

결함을 고려한 CAN기반 네트워크의 Utilization 분석

이호진^o 박기진

아주대학교 산업공학부

gumany@ajou.ac.kr, kiejin@ajou.ac.kr

Analysis of The Utilization in CAN-based Network with Fault

Hojin Lee^o Kiejin Park

Industrial Engineering, The Graduate School of Ajou University

임베디드 제어시스템이란 미리 정해진 특정한 기능을 수행하기 위하여 하드웨어와 소프트웨어를 조합한 시스템을 말하며, 응용 프로그램에 따라 여러 기능을 수행할 수 있는 기존 컴퓨터(예:PC)와는 구별되는 '내장된' 시스템의 성격을 가진다. 이러한 임베디드 제어 시스템은 프로세서(ECU), 센서, 액추에이터 및 소프트웨어 등으로 구성되어 있으며, 분산성(Distributed), 실시간성(Real-Time)과 같은 제어 특성을 지니고 있다.

최근 각광을 받고 있는 CAN(Controller Area Network) 프로토콜은 자동차 등의 임베디드 제어 시스템에서 사용되고 있는 프로토콜의 일종이며 최고 1Mbps의 높은 대역폭과 낮은 지연시간을 특징으로 하고 있다. CAN은 초기에 자동차 산업에서 주로 사용된 프로토콜이었으나 고 신뢰 커뮤니케이션이 필요로 하는 다른 분야에서도 메시지 Delay 예측, 우선순위 기반의 정책,싼 가격 등의 장점을 바탕으로 광범위하게 사용하게 되었다.[1]

임베디드 시스템 네트워크 있어서 Utilization 을 분석 개선하는 방법으로는 시스템을 완전히 구축한 후 실제 측정된 값을 개선해 나가는 것이 가장 정확한 방법이다. 하지만 이는 비용적인 면에서 지불해야 할 대가가 크며, 시스템의 다양한 설계변화에 대응할 수가 없다. 더군다나 임베디드 시스템의 경우 소프트웨어만으로 진행되는 서비스와는 다르게 고가의 하드웨어 장치들이 연관되어 있어 잘못된 설계로 인한 효율이 낮은 시스템이 구축될 경우 지불해야 할 비용이 너무 크다. 시스템의 Utilization 분석을 위해서 효율적인 방법은 이들을 분석하기 위한 모델을 제시하고 이를 검증하고 활용할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 입력 값의 변화를 통한 출력의 확인을 미리 할 수 있게 하는 것이 최선이며, 저 비용 분석 방법이라고 할 수 있다. 자동차와 로봇과 같은 임베디드 제어 시스템 영역에서 점차 실시간 메시지 처리의 수요가 증가하고 있어 CAN의 수요가 증가하고 있지만 지금까지 결함이 고려된 CAN 기반의 Utilization 분석이 연구된 적은 없었으며 이에 본 논문에서 결함이 고려된 CAN 프로토콜 분석모델을 제시하였다.

기존에 CAN 기반 Utilization 분석은 제한적으로 이루어졌다. [2]에서는 CAN 네트워크를 구성하는 노드 수와 각 노드마다 발생하는 메시지 수를 정의한 후 그 메시지의 전달 상태를 모델링 하였으며 Utilization 에 관한 주목할 만한 분석 결과 값을 제시하였다. 하지만 메시지 전달 과정에서 결함이 발생하지 않는다는 가정 하에 Utilization 을 구하였기 때문에, 안정적인 환경이 아닌 열악한 환경에서의 메시지 전달 과정에서 결함이 발생할 경우 대처가 어렵다.

결함을 고려한 Utilization 분석 모델을 제시하기 위해 우선 메시지, 네트워크 각각의 결함을 정의하였으며 이를 통해 Basic CAN에 대한 분석결과를 제시하였다. 메시지 결함은 Repeated Message, Lost Message, Insert Message, Renumbered Message, Falsified Message, Delayed Message 등으로 정의하였으며 네트워크 결함으로는 Stuck at Node Fault, Shorted medium Fault, Medium partition

Fault, Babbling-idiot Fault 등으로 정의하였다. 이 중 네트워크 결함의 경우 네트워크 자체의 문제가 생기면 메시지 Utilization 도출 자체가 불가능하므로 분석모델에서 고려하지 않았으며 메시지 결함만을 고려하여 메시지 Utilization 을 연구하였다.

분석모델 도출을 위해서 메시지의 상태 다이어그램을 정의하였다. 메시지 상태는 Idle, Active, Fault 의 세 상태로 정의 하였으며 각각의 상태로의 변화 확률을 메시지 발생률(r), 메시지가 Station에서 가장 높은 우선순위를 가질 확률(P), 메시지가 버스를 점유할 확률(R), 메시지가 결함이 발생할 확률(F), 결함을 검출할 확률(D)의 다섯 가지의 조합으로 정의하였다. 상태의 정의와 변화에 대한 확률을 표현한 다이어그램으로부터 Markov Chain을 이용하여 Idle상태에서의 상태 평형 확률(q_I), Active 상태에서의 상태 평형 확률(q_A), Fault상태에서의 상태 평형 확률(q_F) 과 메시지 별 Station 내에서의 우선순위 점유 확률(P_i), 메시지별 버스 점유확률(R_i)을 구하였다. 이를 통해 메시지 별 Utilization 분석 모델 S_i 을 도출 하였으며 이는 Idle상태에서 메시지가 발생되어 전송되는 확률과 버퍼에서 대기상태에 있던 메시지가 전송되는 확률의 합($S_i=rPRq_I+PRq_A$)으로 나타낼 수 있다. 이 분석모델은 메시지 발생률(r), 결함 발생률(F), 결함 검출율(D) 등에 대한 설정을 다르게 할 수 있는 모델로서 기존의 분석 모델보다 확장된 모델이다.

분석 모델의 설정 값을 변경하며 다양한 성능평가를 하였다. 성능평가를 위해서 세 가지의 가정을 하였으며 가정은 다음과 같다. 1) 네트워크에서 결함 발생률(F)과 결함 검출율(D)은 메시지에 따라 변하지 않고 모든 메시지에 동일하다. 2) 결함 검출율(D)로 인해 검출된 메시지는 모두 Idle 상태로 변화된다. 3) 메시지 우선순위가 역전하는 우선순위 역전현상은 발생하지 않는다. 메시지 하나하나의 결함 발생률(F)과 결함 검출율(D)은 메시지 수와 순서에 영향을 받지 않으며 검출된 메시지는 모두 재전송 요청이 이루어져 Idle 상태로 변화하게 된다. 성능분석의 간결함을 위해서 메시지 할당은 Station에 연속적으로 할당하게 함으로써 우선순위가 낮은 메시지가 우선순위 가 높은 메시지보다 우선적으로 버스를 점유하는 우선순위 역전현상을 방지한다. 모델을 통하여 r 값, F 값, D 값 등을 조절하여 주어진 각 메시지 Identifier 별 Utilization 을 구하였다.

메시지 발생확률(r)에 따른 메시지 Identifier별 Utilization ($F=0.0001$, $D=0.99$), 메시지 결함 발생확률(F)에 따른 메시지 Identifier별 Utilization ($r=0.075$, $D=0.99$)의 두 가지 설정에 따른 Utilization을 구하였다. 두 가지 모두 다 메시지의 우선순위가 감소함에 Utilization의 감소가 이루어짐을 확인 하였다. 결함 발생률(F), 결함 검출율(D)의 변화가 Utilization 변화에 큰 변화를 미치지 못하나 미세한 차이가 치명적 결과를 초래할 수 있는 Safety-Critical한 문제에 있어서 시스템 결함 발생률(F), 결함 검출율(D) 등에 대한 설정 가능한 시스템 설계 단계에서 큰 도움을 줄 수 있다.

참고 문헌

- [1] "M. Farsi and K. Ratcliff, " An Overview of Controller Area Network," Computer&Control Engineering Journal, Vol. 10,No. 3, pp. 113-120, 1999.
- [2] L. Sevillano and A. Pascual, "Analysis Channel Utilization for Controller Area Networks," Computer Communications, Vol. 21,No. 16, pp. 1446-1451, 1998.