PSTR 기반의 Fault Tolerant Architecture

김준영*, 이근수*, 김두현**
*건국대학교 컴퓨터 정보통신공학과
**건국대학교 인터넷 미디어공학부
e-mail: plaa@konkuk.ac.kr

Fault Tolerant Architecture based on PSTR in Flight Control System

Junyeong Kim*, Keunsoo Lee*, Doohyun Kim**
*Dept of Computer Engineering & Information Technology, Konkuk University
**Dept of Internet and Multimedia, Konkuk University

요 약

최근 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)의 OFP(Operation Flight Program)에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. UAV의 OFP는 경성 소프트웨어 일종으로 Time deadline과 수많은 요인으로 인한 Fault에 대하여 소프트웨어의 높은 신뢰성이 요구가 된다. 본 논문에서는 UAV의 OFP에 대하여 PSTR(Primary-Shadow TMO replication)기반의 fault tolerant Architecture에 대하여 제안을 한다.

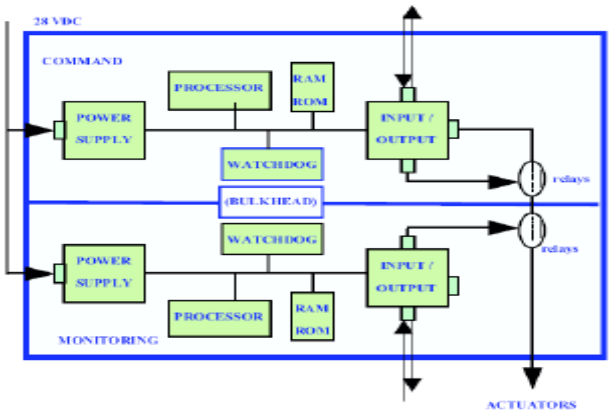
1. 서론

최근 비행기, 헬리콥터와 같은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)에 대한 관심의 증가로 UAV에 대한 OFP(Operation Flight Program)에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 다른 프로그램과 달리 무인 비행체의 OFP는 Time Deadline과 수많은 요인으로 인한 Fault에 대하여 높은 신뢰성을 요구를 한다. 이러한 신뢰성을 보장하기 위하여 본 논문에서는 무인 비행체의 OFP에 PSTR(Primary-Shadow TMO replication)기반의 Fault Tolerant Architecture에 대하여 제안을 한다.

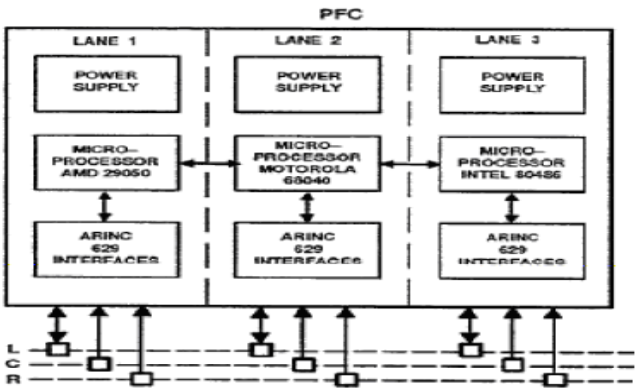
2. 관련 연구

Boeing과 Airbus에서 Fault Tolerant를 지원하는 Flight Control System에 대하여 연구를 하였고, 그림 1[1], 그림 2[2]와 같은 Architecture의 Flight Control System을 사용을 하고 있다.

Boeing과 Airbus에서 사용을 하는 Flight Control System은 독립적인 System에서 연산을 한 결과를 비교 분석을 하여 잘못된 연산의 값을 Fault가 일어났기 때문에 Flight Control System 잘못된 연산을 한 것이라고 판단을 하고 Fault가 발생하지 않은 Flight Control System의 결과 값을 Actuator에 전달을 하게 되는 방식을 취하고 있다. Boeing과 Airbus에서 사용을 하는 Flight Control System은 독립적인 System에서 연산을 한 결과를 비교 분석하여 잘못된 연산의 값을 Fault가 일어났기 때문에 Flight Control System 잘못된 연산을 한 것이라고 판단을 하고 Fault가 발생하지 않은 Flight Control System의 결과 값을 Actuator에 전달을 하게 되는 방식을 취하고 있다.



(그림 1) Airbus basic computer global architecture



(그림 2) Boeing basic computer global architecture

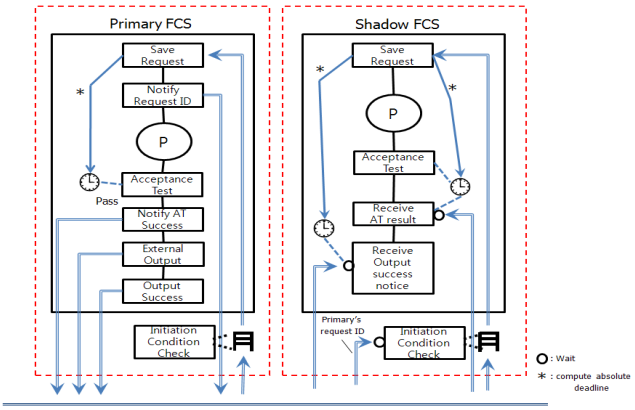
* 본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 WCU 사업(WCU, World Class University)으로부터 지원받아 수행되었습니다. (과제번호:R33-2008-000-10068-0)

그림 1과 그림 2의 Fault Tolerant 방식은 System에서 각각의 처리 과정에 대한 Fault detection하는 것이 아니라 결과 값을 통하여 Fault를 판단을 한다. 하지만 이러한 Fault detection 방법은 정확한 Fault에 대한 대처를 할 수 없다는 단점이 있다. 이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 각각의 처리과정을 세분화고 각 처리과정에 대한 Fault detection을 지원하는 Fault Tolerant Architecture에 대하여 제안을 한다.

3. PSTR 기반의 Fault Tolerant Architecture

본 절에서는 높은 신뢰성이 요구가 되는 UAV에 대하여 Time deadline 측면에서 높은 신뢰성이 제공되는 PSTR(Primary-Shadow TMO replication)[3]을 적용을 한 Flight Control System에 대하여 설명을 한다.

(그림 3)은 본 논문에서 제안을 하는 PSTR 기반의 Flight Control System의 Fault Tolerant Architecture이다.



(그림 3) PSTR based Flight Control System

본 논문에서 제안을 하는 Fault Tolerant Architecture의 표 1과 같이 동작을 하면서 Primary FCS에서 발생을 할 수 있는 Fault에 대하여 Shadow FCS에서 Fault detection을 하게 되고, Fault가 발생하였을 경우에는 Primary FCS를 대신하여 Shadow FCS에서 연산을 담당을 하게 된다.

<표 1> PSTR based Flight Control System 동작 과정

(1) Primary와 Shadow FCS에 같은 Input data가 입력이 된다.
(2) Primary FCS에서는 Input data를 받게 되면 Shadow FCS에 Notice를 보낸다. Shadow FCS에서 Notice를 받지 못하게 되면 Primary FCS에서 Input data를 받지 못하였다고 판단을 하고 Primary FCS에서 Fault가 발생하였다고 인식을 하게 된다.
(3) Primary FCS와 Shadow FCS에서 Input data로 연산을 마친 후 Shadow FCS로 AT Success Notice를 보내게 되고 Notice를 받은 Shadow FCS는 Primary FCS의 연산에서 compute absolute deadline이 지켜졌는지를 판단을 하게 된다. 만약 deadline이 지켜지지 않았으면 Shadow FCS는 Primary FCS에서 Fault가 발생하였다고 인식을 하게 된다.
(4) Primary FCS는 연산의 결과값을 Output으로 출력을 하게 되고 이 후 Shadow FCS에게 Output Success에 대한 Notice를 보내게 된다. Shadow FCS에서 Notice를 받지 못하게 되면 Shadow FCS는 Primary FCS에서 Fault가 발생하였다고 인식을 하게 된다.

4. 결론

Boeing과 Airbus의 Global Architecture는 Replication Check[4]의 일종으로 본 논문에서 제안을 하는 PSTR(Primary-Shadow TMO replication) based Fault Tolerant Architecture와 비슷한 측면이 있다. 하지만 Boeing과 Airbus의 Global Architecture는 Input이나 연산 과정에서의 Time deadline측면을 고려하지 않는다. Airbus의 Global Architecture는 Command와 Monitoring에서의 결과 값은 비교를 하여 Fault를 판단을 하게 된다. 비슷한 방법으로 Boeing의 Global Architecture에서는 Triple Modular Redundancy(TMR)[4]기법을 통하여 각 시스템에서의 결과에 대하여 비교를 판단을 하게 된다.

반면에 본 논문에서 제안을 하는 PSTR(Primary-Shadow TMO replication) based Fault Tolerant Architecture는 Boeing과 Airbus에서 사용을 하는 Replication Checks[4]기법과 Input과정부터 결과를 내는 과정까지를 세분화하고 각 과정에 대한 Timing Checks[4]기법을 적용을 하여 세부과정에서의 Fault를 detection을 할 수 있기 때문에 더욱 정교하고 정확하게 Fault에 대하여 대처를 할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] D. Brière, and P. Traverse, “Airbus A320/A330/A340 electrical flight controls – a family of fault-tolerant systems”, Proc. 23rd IEEE Int. Symp. On Fault-Tolerant Computing (FTCS-23), Toulouse, France, pp. 616 – 623, 1993.

[2] Yeh Y.C., "Triple-Triple Redundant 777 Primary Flight Computers", Proceedings IEEE Aerospace Applications Conference, Aspen, CO, USA, 3-10 fevrier 1996, pp. 293 – 307, 1996

[3] K.H.(Kane) Kim, Chittur Subbaraman, "The PSTR/SNS Scheme for Real-Time Fault Tolerance via Active Object Replication and Network Surveillance", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol .12, no. 2, pp. 145 – 159, 2000

[4] Pankaj Jalote, "Fault Tolerance in Distributed Systems", Prentice-Hall, Inc., A pearson Education Company, 1998.