

論文96-33A-4-2

# 망관리 시스템에 접속되는 동적 이중화 제어 시스템의 성능 개선

## (Performance Improvement of An Active Redundancy Control System Interfaced to A Network Management System)

朴 丞 昌 \*, 張 大 翼 \*, 吳 義 教 \*

(Seung Chang Park, Dae Ig Chang, and Euy Kyo Oh)

### 요 약

망관리 시스템과 이중화 제어 시스템에 의하여 이중화 제어가 수행되는 경우, 제어시간의 지연과 시스템의 고장에 의한 제어의 중단이 무시될 수 없다. 본 논문은 이렇게 망관리 시스템에 접속되는 이중화 제어 시스템의 성능을 개선시킬 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 먼저, 전체 시스템에 대한 모델링을 산출하였고, 자체적으로 제어되는 1:1 동적 이중화 구조를 갖는 전송시스템에 대하여 고장율과 신뢰도의 함수관계를 분석하였다. 그리고 고장 발생시 망관리시스템의 이중화제어 과정에 소요되는 시간과 전송데이터의 손실정도를 분석한 후, 이중화 제어 시스템의 신뢰도를 개선시키는 효과적인 이중화 제어 방법으로서 복합적인 시스템 제어방식의 이중화법을 제안한다. 마지막으로, 이전 결과와 새로운 결과를 비교함으로써 그 효과를 입증하였다.

### Abstract

In the case of redundancy control performed by a network management system, it can not be ignored some delay of control time and break of control by failure of the system. This paper proposed a new method to improve the performance of a redundancy control system interfaced to the network management system. At first, it produced the modelling of the total system and analyzed the functional relation of reliability and failure rate for a transmission system having an one to-one active redundancy structure controlled by itself. After describing the loss rate of transmission data and the time required for the redundancy control process of the network management system when a failure is occurred, it proposed the new redundancy method of complex system control mode as an effective redundancy control method to improve reliability of a redundancy control system. Finally, it proved the effect by comparing the new result to the previous result.

### I. 서 론

동일한 기능과 성능을 갖는 두 시스템 A,B가 하나의 전체 시스템을 구성하는 1:1 이중화 구조의 시스템 중에서 동일한 입력에 대하여 시스템의 한 쪽이 동작

(Active)상태에서 신호를 출력하는 동안, 다른 다른 한 쪽이 대기(Standby)상태에서 신호를 출력하지 않는 시스템을 가리켜 동적(Active or Hot) 이중화 시스템이라 한다<sup>[1]</sup>. 이러한 시스템의 상태 결정은 하나의 이중화 시스템의 최종 출력버퍼 단속이 피 제어 시스템에 대한 활성/비활성(Enable/ Disable)신호에 의해서 이루어진다. 그 신호가 활성이면 출력버퍼가 개방되고, 비활성이면 출력버퍼가 폐쇄된다. 일반적으로 이러한 동작이 상호대비적으로 이루어짐으로써, 한 시스템이 갖는 동작 또는 대기의 상태가 상대 시스템의 대기 또

\* 正會員, 電子通信研究所 衛星通信技術研究團 地上 H/W 研究室

(ETRI, Satellite Communication Research Group Ground System H/W section)

接受日字:1995年12月16日, 수정완료일:1996年2月16日

는 동작의 상태를 유지하도록 한다.

본 논문에서는 이러한 이중화 구조를 갖춘 피제어 시스템으로서 하나의 데이터 전송시스템을 모델로 한다. 시스템의 이중화 제어로 통하는 시스템 고장상태의 감지와 식별, 그리고 절체(Switching) 명령을 발생시키는 모든 과정은 원격지에 있는 망관리시스템에 의하여 실행되고 이중화 제어의 중단에 있는 이중화 제어 시스템은 신호의 입/출력을 통한 전달이나 절체 그리고 메세지 송수신을 통한 인식이나 응답만을 수행한다. 그렇지만, 망관리시스템에 의한 이중화 제어가 중간의 이중화 제어 시스템을 통하여 수행됨으로써, 제어시스템의 성능과 관련하여 제어시간의 지연과 시스템의 고장에 의한 제어의 중단이 무시될 수 없다.

시스템의 신뢰도 측면에서 논문<sup>[2]</sup>은 유지보수가 있는 2-unit 시스템의 신뢰도를 평가하고 있고, 논문<sup>[3]</sup>은 1:1을 일반화시킨 k-out-of-n 시스템의 신뢰도를 평가하고 있다. 본 논문에서는 이중화 제어 시스템의 신뢰도와 절체시간의 개선을 위한 방안을 모색하는 과정과 결과를 기술한다. 먼저, 방법의 접근을 위하여 기존 시스템에 대한 모델링이 이뤄지고 자체적으로 제어하는 1:1 동적 이중화 구조를 갖는 전송시스템에 대하여 고장율과 신뢰도의 함수관계를 분석한다. 그리고 고장 발생시 망관리시스템의 이중화제어 과정에 소요되는 시간과 전송데이터의 손실정도를 비교한 후, 이중화 절체 시스템의 성능을 개선시킬 수 있는 효과적인 이중화 제어방법으로서 시스템 제어방식의 이중화법을 제안한다. 마지막으로, 그 전 결과들과 새로운 결과를 비교함으로써 그 효과를 증명한다.

## II. 시스템 모델링

본 시스템은 (그림 1)에서와 같은 1:1구조로 배치된 동일한 기능의 시스템 A,B와 망관리시스템(NMS), 그리고 이중화 절체 시스템으로 구성된다. 대개 하나의 컴퓨터 시스템인 망관리시스템의 특성상 그것의 제어 명령을 비롯하여 각종 명령들을 실제 물리적인 전기신호로 변환하고 기능을 대행하는 이중화 제어 시스템은 피제어체인 두 전송 시스템 A,B와 직접 회로적으로 접속된다. 망관리시스템과 이중화 제어 시스템과의 접속은 명령과 응답에 대한 전달체계에 해당되며, 그것을 통하여 망관리시스템의 시스템 관리 및 제어 동작이 실행된다. 그러므로, 최종단의 전송신호는 이중화 제어

시스템의 출력인 이중화 절체신호가 전송시스템의 출력 버퍼를 상호 반대적인 논리로 단속할 때, 개방된 버퍼 측의 신호로서 합신기(Combiner)를 통하여 출력된다.

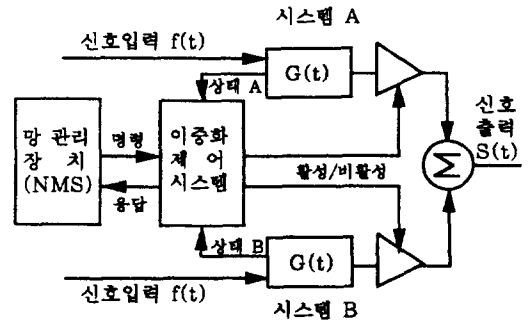
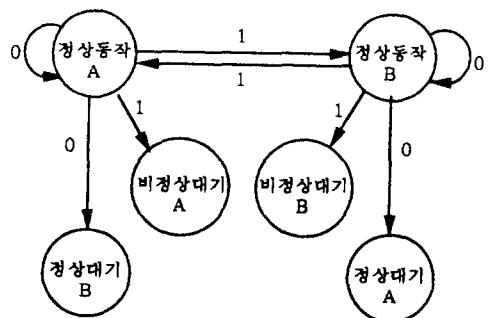


그림 1. 이중화된 전송시스템 모델링  
Fig. 1. Modelling of a redundant transmission system.

정상적으로 운용중이던 이중화된 시스템에서 동작시스템에 고장과 같은 비정상 사건이 발생하면, 그에 상응하는 상태변수에 시간적 변화가 발생하고, (그림 2)와 같은 상태의 천이가 일어난다. 시스템 A는 자신을 비정상상태에 놓이게 하는 고장이 발생하기 전까지 현 상태에서 동작을 유지하고, 시스템 B는 A의 비정상상태로의 돌입과 함께 대기상태에서 동작상태로 상태천이를 일으킨다. 일단 상태의 반전 후에는, 초기상태와 반대적인 상태에 놓이는데, 그 상태가 시스템 B에서 고장이 발생하기 전까지 유지되는 시스템 특성을 갖는다. 아울러 본 모델은 고장난 시스템이 '선교체 후수리' 원칙에 따라 다시 시스템에 장착되며 그 수리시간은 피 제어시스템의 생존시간에 비해 극히 짧은 경우로 제한된다.



1: Alarm                    A: System A  
0: No Alarm                B: System B

그림 2. 시스템 상태 천이도  
Fig. 2. System state transition diagram.

### Ⅲ. 고장율과 신뢰도의 관계

제시된 모델과 상태전이도를 참고로 시스템의 고장율과 신뢰도의 관계를 파악하기 위하여 일단, 아래와 같이 가정한다.

- 1) 망관리시스템과 이중화 제어 시스템은 통계적으로 고장율이 0인 시스템이다.
- 2) 두 피제어시스템 A,B는 통계적으로 완전히 동일한 고장율을 갖는다.
- 3) 초기상태는 모두 정상상태를 갖는 두 피제어시스템으로서 한쪽은 동작상태, 다른 한쪽은 대기상태를 유지한다.
- 4) 두 피제어시스템이 동시에 고장날 확률( $P_f$ )은 거의 0에 가깝다.
- 5) 절체시간  $\Delta t$ 가 0에 가깝고 불안한 동작이 없는 완전한 절체이다.

이러한 전제조건 하에서 시스템의 신뢰도는 언제 발생할지도 모르는 동작(c=Active)이나 대기(c=Standby) 시스템의 고장율 ( $\lambda_c$ )에 의존하는 관계식으로

$$R_c(t) = \exp(-\lambda_c t) \quad (1)$$

과 같다. 여기서 (그림 3)과 같이 시간 축 상에서 표시될 수 있는 사건 E1과 E2를 각각,

E1 = 한쪽 동작시스템 A가 고장 나기까지 z시간 동안 살아있고 dz 동안 고장으로 인하여 죽어 있는 사건.

E2 = 다른쪽 대기시스템 B가 절체후 t-z 시간동안 살아있고, dt 동안 고장으로 인하여 죽어 있는 사건.

이라고 하면, 운용 중 동시에 두 시스템이 고장날 확률이 거의 0에 가깝다고 전제하였으므로 각각 동작 시스템과 대기 시스템의 확률밀도 함수  $f_a, f_s$ 에 대하여

$$\begin{aligned} \Pr(E1) &= f_1 dz = f_a(z) R_s(z) dz + R_a(z) f_s(z) dz, \\ \Pr(E2) &= f_2 dt = f_a(t-z) dt \end{aligned} \quad (2)$$

과 같고, 이러한 사건들에 대하여 전체 시스템의 확률밀도 함수와 신뢰도  $f_i(t), R_i(t)$ 는 각각

$$f_i(t) = \int_{z=0}^t [ f_a(z) R_s(z) + R_a(z) f_s(z) ]$$

$$\times f_a(t-z) dz \quad (3)$$

$$R_i(t) = R_1(t) + R_2(t) \quad (4)$$

이고

$$\begin{aligned} R_1(t) &= \int_t^\infty [ \int_{z=0}^t f_a(z) R_s(z) f_a(t-z) dz ] dt \\ R_2(t) &= \int_t^\infty [ \int_{z=0}^t f_s(z) R_a(z) f_a(t-z) dz ] dt \end{aligned} \quad (5)$$

이다. 식 (1)을 식 (2),(3),(4),(5)에 대입하여 풀면, 결국 전체 시스템의 신뢰도  $R_i(t)$ 는

$$R_i(t) = 2 \exp(-\lambda t) - \exp(-2\lambda t) \quad (6)$$

이고, 여기서 1:1 동적 이중화 시스템의 고장율은  $\lambda = \lambda_a = \lambda_s$  로서 전제조건 2)에 따른 결과이다<sup>14)</sup>.

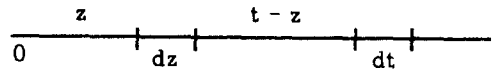


그림 3. 1:1 이중화 시스템의 생존 주기  
Fig. 3. Life period of a 1:1 redundant system.

### Ⅳ. 제어시간에 의한 전송데이터 손실

망관리시스템에 의한 이중화 제어의 경우, 이중화 제어 과정은 (그림 4)와 같고, 시스템 고장상태의 검출 시점에서 부터 이중화 절체 신호가 전송 시스템의 출력버퍼를 단속하는 시점까지의 시간이 전체 소요시간  $T_c$ 이다. 각 단계별로 세분하면,

- $T_m$  : 고장상태 검출 시간 [sec]
- $T_p$  : 고장상태 인식 시간 [sec]
- $T_r$  : 이중화 절체 시간 [sec]
- $T_c$  : 전체 이중화 제어 시간 [sec]

로 표현되고,

$$T_c = T_m + T_p + T_r \quad [sec] \quad (7)$$

이다.

‘고장상태 검출시간’은 이중화 제어 시스템의 피제어 시스템에 대한 감시주기(Read Period)와 관계가 있으며, 감시주기가 짧을수록 검출시간이 짧다. 여기에는 이중화 제어 시스템의 중앙처리장치가 프로그램에 따라 읽은 상태값을 그 전 상태값과 비교연산하고, 그 결과를 데이터로서 메모리에 저장하는 것까지 걸린 시간이 된다. 고장상태 인식시간은 망관리시스템이 피제어 시스템의 고장상태를 인식하고 절체명령 메시지를 송

신하는데 걸리는 시간이다. 이는 이중화 제어 시스템과의 명령/응답 주기와 관계가 있을 뿐만 아니라, 망관리 시스템의 메시지 처리시간과도 관계한다. 따라서, 이것 역시 주기가 짧을수록 좋다. '이중화 절체시간'은 이중화 제어 시스템이 망관리시스템으로 부터 절체명령 메시지를 수신하고 나서, 그 활성화/비활성 신호를 출력하고, 그 신호가 피제어시스템의 출력버퍼에 단속신호로서 입력되기까지 걸리는 시간이다.

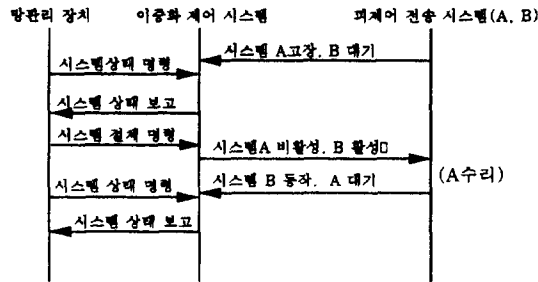


그림 4. 망관리시스템과 접속된 이중화 제어 과정  
Fig. 4. Redundancy control procedure inter-faced to a NMS.

전체 전송시스템 측면에서 보면, 이러한 이중화 제어 시간 동안에는 시스템의 출력이 선택되지 못함으로 인하여 결국 전체 시스템의 고장으로 간주된다. 대개의 경우 아주 짧은 시간으로 제한을 받는 '요구 이중화 제어 시간' 동안에는 채널부의 전송데이터가 송출되지 못하고 손실된다. 물론, 이러한 접근은 이중화 제어가 망관리시스템과 이중화 제어 시스템 사이에 '선보고 후조치'의 논리에 기반을 둔 분석이다. 만약 이중화 제어 시스템을 '선조치 후보고'의 논리에 맞춘다면, 앞에서 정의한  $T_m$ 과  $T_p$  시간을 파격적으로 줄일 수 있다. 그렇지만, 이 경우에도 이중화 제어 시스템의 이중화 제어 관련 총 처리시간은 이중화 절체 시간과 무관할 수 없다. (그림 5)는 전송속도 별로 전체 이중화 제어 시간과 전송데이터 손실량의 관계가 거의 선형적임을 보여준다. 보통, 64Kbps 전송시스템의 경우, 그 시간이 1 [msec] 이면 그 손실량이 60~70 [bits]로서 순간 제어동작의 정밀도에 따라 약간의 차이를 갖는다.

이제 '선조치 후보고'에 기반을 둔 이중화 제어 시스템에 대하여 II.장에서 전제한 가정들을 아래와 같이 현실화한다.

- 1) 망관리시스템과 이중화 제어 시스템은 통계적으로

고장율이  $0 < \lambda < 1$ 인 시스템이다.

- 2) 두 피제어시스템 A,B는 통계적으로 동일한 고장율을 갖는다.
- 3) 초기상태는 모두 정상상태를 갖는 두 피제어시스템으로서 한쪽은 동작상태, 다른 한쪽은 대기상태를 유지한다.
- 4) 두 피제어시스템이 동시에 고장날 확률( $P_f$ )이 있다. ( $0 < P_f < 1$ )
- 5) 절체시간  $\Delta t$ 가  $0 < \Delta t < 500$  [msec] 이고, 불안한 동작이 없는 완전한 절체이다.

이러한 가정은 이중화 제어 시스템의 고장율이 0이 아님에 따라 고장에 대비하는 이중화 제어방법과 순시적( $0 < \Delta t < 500$  [msec])이면서 정확한 이중화 절체 동작을 요구한다.

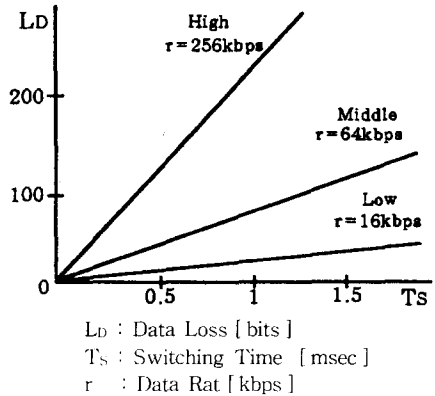


그림 5. 이중화 제어시간과 전송데이터 손실량  
Fig. 5. Redundancy control time .vs.loss of transmission data.

### V. 복합제어 방식의 이중화법 제안

여기서는 망관리시스템과 이중화 제어 시스템에 의한 이중화 절체에 따르는 소요시간의 감축과 고장에 대하여 이중화 제어 기능이 유지되는 효과적 이중화 제어방법을 제안한다. 첫번째의 이중화 절체 소요시간 감축을 위해서는 이중화 제어 시스템의 중앙처리장치의 동작 주파수가 높고 메모리의 액세스 시간이 짧은 소자의 채용과, 이중화 제어 시스템을 감지부(Monitor)와 절체부(Switching)로 분리하는 것이 필요하다. 아울러, 이중화 제어 시스템의 '선조치 후보고' 논리를 기반으로 피제어시스템의 상태를 감지하는 z버

피에 대한 읽기 명령 주기(Read Period)를 짧게하는 프로그래밍이 필요하다. 둘째로, 고장에 대비한 이중화 절체 방식의 이중화법이다. 이는 하나의 이중화 제어 시스템이 갖는 절체부의 최종 절체 신호가 출력En\_A 또는 En\_B로서 다음과 같아서 기존의 망관리시스템 제어(NMS Mode)에 또 하나의 제어 방식으로서 자체적인 제어(LOC Mode)를 추가한다.

$$\begin{aligned}
 En_A &= (NMS \& En\_A\_NMS) + (LOC \& En\_A\_LOC) \\
 En_B &= (NMS \& En\_B\_NMS) + (LOC \& En\_B\_LOC) \\
 LOC &= (NMS' + SYS\_FAIL) \quad (8)
 \end{aligned}$$

여기서, &는 AND논리, +는 OR논리, '는 NOT논리이며, NMS는 망관리장치의 제어를 받는 이중화제어 방식을 나타내고, LOC는 자체적인 동작의 제어를 받는 이중화제어 방식을 나타내며, SYS\_FAIL은 이중화 제어 시스템의 고장상태를 나타낸다. 그리고 식 (8)의 Enable에 대한 설명은 아래와 같다.

- 1) En\_A\_NMS : 이중화 제어 시스템의 소프트웨어에 의한 시스템 A의 활성화
- 2) En\_A\_LOC : 피제어시스템 자체적인 동작에 의한 시스템 A의 활성화
- 3) En\_B\_NMS : 이중화 제어 시스템의 소프트웨어에 의한 시스템 B의 활성화
- 4) En\_B\_LOC : 피제어시스템 자체적인 동작에 의한 시스템 B의 활성화

이러한 두가지 개선안을 담은 이중화 제어 시스템은 (그림 6)과 같은 논리회로를 포함한다. 이렇게 이중적으로 제어방식을 결합시키는 일에는 논리회로적인 처리가 필요하다. 두 방식 중에서 하나를 선택하는 방안으로는 이중화 제어 시스템의 절체부에 제어방식 선택 스위치를 두거나 아니면, 소프트웨어적으로 망관리시스템으로부터 제어방식 선택 명령 메시지를 받아 설정할 수도 있다.

이에 따라, 주 운용 시에는 망관리시스템에 의한 제어방식(NMS Mode)으로 동작하고 자체적인 동작에 의한 제어방식(LOC Mode)은 대체용으로 활용한다. 따라서, 이중화 제어 시스템의 고장으로 인하여 제어가 수행될 수 없을 때에는, 곧바로 자체적인 제어가 수행됨으로써 전체적인 제어가 유지되는 이중화제어법이 된다.

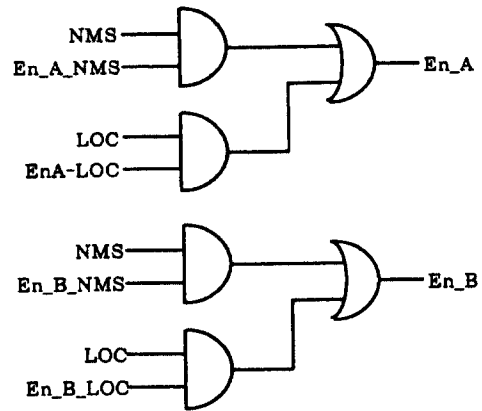


그림 6. 제안된 이중화 제어법 논리회로  
Fig. 6. Logic circuit of the proposed redundancy control method.

### VI. 제안된 이중화 제어법의 신뢰도

전절에서 논한 바와 같이 망관리시스템에 의한 이중화 제어 방식은 '선조치 후보고' 논리를 기반으로 할 때, 전송데이터의 손실량을 줄일 수 있다. 이는 이중화 제어 시스템을 감지부와 절체부로 분리하여 동작 중이던 피제어시스템의 고장이 감지되는 즉시 일정한 내부 처리시간이 지난 다음, 자체적으로 절체부에 동작조건을 입력시킴으로써 정확한 절체와 순시적인 절체가 일어나도록 한다. 그렇지만, 이중화 제어 시스템과 망관리장치의 고장에 의하여 발생하는 제어의 중단을 무시할 수 없다. 따라서, 제안된 이중화 제어법의 성능평가는 II.장에서 논한 피제어 시스템의 1:1 동적 이중화 개념에 비추어 볼 때, 동일한 방법으로 고장율과 신뢰도의 관계를 사용할 수 있다.

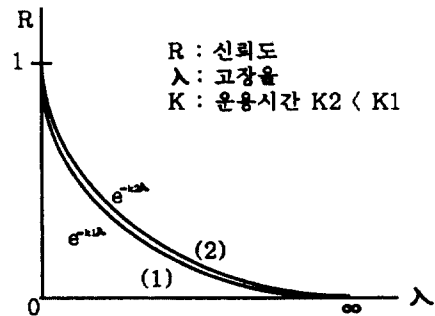


그림 7. 두 이중화 제어법의 신뢰도  
Fig. 7. Reliability of two redundancy control method.

(그림 7)은 1)망관리시스템에 의한 이중화제어법의 신뢰도 특성, 2)망관리장치와 자체적인 제어 동작에 의한 이중화제어법의 신뢰도 특성을 보여준다. 일례로, 동일한 운용시간 20000 [hrs] 과 시스템 고장율  $\lambda_{NMS} = \lambda_{LOC} = \lambda = 1/20000$ 에 대하여 1)의 방법에 의한 신뢰도는 수식(1)에 따라,  $R1=0.37$ 인 반면에, 2)의 방법에 의한 신뢰도는 수식(6)에 따라 계산하면  $R2=0.60$ 이므로  $R2 > R1$ 로서 개선된다.

## VII. 결 론

지금까지 본 논문에서는 1:1로 이중화된 동적 시스템의 모델링을 바탕으로 하여 고장율과 신뢰도의 관계를 파악하고, 피제어 시스템인 전송시스템에서 발생하는 데이터 손실량을 이중화제어 처리시간과 함께 분석하였다. 그 결과, 이중화 제어 시스템의 성능을 높이기 위해서는 망관리시스템과 명령/응답의 관계를 '선조치 후보고' 논리에 맞추는 것이 효과적임을 보였다. 아울러 이중화 제어 시스템의 상태 감지부와 절체부의 기능블럭을 구분하고, 절체부의 입력조건에 자체적인 이중화제어 방식을 보충하였다. 그렇게 함으로써, 이중화 제어 시스템의 감지부나 망관리시스템의 고장 발생시에도 피제어시스템으로 부터 출력되는 상태 입력 (En\_A\_LOC or En\_B\_LOC)만으로도 제어가 가능함을 보였다. 끝으로, 신뢰도의 측면에서 평가한 결과, 동일한 운용시간 20000 [hrs] 과 시스템 고장율  $\lambda_{NMS} = \lambda_{LOC} = \lambda = 1/20000$ 에 대하여 기존의 방법에 의한 신뢰도는  $R1=0.37$ 인 반면에, 새로이 제안된 방법에 의한 신뢰도는  $R2=0.60$ 이었다. 이는 23%정도 개선된 성

능으로써 제안된 복합적인 방식의 이중화 제어법이 내 고장성 면에서 우수함을 증명한다. 이 방법의 사용으로 인하여 그 이중화 절체의 입력 조건에 이중화 제어 시스템 감지부의 이탈상태를 부가한다면, 이중화시스템의 부재시에도 자체적인 제어방식(LOC Mode)에 의하여 이중화 절체 동작이 가능하게 된다. 이는 전체 시스템에 대하여 운용상의 편리성과 유연성을 함께 도모할 수 있게 하므로 이중화 시스템의 제어에 필요한 망관리시스템의 접속에 활용이 많을 것으로 전망된다.

## 참 고 문 헌

- [1] K.D. Heidtmann, "Deterministic Reliability -Modeling of Dynamic Redundancy", IEEE Trans. on Reliability, VOL.41, NO.3, pp.378-385, September 1992.
- [2] R.Subramanian, K.S. Venkatakrishan, "Reliability of 2-unit standby redundant system with repair, maintenance, and standby failure", IEEE Trans. Reliability, vol R-24, pp.139-142, June, 1975.
- [3] T.Risse, "On the evaluation of the reliability of k-out-of-n systems", IEEE Trans. Reliability, vol R-36, pp. 433-435, Oct., 1987.
- [4] J. She and M.G. Pecht, "Reliability of a K-out-of-N Warm-Standby System", IEEE Trans.on Reliability, VOL. 41, NO.1, pp. 172-75, March, 1992.

## — 저 자 소 개 —



朴 丞 昌(正會員)

1963년 11월 14일생. 1988년 2월 전남대학교 전기공학과(전자전공) 학사. 1989년 2월 ~ 현재 전자통신연구소 위성통신기술연구단 연구원. 주관심분야는

배열신호처리, 디지털제어, 이동통신시스템, 위성통신시스템임



張 大 翼(正會員)

1959년 8월 10日生. 1988년 2월 한양대학교 공과대학 전자통신공학과(공학사). 1990년 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사). 1990년 2월 ~ 現在 한국전자

통신연구소 위성통신연구단 선임연구원. 주관심분야는 Channel Coding, 디지털 변복조 시스템, 위성통신 시스템임

吳 義 教(正會員)

1959년 5월 27일생. 1982년 2월 고려대학교 전자공학과 학사. 1994년 2월 고려대학교 전자공학과 석사. 1984년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구소 선임연구원. 1994년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 디지털제어, 디지털 변복조 시스템, 위성통신시스템 등임