

결함 허용 시스템 간 이상적 통신방안 연구

구 철 회

한국항공우주연구원 통신위성체계그룹

전화 : 042-860-2145 / 핸드폰 : 017-417-7106

Research of Ideal Communication Methodology among Fault Tolerance System

Cheol-Hea Koo

Dept. of Communication Satellite, Korea Aerospace Research Institute

E-mail : chkoo@kari.re.kr

Abstract

In this paper, the basic concept and approach method of ideal communication among fault tolerance system has been studied and suggested. Fault tolerance should not be treated like Fault Avoidance and Fault Prevention. In this paper, Key specifications of mechanical and electrical characteristics of communication methods for fulfilling the requirements to meet the general purpose of fault tolerance system has been analyzed and presented.

I. 서론

통신 시스템 기술의 발전과 더불어 신뢰성이 높은 통신 품질에 대한 요구도 지속적으로 상승하였으며 현재의 전기·전자 시스템의 경우 시스템의 복잡도도 증가하지만 집적도 또한 높아지고 있다. 특히 SOC(System On a Chip) 설계 기술은 이전의 크고 관리가 불편했던 대규모 시스템으로부터 더 작고 관리하기 쉬운 모듈화된 디지털 시스템의 출현을 가능하게 하였다. 세분화된 각 시스템들의 기능이 독립적이고 지능화되고 주관적인 운용 개념(Operation Concept)을 가지고 있을수록 이 시스템들 간의 인터페이스는 단순

성을 넘어서 서로의 시스템을 유지하는 것이 가능한 방법으로 구현되어야 한다. 만약 그렇지 않다면 시스템은 매우 불안하게 될 수밖에 없다. 본 논문에서는 여러 통신 방법 중 결함 허용 시스템의 기본 성능 요구사항을 만족시키는 특징을 가지는 방식을 연구하였고 이런 통신 방식의 특징과 결함 허용 시스템과 효율적인 인터페이스 방식을 연구하였다.

II. 위성의 결함 허용 시스템

결함 허용 시스템은 어느 정도의 결함이 발생하여도 전체 또는 일부분의 기능을 계속 유지할 수 있는 시스템이다. 위성을 구성하고 있는 서브 시스템들도 역시 예외는 아니다. 항상 일정 수준의 성능을 보장하여야 하므로 결함 허용 시스템 사이의 데이터 인터페이스는 비결함 허용 시스템 사이의 인터페이스 방식과 여러 차이점을 보인다. 위성 내에서 사용되는 데이터 버스는 크게 미국을 중심으로 한 MIL-STD-1553B 데이터 통신 방법과 유럽을 중심으로 한 OBDH(On-Board Data Handling) 데이터 통신 방법으로 구분할 수 있으며 위성의 결함 허용 시스템의 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 예비 부품(Redundancy), 2 for 1 system
- Hot 또는 Cold Standby Operation
- Mixture of Fault Avoidance, Fault Prevention and Fault Tolerance Technique

- Gracefully degradation
- Normally, Bus Architecture(그림 1 참조)
- Real-Time Response

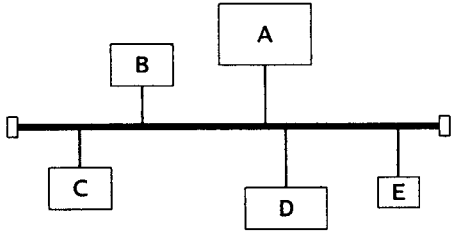


그림 1. Bus Architecture

III. 통신 기본 요구사항 분석

3.1 구조적 기본 요구사항

(1) 예비 구조(Redundancy)

결함 허용 시스템은 결함의 존재에도 불구하고 주어진 기능을 계속 유지할 수 있어야 하므로 결함 허용 시스템은 예비 부품(Redundancy)을 가져야 한다[3,5]. 왜냐하면 결함에는 복구 불가능한 Hard Error가 있으며, 복구가능한 Soft Error가 발생하더라도 결함을 극복하는 시간의 비용이 크기 때문이다. 결함 허용 시스템은 PRIMARY와 BACKUP 컴포넌트로 구성되며 이들 시스템들 간의 통신은 그림 2와 같이 역시 예비 구조를 갖는다[4].

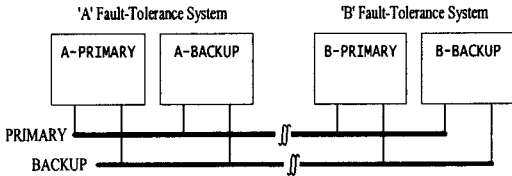


그림 2. 예비 버스 구조를 통한 통신 모델

(2) 전송 케이블(Transmission Cable)

데이터 전송에 사용되는 통신 케이블은 EMI에 대해서 영향을 최대한 덜 받기 위해서 STP(Shielded Twisted Pair) 구조로 되어 있어야 한다. Pair 구조는 차동 신호(Differential Signal)를 유발하며 외부 노이즈에 강하고 수백 Mbps ~ 수 Gbps의 전송속도를 가능하게 한다. 꼬임수(Twisted Number per ft)는 어플리케이션에 따라 달라지며 꼬임수가 많아질수록 비용이 증가한다. 그리고 케이블의 무게를 줄이기 위해서 직렬 통신 방법이어야 한다. 케이블 차폐(Shield)는 더

나은 EMI 특성을 제공한다.

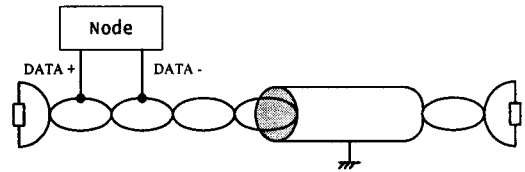


그림 3. STP 케이블 구조

(3) 통신시스템 구조

시스템들 간의 통신 방식은 중앙화 구조(Centralized Architecture) 또는 링 구조(Ring Architecture) 보다는 분산 구조(Distributed Architecture)로 구성되어야 한다[2].

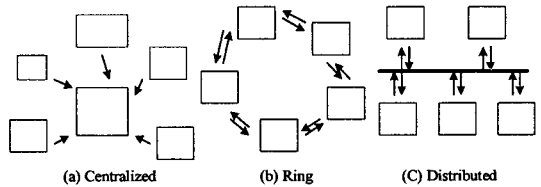


그림 4. 주요 통신시스템 구조

3.2 전기적 기본 요구사항

(1) 통신 방식(Communication Method)

결함 허용 시스템간의 통신 방식은 가급적 요구 후 응답(Request/Respond) 방식으로 이루어져야 하며 클라이언트는 임의로 서버에 통신 시도를 해서는 안된다 [1]. 클라이언트로부터의 임의 통신 시도는 서버에 과부하를 주고 실시간 특성을 약화시킨다. 통신은 양방향 통신(Bi-Directional Communication)이어야 하지만 요구 후 응답 방식을 고려하면 반이중 통신(Half Duplex)이 되며 클라이언트는 서버로부터 요청이 있을 경우에만 데이터를 서버로 송신는 비동기(Async) 통신 방식이다. 그러나 그림 5의 OBDH 버스와 같이 문의 버스(Interrogation Bus)와 응답 버스(Response Bus)가 나뉘어져 있으면 전이중 통신(Full Duplex)이 가능하다.

(2) 노드 식별(Node Identifier)

각 결함허용 시스템들은 각각 통신상에서 통신 노드를 구별하기 위해 통신상에서 유일한 고유 인식 번호(ID)를 가지고 있어야 한다. 이들 번호는 운용 중간에 변경되거나 중첩되어서는 안된다.

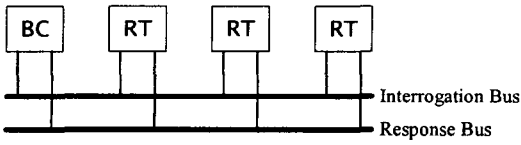


그림 5. OBDH 버스의 기본 구조

(3) 차등신호(Differential Signal)

EMI에 대비하기 위해 차등신호 방식으로 전송되어야 하며 이 방식으로 상호 접속으로 발생된 공통 모드 노이즈(Common Mode Noise)가 제거된다. 차등신호로 동작되는 전송라인에서는 그림 6과 같은 Eye Pattern이 관측된다.

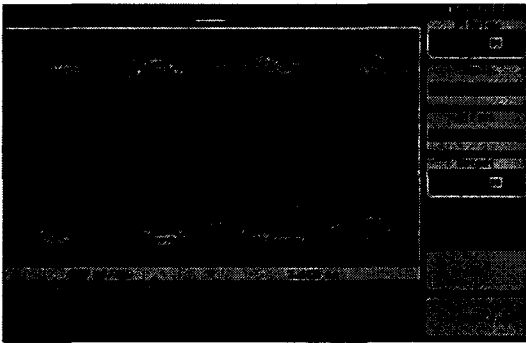


그림 6. 차등신호의 Eye Pattern(출처:Agilent LVDS Appl Note 1382-6)

(4) 프레임 오류 체크

BER(Bit Error Rate)을 낮추기 위해서 ECC(Error Checking Code)가 사용되어야 한다. 현재의 고속화되고 있는 통신속도를 감안할 때 FEC(Forward Error Correction) 방식은 오류시 재전송(Retransmission) 방식보다 비효율적일 가능성이 있다. 패리티(Parity) 또는 CRC(Cyclic Redundancy Check) 코드는 훌륭한 ECC 방법이 될 수 있다. EC(Error Code)는 그림 7과 같이 통신 프레임에 삽입된다.

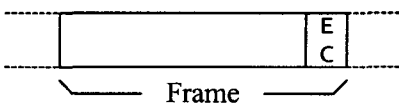


그림 7. 통신 프레임과 EC 코드

(5) 데이터 인코딩(Data Encoding)

비트 '1'과 '0'은 자가 클럭 복원(Self clock recovery)을 위해 그림 8에 나타낸 바와 같이 MIL-STD-1553B 버스와 같은 Bi Phase L 코딩 또는 OBDH 버스와 같

이 Litton 코드 또는 이와 비슷한 특성을 갖는 코드로 인코딩되어야 한다.

(6) 결함 제어(Fault Control)

한 시스템에서 결함이 발생하였을 때 이 결함은 통신 인터페이스를 통해 다른 시스템으로 전파되지 않아야 한다(Fault Confinement or Fault Isolation). 결함 허용 시스템에서 결함이 발생하면 최악의 경우 Backup 시스템으로 기능 전환이 되어 Backup 시스템이 통신버스와 연결되어 그림 9와 같은 알고리즘으로 정상적으로 기능을 수행할 수 있도록 한다[2].

또한 시스템의 결함은 예측 가능한 시간내에 다른 시스템에서 검출 가능해야 한다(Fault Localization within deterministic timeliness). 즉 결함 여부를 즉시 판단할 수 있어야 한다[4]. 그러므로 요구 후 응답 통신(Request/Response) 방식이 적절한 방식으로 볼 수 있다[1]. 그리고 버스상의 Master가 복수개이면 결함 검출과 버스 시스템의 재구성이 복잡해지므로 단일 Master 방식의 버스 방식이 적합하다.

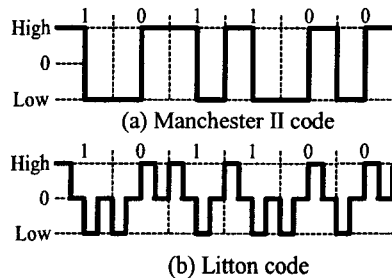


그림 8. 데이터 인코딩 방식

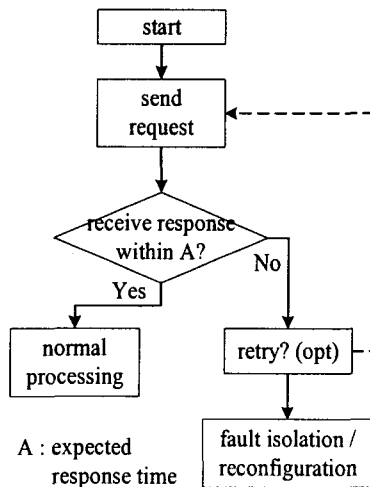


그림 9. 통신 결함 처리 알고리즘

IV. 현존 통신 방식 비교 분석

현재 위성에서 사용되고 있거나 사용 예정 중에 있는 통신방식은 MIL-STD-1553B, OBDH, IEEE-1355, LVDS, FDDI, RS-422 등이 있으며 본 논문에서는 이들외에 ARINC-429, CAN 등에 대해서 결합 허용 시스템과의 접속 편리성과 속도 등을 비교하였다. 이들 통신 방식중 IEEE-1355와 LVDS는 ESA 등에서 "SpaceWire"라고 지칭할 정도로 위성내 고속 데이터 전송을 필요로 하는 장치간의 고속 전송 시스템을 활용될 전망이 매우 높지만 본 논문에서 고려하고 있는 지능성 결합허용 시스템(Intelligent Fault Tolerance System) 간의 제어 데이터 송수신용 버스로는 적합하지 않다.

4.1 통신 방식의 속도 비교

각 통신 방식의 대표적인 통신 속도를 빠른 순서대로 나열하면 아래와 같다.

◆ IEEE-1355(100~200 Mbps, up to 1 Gbps) > LVDS(110~90 Mbps, up to 2 Gbps) > FDDI(100 Mbps) > RS-422(40~10 Mbps) > CAN(1 Mbps) > MIL-STD-1553B(1 Mbps) > OBDH(512 kbps) > ARINC 429(12.5 or 100 kbps)

4.2 통신 방식의 제어성

각 통신 방식의 통신 제어 방식을 결합 허용 시스템 간의 통신 요구사항에 대하여 분석했을 때 우수한 순서대로 나열하면 아래와 같다.

◆ MIL-STD-1553B(one Master와 multi Slave 구조, 비동기 통신) ≥ OBDH(one Master와 multi Slave 구조, 동기 통신) > FDDI(Ring 네트워크) > CAN(Multi-Master 방식) > IEEE-1355(프로토콜을 갖는 Point to Point 방식) > ARINC 429(Point to Point) > LVDS(Point to Point 방식이고 Multi Point/Multi Drop 구조를 갖는 버스로 확장 가능) > RS-422(Point to Point 방식이고 Multi Drop 구조를 갖는 버스로 확장 가능)

현재까지의 경우 지능성 결합 허용 시스템간의 데이터 전송량이 512 kbps 정도면 충분하기 때문에 속도는 통신방식을 결정하는 큰 요인은 아니다. 중요한 것은 결합이 발생했을 때 최대한 빨리 결합을 검출하고 결

합을 효율적인 제거하고 원래 기능을 정상으로 유지할 수 있는 특성이다[4].

V. 결론

본 논문에서는 현재 존재하는 여러 버스 방식들과 위성의 결합 허용 시스템의 통신 성능 요구사항을 바탕으로 하여 결합 허용 시스템간의 이상적인 통신 방안에 대해 기술하였다. 일반적으로 결합 허용 시스템은 OS를 가지고 있는 지능형이며 제어를 위한 통신 체계와 주변 시스템과의 고속 데이터 송수신을 위한 통신 체계를 모두 가지고 있는 추세이다.

본 논문에서 언급한 이상적 통신 방안은 주변 시스템의 제어를 위한 통신 체계에 초점을 맞춘 것이고 MIL-STD-1553B와 OBDH 버스가 적합하다고 판단되었다. 반대로 고속 데이터 전송은 IEEE-1355와 LVDS가 최적의 해법이라고 생각한다.

본 논문은 이들 통신방식의 특징을 간략히 기술하고 본 논문에서 제안한 이상적인 통신 방식과 이들 통신 방식을 비교한 연구결과를 소개함으로써 현재의 항공 및 우주용 버스 통신 기술을 파악하고 향후 위성 또는 항공용 통신 방식을 선정하거나 직접 독자적인 통신 방식을 개발할 때 도움이 될 것이다.

후기

본 연구는 IMT-2000 출연금 기술개발지원사업 중 정보통신 핵심원천기술 개발사업의 일환으로 수행되었으며, 과학기술부의 연구비 지원에 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] Paulo Asterio de C. Guerra, Rogerio de Lemos, "An Idealized Fault-Tolerant Architectural Component", Brazil,
- [2] Ralph E. Barrera, Richard Langley, "Advanced Reconfigurable Communications, Fault-Tolerant Avionics", American Helicopter Society 58th, 2002. 7
- [3] Philip P. Shirvani, Edward J. McCluskey, "Fault-Tolerant Systems in A Space Environment: The CRC ARGOS Project", CRC Technical Report No. 98-2, 1998, 12
- [4] 구철희 외, "위성 탑재 컴퓨터 결합 허용 설계 분석", 한국항공우주학회, 춘계학술대회, pp 519 - 523, 2001