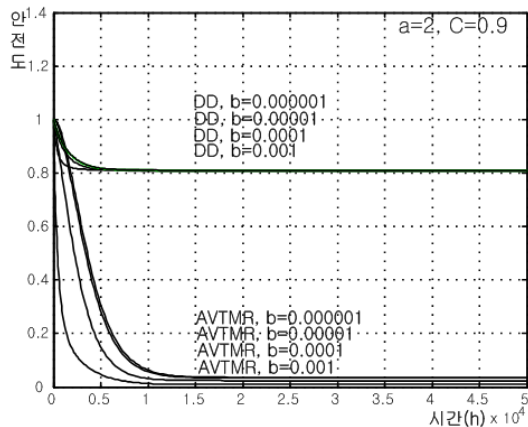


그림 7. b값의 변화에 따른 각 시스템 안전도

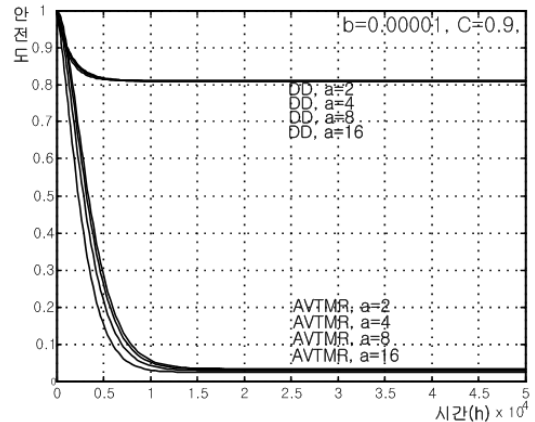


그림 8. a값의 변화에 따른 각 시스템 안전도

의 값에 따른 안전도를 보면 a 가 작을 수록 높은 안전도를 가지게 되며, 상대적으로 b 의 변화보다는 a 의 변화가 안전도의 영향을 적게 받는다는 것을 알 수 있으며, 마찬가지로 듀얼 듀플렉스 시스템이 AVTMR 시스템보다 높은 안전도를 가진다는 것을 알 수 있으며, AVTMR은 b 의 값 변화에 따른 안전도 보다 상대적으로 a 의 값의 변화에 대해서 덜 민감하며, 높은 안전도의 특성을 가진다는 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 결함 허용 시스템인 고장안전 AVTMR 시스템과 듀얼 듀플렉스 시스템에 대한 하드웨어 및 소프트웨어를 통합한 시스템의 고장율의 변수 값에 따른 시스템의 신뢰성을 비교 하였다.

하드웨어의 경우는 고장안전 AVTMR 시스템의 신뢰도 및 가용도는 듀얼 듀플렉스 시스템보다 같은 조건하에서 더 우수한 특성을 가진다는 것을 알 수 있다. 즉, 시스템의 신뢰성의 특징은 전자소자의 양에 비례한다는 것을 알 수 있었으며, 소프트웨어의 경우, 소프트웨어 결함 평균값 a , 소프트웨어 결함 검출 값, b 가 작을 수록 높은 신뢰도, 가용도가 높다는 것을 알 수 있었다. 듀얼 듀플렉스 시스템은 고장 안전 AVTMR 시스템 보다 a, b 의 값에 대해서 상대적으로 신뢰도 및 안전도를 분석해 볼 때 덜 민감하게 작용한다는 것을 알 수 있으며, 빠르게 정상상태로 진입이 된다는 것을 알 수 있었다.

안전도의 측면에서는 듀얼 듀플렉스 시스템이 우수한 특성을 가진다는 것을 알 수 있었으며, a, b 의 값에 상관없이 2500시간 내에 주어진 조건에서 빠르게 정상상태 값으로 간다는 것을 알 수 있었다. 또한, 고장

안전 AVTMR 시스템은 상대적으로 좋은 안정성을 확보하지 못하는 구조를 가진다는 것을 알 수 있다.

각 시스템은 적용하는 환경에 따라서 가용한 비용 및 신뢰성 목표에 따라 적용되고, 설계가 되어야 하므로 이러한 신뢰성의 값이 적용하는 환경, 시스템, 비용에 따른 상관관계를 잘 선택하여 설계시 반영해야 할 것이다. 특히, 소프트웨어의 고장을 변수 값을 좋게 하기 위해서는 많은 비용이 들어가므로 적절한 기준을 설정하는 것이 시스템 설계 및 적용에 있어서 충분히 고려가 되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Barry W.Johnson, “Design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems”, Addison Wesley Publishing Company, 1989.
- [2] D.K.Pradhan, “Fault-Tolerant Computer System Design”, Prentice Hall, 1996.
- [3] 김현기의 2인, “AVTMR과 듀얼 듀플렉스 시스템 비교에 관한 연구”, 제26호, 한국통신학회논문지, 2001.
- [4] 김현기 외 2인, “고장 안전 특성을 가지는 내장형 AVTMR 시스템의 설계 및 RAMS 평가”, 제 30권, 5A호, 한국 통신학회 논문지, 2005
- [5] Hyunki Kim, “Design of Dual-duplex System and Evaluation of RAMS”, The IEEE 4th International Conference on ITS Oakland, Sanfrancisco, August, 2001
- [6] Stephen R.Welke, “Reliability Modeling of Hardware/Software Systems”, IEEE Trans. On Reliability, Vol.44, No.3, September, 1995
- [7] Terje Aven, “Avaliability Formulae for Standby Systems of Similar Units that are Preventively Maintained.”, IEEE Trans. on Reliability, Vol.39, No.5, 1990 December.
- [8] David G.Robinson and Marcel F.Neuts, “An Algorithm Approach to Increased Reliability Through Standby Redundancy”, IEEE Tran. on Reliability, Vol.38, NO.4, 1989 October
- [9] Charles Y.Choi, A Profeta III, “Safety Issues in the Comparative Analysis of Dependable Architectures”, IEEE Tran. on Reliability, Vol. 46, No.3, 1997 September.
- [10] Hyunki Kim, etc “Design and Analysis of AVTMR(All Voting Triple Modular Redun

dancy) and Dual-duplex system”, RESS, Vol.88, Issue3, June 2005, pp.291-300.

김 현 기 (Hyunki Kim)

정회원



1993년 2월 광운대학교 공과대학 제어계측공학과 학사

1995년 2월 광운대학교 대학원 제어계측공학과 석사

2001년 6월 광운대학교 대학원 제어계측공학과 박사

2006년 8월 고려대학교 경영대학원(MBA) 경영학 석사

1999년 6월~2002년 8월 모토로라 선임 연구원

2002년 9월~2004년 10월 텔스전자 책임연구원

2005년 1월~2009년 7월 팬택 중앙연구소 수석연구원

2009년 7월~현재 팬택 해외 상품기획팀장

<관심 분야>: 결합허용 시스템, 이동 통신, 영상처리, 휴대 인터넷, 실시간 운영체제, 모바일 브라우저, 모바일 스마트폰 플랫폼