CASE-Tool을 이용한 전장시스템의 네트워크 설계

김진우¹⁾ · 강동구¹⁾ · 이우택^{*2)} 손 준 우³⁾ 이 선 봉³⁾

창원대학교 제어계측공학과 대학원¹⁾·창원대학교 제어계측공학과²⁾ 대구경북과학기술연구원³⁾

Design the network of the body system using the CASE-Tool

Jinwoo Kim¹⁾ · Donggu Kang¹⁾ · Wootaik Lee^{*2)} · Joonwoo Son³⁾ · Seonbong Lee³⁾

Abstract: This paper proposes to design the network of the body system using the CASE(Computer-aided Software Engineering)-Tools which are used in the network domain and the control domain. A current body system has been implemented a lot of advanced functions(e.g., Easy Access) for the customer's convenience on a distributed system. Designing the network-based body system is even more complex because of various features, the use of the network and the variation of the requirement. Therefore, it is necessary designing of a body system to analyze exactly components of the network-based system(e.g., OSEK COM, OSEK NM) and to detect errors of designed functions in the first stage of development. Such problems can be solved by use of the CASE-Tool simulation. This paper describes basic components of the network-based system and a Co-Simulation method that use network-based and control-based CASE-Tools.

Key words: CASE-Tool (Computer-aided Software Engineering), OSEK COM(Communication), OSEK NM (Network Management)

1. 서 론

전장 시스템은 사용자의 편의, 다양한 요구에 의해 많은 기능들이 증가하는 추세이며 네트워크의 도입으로 Easy Access와 같은 능동형 및 지능형 기능의 구현이 가능해졌다. 네트워

크의 사용으로 전장시스템 기능 구현의 자유도는 증가하였지만 개발 과정의 복잡성 역시 증가하게 되었다. 이러한 추세는 개발 초기과정에서 시스템의 정확한 분석과 사양서의 오류 분석 및 설계의 오류를 분석하는 것이 필요하다. 특히 네트워크 기반 시스템은 시스템 레벨에서의설계방식이 필요하다. 이러한 개발 방식은 개발 초기에 다양한 관점에서 분석을 해야 한다. 개발 초기의 분석은 다양한 CASE (Computer-

¹⁾ Graduate school, Department of Control & Instrumentation Engineering, Changwon National University, Sarim-Dong 9, Changwon-si, Kyungsangnam-do, 641-773, Korea

^{*2)} Department of Control & Instrumentation Engineering, Changwon National University, Sarim-Dong 9, Changwon-si, Kvungsangnam-do, 641-773, Korea

³⁾Department of Mechatronics, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology, 110 Ducksan-dong, Jung-gu, Daegu, 700-742, Korea

^{*} 이우택, E-mail: Wootaik@sarim.changwon.ac.kr.

aided Software Engineering)-Tool을 사용한 시뮬레이션은 다양한 오류를 사전에 예방하며 품질 개선 및 설계된 기능의 검증을 통해 개발기간의 단축을 가져 올 수 있다. 지금의 CASE-Tool들은 특정 영역에 적합한 형태로 나오고 있다. 하지만 시스템 레벨에서의 개발은 다양한 영역을 고려하여 설계되어야 한다. 그러므로하나의 CASE-Tool에 의존하지 않고 여러 가지 CASE-Tool에 의한 Co-Simulation하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 전장 시스템의 네트워크 설계 요소를 분석하고 분류하며 그에 근거하여 전장 시스템을 설계(e.g., window control, seat control, memory seat)한다. 그리고 컨트롤 영역에서의 CASE-Tool(e.g., Matlab)과 네트워크 영역에서의 CASE-Tool(e.g., CANoe)의 Co-Simulation 방법을 소개한다.

2. 네트워크 기반 전장 시스템의 설계

네트워크 기반 전장 시스템을 설계하기 위해서 네트워크 컴포넌트와 응용프로그램 통신 방법의 특성을 분석하고 특징을 분류한다.

2.1 네트워크 시스템의 컴포넌트

바디 네트워크 시스템의 컴포넌트는 OSEK COM(Communication), OSEK NM(Network Management)으로 구성이 된다.

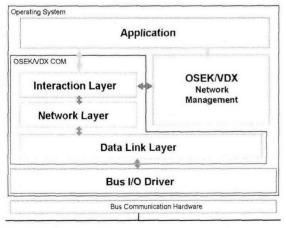


Fig. 1 Architecture of the network system

Fig 1에서는 바디 시스템의 계층화된 소프트웨어 구조를 나타내고 있다. OSEK COM은 응용프로그램에서 네트워크를 사용하여 메시지를전달하기 쉽도록 Data Link Layer, Bus I/O Driver의 추상화를 제공한다. OSEK NM은 네트워크의 운영을 위한 다양한 서비스를 제공함으로 네트워크 시스템의 신뢰성을 보장한다. 이러한 표준들에 의해 응용프로그램 개발자는 네트워크를 통한 통신과 네트워크 운영에 대한 부담을 줄여 기능에만 집중할 수 있다.

2.1.1 OSEK COM(Communication)

CAN 기반 네트워크 통신은 데이터 길이가 8바이트인 메시지를 보낸다. 이러한 메시지는 여러 가지 시그녈로 구성이 된다. 즉 하나의 메시지에 여럿 의미를 담은 시그녈들로 구성됨으로 네트워크 사용량의 효율을 가져왔다. 하지만시그널들은 서로 독립적인 객체이며 응용프로그램에서 각각의 시그널을 관리하여야 해야 한다. 그 만큼 응용프로그램은 복잡해진다. OSEK COM은 응용프로그램에서 시그널 객체를 사용하여 통신하도록 도와주며 복잡한 통신 방법의 추상화를 제공하여 응용프로그램의 통신에 대한 복잡성을 줄여준다.

Table. 1 Attribution of signal

Attribution of Signal	Description
Direct Transmission mode	특정 트리거 신호에 의해 메 시지를 보낸다.
Periodic Transmission mode	주기적은 시간 $T_{Periodic}$ 마다 메시지를 보낸다.
Mixed Transmission mode	주기적인 시간 $T_{Periodic_Mix}$ 마다 메시지를 보내면 트리거 신호에 의해서도 메시지를 보낸 다.

Table 1은 OSEK COM의 시그녈 속성을 나타내고 있다. 이러한 속성을 고려하여 네트워크를 설계하여야 한다.

네트워크의 설계는 기능에 적합한 시그널의

속성과 사이즈를 선정하는 문제를 가지고 있다. 있으며 응용프로그램의 통신 방법 중 가장 많이 주기적인 시그널만을 사용할 경우 네트워크 부 하가 올라가서 시그널 전달의 지연이 발생 할 수 있다. 이벤트 속성으로 사용 할 경우 시그녈 의 손실에 대비하여 큐를 사용하여야 하며 이 경우 얼마큼의 큐를 사용할건지가 문제가 된다. 즉 네트워크 설계시 적합한 시그널의 속성 선정 이 중요하다.

2.1.2 OSEK NM(Network Management)

시스템에서 네트워크의 의존도가 증가하면서 그만큼 네트워크의 신뢰성이 중요하게 되었다. 특히 CAN 프로토콜은 babbling idiot 문제를 가지고 있으며 이러한 문제는 CAN 네트워크 기 반 시스템의 치명적인 문제를 야기한다1). 이러 한 문제를 해결하는 방법은 에러를 카운터 하여 일정 값 이상인 경우 Fail Silent Method을 사 용한다. Fail Silent Method는 지역의 문제가 전체의 문제로 확산되는 것을 막기 위해 문제가 있는 부분은 더 이상 네트워크에 참석시키지 않 는 방법이다. OSEK NM에서는 이러한 기능뿐 아 니라 다음의 기능을 제공한다2).

- 1) 네트워크 통신의 초기화 : 각각의 노드는 고유의 주소를 가지고 네트워 크를 구성한다
- 2) 네트워크 구성의 모니터링 제공: 현재 네트워크를 구성하는 노드의 상태를 모 니터링 하며 상태정보를 제공한다.
- 3) 지역과 전역 운영 모드의 관리: 네트워크의 재구성 및 전체 네트워크의 Sleep mode와 Wake up mode를 제공한다.
 - 4) 네트워크 진단 기능 제공: 자신의 네트워크 상태를 진단한다.

2.2 응용프로그램의 통신 방법

응용프로그램에서 시그널 객체를 통한 통신 방법은 두 가지로 나누어진다. 첫 번째는 Sender/ Receiver 방법이다. Fig 2에서 나타내 듯 노드 A가 sender가 되며 노드 B가 Receiver 가 되어 노드 B는 일방적으로 노드 A의 시그널 을 받는다. Sender/ Receiver 방법에서의 시그 널 속성은 periodic, event, mix를 사용 할 수 사용하는 방식이다.

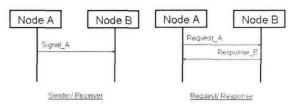


Fig. 2 Communication methods of the application domain

두 번째는 Request/Response 방법 또는 Client/ Server 방법이라고도 한다. 노드 A가 노드 B에게 요청하는 시그널을 보내며 노드 B는 그에 대한 응답 시그널을 보내는 방법이다. Request/ Response 방법에서의 시그널 속성은 Event이다.

응용프로그램에서 기능을 설계할시 기능에 적합한 통신 방법 고려하여야 하며 특히 Request/Response 통신 방법인 경우 Response 의 처리가 중요하다. Response의 처리 방법은 동기적, 비동적 방법으로 나누어진다.

3. CASE-Tool를 이용한 설계

복잡한 시스템을 개발함에 있어 초기에 기능 을 분석하여 기능의 오류를 제거함이 필요하다. CASE-Tool을 사용하므로 개발 초기에 발생하는 오류를 제거하고 요구상항에 적합성을 빠르고 쉽게 검증할 수 있다. 특히 전장 시스템에 분산 된 기능들이 들어오면서 시스템의 복잡성이 증 가하며 시스템 레벨에서의 설계가 필요 되어진 다.

본 논문에서는 두 가지의 CASE-Tool이 사용 되었다. 첫 번째는 응용프로그램(e.g., 제어 기)을 위한 Mathworks사의 Matlab를 사용하였 다. 두 번째는 네트워크 컴포넌트를 위한 Vector사의 CANoe를 사용하였다.

Matlab/Simulink는 시스템을 모델링하기에 적합한 많은 기능을 제공한다. 하지만 네트워 크 시스템에서는 복잡한 네트워크 컴포넌트를 모델링 하여야 한다. 특히 표준에 근거한 네트 워크 컴포넌트를 모델링 하는 것은 상당한 노력 이 들어간다. 그래서 네트워크 시스템의 모델 링은 CANoe/CAPL을 사용하여 모델링 하는 것이 정확하고 효과적이다. 하지만 CANoe/CAPL 에서 는 응용프로그램을 모델링 하는 것이 힘들다.

네트워크 기반 전장 시스템을 효과적으로 시 뮬레이션 하기위해서는 Matlab/Simulink과 CANoe/CAPL의 Co-Simulation이 필요하다.

3.1 Co-Simulation의 구성

네트워크 기반 전장 시스템의 Co-Simulation 구성은 Fig3에서 나타내고 있다.

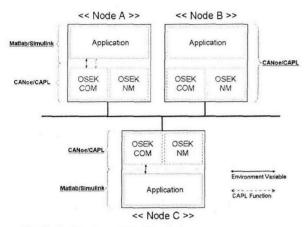


Fig. 3 Architecture of Co-Simulation

Fig 3에서의 실선은 Matlab/Simulink에 의해 모델링되어 시뮬레이션된다. CANOE/CAPL에 의해 모델링 되며 시뮬레이션이 된다. 이들 둘간의 인터페이스는 CANoe의 환경 변수와 CAPL의 함수에 의해 통신이 된다. Co-Simulation 운영 방식에서는 두 가지 방식으로 나누어진다. 첫 번째는 Matlab과 CANoe의 병렬 적 시뮬레이션 방법이다. 두 번째는 Matlab/ Simulink에 의해 모델링 된 응용프로그램을 Matlab/Real-Time workshop을 통해 DLL (Dynamic Link Library)으로 생성한 후 CANoe에서 사용하는 방식이 있다. 특히 두 번째 의 방식은 CANoe을 이용한 HILS(Hardware In the Loop Simulation)에서 사용되어진다.

3.1.1 네트워크의 시뮬레이션

CANoe에서는 CAN DB(Data Base)을 통해 네 트워크의 구성과 각 컴포넌트의 속성, 메시지 와 시그널의 정의와 속성을 설계한다. CAN DB을 통해서 CANoe에서는 시뮬레이션 환경을 구성하며 CAPL을 통해서 각 노드의 IL (Interaction Layer), NM의 동작을 모델링하며 응용프로그램을 모델링 한다. 네트워크의 시뮬레이션을 통해서 네트워크 기반 전장 시스템의 네트워크 특성을 분석하며 설계 요소를 파악한다. 그리고 효과적인 메시지의 정의와 시그널의 할당을 검증한다. 그리고 OSEK NM을 통해 네트워크 운영 전략을 분석한다.

3.1.2 응용프로그램의 시뮬레이션

Matlab에서는 각 노드의 응용프로그램을 모델링하며 시뮬레이션하여 요구상항의 적합성 또는 기능의 오류를 사전에 발견하여 제거한다. 응용프로그램의 시뮬레이션을 통해 검증된 기능들은 Matlab에서 제공하는 Real-Time Workshop을 통해 실제 사용될 바이너리 오브젝트 또는 코드로 생성되어 설계 단계와 적용 단계를 바로 연결 할 수가 있다.

4. 설계의 적용사례

4.1 전장시스템의 설계

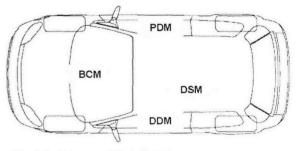


Fig. 4 Architecture of Body System

Fig 4에서는 Co-Simulation을 수행하기 위한 전장시스템의 구성이다. 전장 시스템의 구성은 BCM(Body Control Module), DDM(Driver Door Module), PDM(Passenger Door Module), DSM(Driver Seat Module)로 구성한다.

Table 3은 전장 시스템의 요구사항이 된다. 이러한 요구 사항에 따라 Table 4에 나타난 것 과 같이 각 노드에 기능을 할당 하며 네트워크 의 설계 요소를 선택한다.

Table. 3 Feature Requirements

Feature	Description		
Window	운전자석과 보조석 창문의 UP/DOWN 제		
Control	어를 한다.		
Driver	운전자석 시트의 Forward/Backward 제		
Seat	어와 등 받침의 Forward/Backward제어를		
Control	한다.		
Memory	운전자석 시트와 등 받침의 위치를 기		
Seat	억시키며 기억된 위치로 제어한다.		

Table. 4 Attribution of Network Design

Feature	OSEK COM Attribut ion	Communicati on Method	Alloca ted Node
Window	Periodic	Sender/Recei	DDM,
Control		ver	PDM
Memory	Event	Sender/Recei	BCM,
Seat		ver,Request/	DSM
		Response	
Driver			DSM
Seat	\times	\times	
Control			

4.2 전장 시스템의 Co-Simulation

4.2.1 시뮬레이션의 구조

시뮬레이션의 구조는 Fig 5에서 나타내고 있

다. 각각의 응용프로그램은 Matlab/Simulink와 Matlab/Simulink/Stateflow로 모델링 하며 각제어 대상(Plant)역시 모델링 한다. 네트워크의 설계요소와 컴포넌트는 CANoe/CAPL에 의해모델링 된다.

모델링 된 응용프로그램과 제어 대상은 DLL 로 생성되어 CANoe에서 사용되어진다. 그래서 Fig 5와 같은 구조로 Co-Simulation을 하였다.

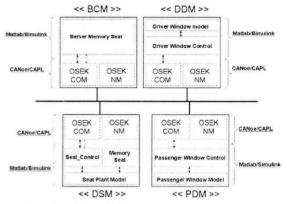


Fig. 5 Simulation Architecture

Fig 6은 제어기의 모델을 나타내고 있다. 각각의 제어기는 Matlab/Simulink/Stateflow을 사용하여 모델링 하였다. 그리고 각 플랜트(e.g., Window, Seat)는 간단한 DC 모터를 모델링하여 사용하였다. Matlab은 CANoe와의 인터페이스를 위해 환경 변수와 CAPL 함수를 사용하였다.

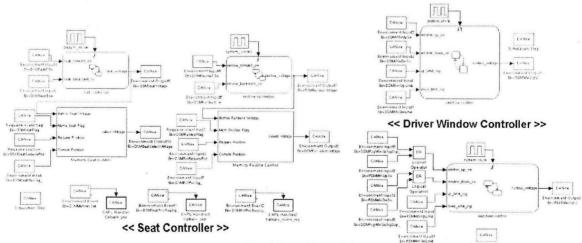


Fig. 6 Controller models

<< Passenger Window Controller >>

Fig 7에서는 사용자의 입력과 제어대상의 동작을 볼 수 있는 UI(User Interface)을 나타을 나타내고 있다.

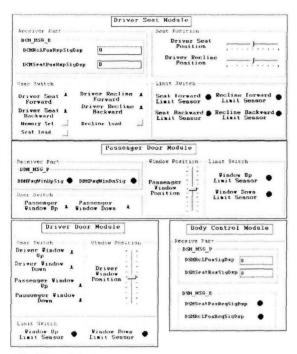


Fig. 7 User Interface

4.2.2 시뮬레이션의 결과

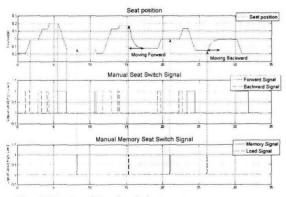


Fig. 8 Results of the simulation

Fig. 8은 Memory Seat기능의 결과를 나타내고 있다. 매뉴얼 스위치(Forward Signal, Backward Signal)를 사용하여 시트의 위치를 결정하고 메모리 스위치(Memory Signal)를 통해 현재 시트의 위치를 BCM에게 전달한다. 로드

스위치(Load Signal)를 통해 기억된 시트의 위치를 네트워크를 통해 받은 후 해당 위치로 이동한다. Fig. 8에 나타나듯 Co-Simulation을 통해 요구사항에 적합한 기능 설계와 네트워크의 설계를 평가하고 검증 하였다.

5. 결 론

전장 시스템의 네트워크의 도입으로 기능의자유도는 증가 하였지만 설계의 복잡성 역시 증가 하였다. 개발 초기에 기능의 오류 발견은 전체 시스템 개발 과정에서 더욱 중요하게 되었다. CASE-Tool을 통해 시스템을 분석하며 설계의오류를 개발 초기에 발견 할 수 있었다. 그 뿐아니라 설계의 요소에 적합한 CASE-Tool들 간의 Co-Simulation을 통해 더욱 정확하고 현실성 있는 시뮬레이션을 수행 하였다. CASE-Tool을 사용하여 네트워크 기반 전장 시스템의 개발함으로 시스템의 특성을 정확히 쉽게 분석할 수있었다.

References

- 1) Jinwoo Kim, Wootaik Lee, Jounwoo Son, "Research on a design of OSEK-NM-based Body System", Transaction of KSAE, Vol 2,No.1,pp.1237-1242,2005
- 2) Bruce Emaus, "Introduction to OSEK Network Management", SAE 2000 World Congress, 2000-01-0384
- 3) Bruce Emaus, "Basic Introduction to OSEK Communication COM", SAE 2000 World Congress, 2000-01-0383
- 4) Ralf Hadeler, Hans-Jorg Mathony, "Design of Intelligent Body Network" . SAE 2000 World Congress, 2000-01-0152
- 5) Yibing Dong, Salim Momin, "In-Vehicle Communication Network Modeling and Simulation Environment-A Tool to Study the Vehicle Network Architecture and Vehicle EE System Architecture" SAE 2002 World Congress, 2002-01-0446