통신기반 안전과 차량 클라우드 컴퓨팅을 지원하는 스마트카 소프트웨어 플랫폼 아키텍처

Software Platform Architecture for Smartcar Connected Safety and Vehicular Cloud Computing

홍성수

Seongsoo Hong

요약

차량 소프트웨어 플랫폼 환경 속에서 다중 센서와 전자 장치들을 지능적이고 유기적으로 상호작용시켜 운전자에게 안전과 편의성을 제공하는 것이 자동차-IT 융합의 목적이다. 이때 필요한 대표적인 차량 전자 기술이 지능형 안전과 인포테인먼트이다. 이들 분야에서 요구되는 기술의 복잡도와 완성도는 매우 높아서 다양한 형태의 지능 제어 알고리즘들을 개발하고 통합하는 것이 필요하다. 불행히도 이런 고도의 시스템을 지원하기 위한 소프트웨어 플랫폼의 기본 아키텍처와 개념이 아직 정립되지 못하고 있다. 본 논문에서는 미래 스마트카를 위한 지능형 안전 제어 시스템과 인포테인먼트 시스템을 설계하여 개발하는데 있어 예상되는 기술적 문제점을 분석한다. 이어서, 이를 해결하는 두 종류의 통합 가능한 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 첫째가 스마트카를 위한 통합 제어 알고리즘 플랫폼이다. 이는 차량의 통신기반 안전을 구현하는 일련의 인공지능 소프트웨어와 이들의 수행 환경이다. 이 플랫폼은 다양한 차량 네트워크를 활용하여 IT 정보를 차량 제어 시스템에 연동시켜 안전 제어 기술의 고 지능화를 추구한다. 둘째가 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼이다. 이를 통해 다양한 컨텐츠가 차량으로 끊임없이 서비스 되는 환경을 제공한다. 이를 설계하는 과정에서, 차량용 소프트웨어 플랫폼 난립의 문제를 극복하고, 차량 인포테인먼트 시스템에 심각한 제약이 될 수 있는 무선 망의 불안정성과 대역폭의 포화 문제를 효과적으로 해결하고자 한다. 이를 위해, 웹 응용 기반의 플랫폼과 차량 클라우드 캐시를 각각 제안한다.

주제어: 스마트카, 차량 클라우드 컴퓨팅, 지능형 안전제어, 소프트웨어 플랫폼

Abstract

The objective of recent vehicle-IT convergence is to provide safety and convenience for drivers by integrating multiple intelligent sensors and electronic devices in the vehicular software platform environment of a smartcar. Two key enabling electronic technologies for smartcars are intellignent safety and infotainment. Since these are subject to an extremely high level of technical complexity and completeness, it is necessary to develop and integrate various types of intelligent vehicular control algorithms. Unfortunately, software platform architecture and associated mechanims for such intelligent control algorithms have not been established yet. In this paper, we analyze technical challenges that arise in designing and developing intelligent safety and infotainment systems for future smartcars. We then present two software platforms that effectively address such technical challenges. The first is an intergrated control algorithms platform. It consists of the implementation of various connected safety algorithms for smartcars and an operating environment. The platform makes use of various vehicular networking technologies to provide vehicle control systems with a variety of contextual and location aware information. The second is a vehicular cloud computing platform. It allows for seamless services of diverse media contents inside a smartcar. When designing such a platform, we aim to overcome a problem caused by a fragmented automotive infotainment software platform market and the problem of network instability and insufficient wireless network bandwidth. They are serious constraints that will be imposed on future vehicular infotaiment systems. In doing so, we propose a web application-based platform and in-vehicular cloud cache to respectively address each of the problems.

Keywords: Smart car, vehicular cloud computing, intelligent safety control, software platform

홍성수: 서울대학교 전기컴퓨터 공학부, 융합과학기술대학원 지능형융합시스템 학과, 차세대융합기술원

I. 서론

자동차 산업이 과거에는 디자인, 연비, 성능, 내구성과 같은 기계 공학적 기술에 기반을 두고 있었지만, 최근에는 IT 정보와 첨단 안전 기능의 융합을 통한 스마트카 개발에 큰 중요성을 두고 있다. GM Motors 와 Google, Toyota 와 Microsoft (Goldman 2011) 등 전통적인 차량 제조 업체와 첨단 IT 업체간의 협력 사례들은 이러한 동향을 잘 반영하고 있다.

첨단 IT 기술, 특히 소프트웨어 플랫폼을 기반으로 차량의 센서와 전자 장치가 지능적이고 유기적으로 상호작용하여 운전자에게 안전과 편의성을 제공하는 것이 자동차-IT 융합의 목적이 있다. 이를 달성하는데 있어 가장 밀접하게 관련이 있는 전장 분야가 지능형 안전 시스템과 인포테인먼트 시스템이다. 이를 입증하듯, 국내외의 많은 연구자들이 이들에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다(Buehler 2009, Markoff 2010). 최근 자동차-IT 융합의 기술 동향과 미래 전망을 보면 스마트카의 발전 방향과 비전이 고 지능화된 안전 시스템과 인포테인먼트 시스템에 있음을 알 수 있다 (윤대섭 외 2009). 그러나 전통적 전장 제어 시스템에 비해 아직까지는 이들에 대한 높은 수준의 요구사항에 대응할 기술적 성숙도가 낮고 해결되지 않은 문제가 산재하다.

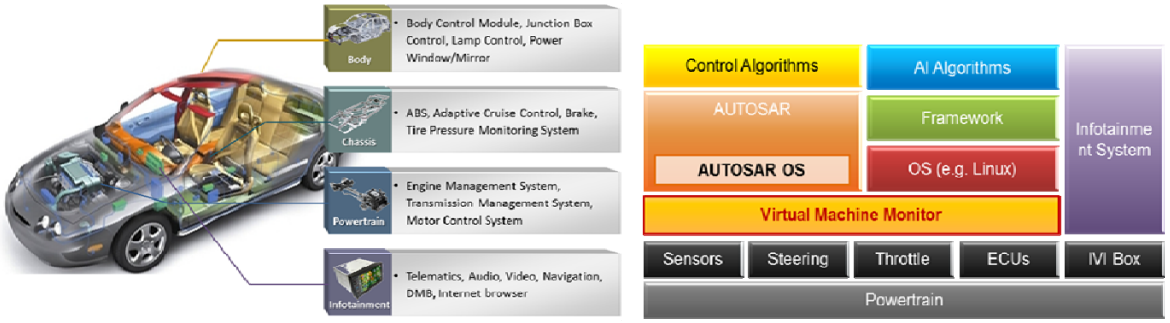
본 논문은 스마트카 지능형 안전 제어 시스템과 인포테인먼트 시스템을 설계하여 개발하는데 있어, 예상되는 기술적 문제점을 분석하고, 이를 해결하기 위한 두 종류의 통합 가능한 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 첫째가 스마트카를 위한 통합 제어 플랫폼이다. 이는 차량의 통신기반 안전을 달성하기 위한 일련의 인공지능 소프트웨어와 이를 위한 수행 환경을 제공한다. 이 통합 제어 플랫폼은 네트워크를 활용하여 기존의 안전 제어 시스템 기술과 교통, 환경, 날씨, 지도 등의 IT 정보와 연동함으로써 안전 제어 기술의 고 지능화를 추구한다. 주행 위험 인지, 지능 주행, 최적 주행 경로 생성, 그리고 운전자 주행 패턴 분석 알고리즘 등이 통합 제어 플랫폼에 의해 제공된다.

둘째가 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼이다. 최근 IT 분야에서 가장 주목 받는 핵심 기술인 클라우드 컴퓨팅을 통하여 사용자는 음악, 메일, 문서, 신문, 동영상 등과 같은 컨텐츠를 차량을 포함한 모든 공간에서 연속적으로 서비스 받을 수 있는 환경을 기대하게 되었다. 아울러 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼은 난립화된 차량용 소프트웨어 플랫폼 시장의 문제점들 극복하기 위해 웹 응용 기반의 플랫폼을 지향한다. 또한 차량 인포테인먼트 시스템에서 심각한 문제가 될 것으로 예상되는 무선 망의 불안정성과 대역폭의 포화 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 차량 클라우드 캐시 기능도 포함될 것이다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 자동차의 구성 요소 도메인과 차량 소프트웨어 구조를 설명하고 향후 스마트카에 적용될 수 있는 소프트웨어 계층 아키텍처를 설명한다. 이를 바탕으로 3 장에서는 스마트카를 위한 통합 제어 알고리즘 플랫폼을 제안한다. 이어서 4 장은 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 결론을 내린다.

II. 자동차의 구성 도메인과 소프트웨어 구조

. 전통적으로 자동차 산업에서 자동차는 그림 1 (a)와 같이 크게 바디, 샤시, 파워트레인, 그리고 인포테인먼트 서브시스템으로 구성된다. 바디는 시트, 윈도우, 램프 등 운전자에게 편의를 주는 장치들의 집합을 뜻한다. 샤시는 자동차의 운동을 제어하는 시스템으로 Anti-lock Brake System(ABS), Traction Control System(TCS), Tire Pressure Monitoring System(TPMS) 등을 포함한다. 파워트레인은 엔진이나 변속기 등 차량의 동력을 생산하는 부분으로, 엔진과 변속기 관리 시스템, 모터 제어 시스템, 배터리 관리 시스템 등으로 구성된다. 마지막으로 인포테인먼트는 텔레메틱스, 네비게이션, 오디오, 비디오 그리고 인터넷 브라우저 등



(a) 자동차의 구성요소 도메인 (b) 스마트카를 위한 소프트웨어 계층

그림 1. 자동차의 구성요소 도메인과 소프트웨어 계층 아키텍처

운전자에게 다양한 정보와 즐길 거리를 제공하는 시스템이다. 스마트카 시대가 도래함에 따라 자동차가 점차 복잡해지고 지원하는 기능이 증가하여, 각 서브시스템에 더욱 다양한 컴포넌트들이 추가될 것으로 예상되지만 이러한 전통적인 분류 체계에는 큰 변화가 없을 것이다.

스마트카의 효과적인 구현을 위해 이들 서브시스템들을 유기적이고 효율적으로 동작시키려면 일련의 소프트웨어들이 필요하다. 이들은 각 기능별로 크게 (1) 전장 제어 소프트웨어, (2) 지능형 안전 제어 소프트웨어, 그리고 (3) 인포테인먼트 소프트웨어이다. 전장 제어 소프트웨어는 자동차에 부착된 각종 센서와 운전자의 상호작용을 반영하여 각종 액츄에이터를 제어하는 기능을 수행한다. 자동평형제어, 크루즈 제어 등이 보편화되면서, 더욱 많은 전자 장치들이 상호연결 된다. 아울러 공통 소프트웨어 모듈의 호환과 재사용의 중요성이 대두됨에 따라 전장 제어 소프트웨어는 표준화된 플랫폼의 형태로 발전해 왔다. 이러한 플랫폼의 대표적인 사례가 차량 전장 소프트웨어 표준 플랫폼인 AUTOSAR 이다 (박미룡 외 2008). AUTOSAR 의 기본 철학은 Run-Time Environment(RTE)라는 미들웨어를 도입하여, 응용 소프트웨어 컴포넌트와 하드웨어 관련 소프트웨어를 분리하는 것이다. 이를 통해 부품개발업체는 하드웨어에 독립적인 응용 소프트웨어와 제어 알고리즘을 쉽게 개발할 수 있다.

지능형 안전 제어 소프트웨어는 차량의 통신기반 안전을 달성하기 위해 필요한 각종 인공지능 알고리즘들에 대한 구현을 포함한다. 이 부류의 소프트웨어는 지능 주행 알고리즘, 자율 주차 알고리즘, 주행 위험 인지 알고리즘 등을 포함한다. 이 알고리즘들은 대체적으로 각종 센서 기술과 주변 인프라 정보 그리고 제어 기술을 선택적으로 융합하여 AUTOSAR 에서 동작하는 전장 제어 소프트웨어에게 제어를 위한 정보를 제공함으로써 운전 시의 안정성과 편의성을 향상시키고자 한다. 지능형 안전 제어 소프트웨어의 대표적인 적용 사례가 Google 의 무인주행 자동차이다 (Markoff 2010). 이 자동차는 Google Street View 에서 얻은 정보와 센서 정보를 기반으로 인공지능 소프트웨어에서 도출된 정보를 융합시켜 각종 모터를 제어함으로써, 운전자의 조작 없이 안전하게 주행을 가능하게 한다. 아직까지는 요소 기술의 낮은 성숙도와 안전 검증의 부족 때문에 2012 년 현재 실제 차량에 적용된 사례는 없지만, 미국 Carnegie Mellon 대학교를 비롯하여 다수의 해외 연구기관에서 관련 기술들을 활발히 연구하고 있다 (Buehler 2009).

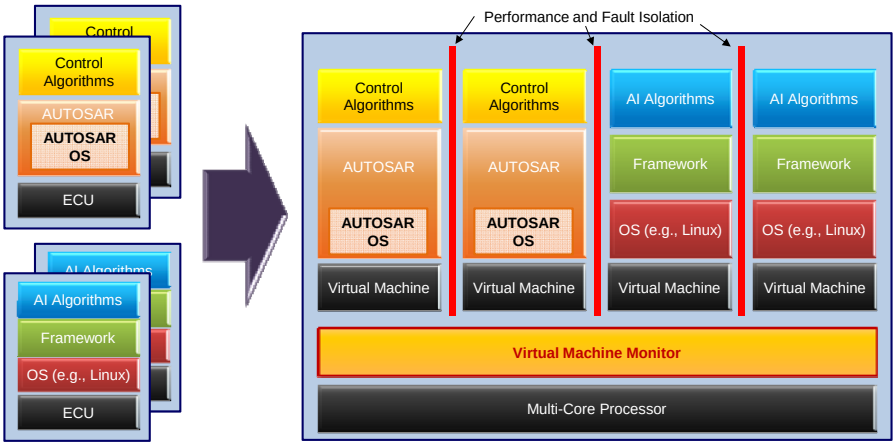
마지막으로 인포테인먼트 소프트웨어는 사용자에게 정보와 즐길 거리를 제공하는 각종 응용들과 컨텐츠(음악, 영상, 문서 등)를 포함한다. 이 부류의 소프트웨어는 주로 특정 인포테인먼트 플랫폼에 종속되며 제어 소프트웨어와는 독립적인 운영 환경에서 수행된다. 인포테인먼트 소프트웨어의 예로는 네비게이션, 동영상 플레이어, 게임 등이 있으며, 사용자의 요구사항이 다원화됨에 따라서 보다 다양하고 복합적인 소프트웨어로 개발될 수 있다.

그림 1 (b)는 상기 3 개의 소프트웨어를 계층적으로 도식화한 결과를 보여준다. 전통적인 전장 제어 소프트웨어들은 AUTOSAR 와 같이 표준화된 플랫폼과 통합된 운영체제(AUTOSAR OS) 위에서 수행된다. 반면 지능형 안전 제어 소프트웨어들은 별도의 독립된 통합 제어 프레임워크 위에서 수행된다. 이들을 위한 운영체제로는 Linux 와 같은 범용 운영체제가 사용되는 것이 바람직하다. 이를 구현하기 위해 전장 제어 소프트웨어와 지능형 안전제어 소프트웨어를 동일한 하드웨어 위에서 운영하기 위하여 가상화 기반의 솔루션이 연구되고 있다. 예를 들면, 그림 2 에서와 같이 AUTOSAR 기반 시스템과 Linux 기반의 시스템이 virtual machine monitor(VMM) 위에서 독립적으로 수행되면, 서로에게 성능간섭을 주지 않으면서 자동차의 하드웨어 자원을 효율적으로 공유하며 활용할 수 있다. 인포테인먼트 소프트웨어의 경우 전장 제어 관련 하드웨어를 공유하는 것이 안전성의 측면에서 바람직하지 않기 때문에 별도의 인포테인먼트 하드웨어 시스템 위에서 동작하는 것이 바람직하다. 하지만 VMM 자체의 메모리 footprint 의 크기가 현존하는 차량 시스템에서 동작하기에는 크고(<64KB), 현존하는 ECU 에서 가상화를 지원하지 않기 때문에 아직까지 실차에 적용된 사례는 없다.

위에서 기술한 AUTOSAR 플랫폼을 통해 확인 할 수 있듯이 전장 제어 소프트웨어는 기본 아키텍처와 개발 과정에 있어 상당 부분이 표준화되어 있다. 반면, 지능형 안전 제어 소프트웨어와 인포테인먼트 소프트웨어의 경우, 아직까지 독보적인 플랫폼이 존재하지 않으며, 결과적으로 기본 아키텍처와 개념이 정립되지 않은 상태이다. 따라서, 본 논문에서는 계속해서 (1) 스마트카를 위한 통합 제어 알고리즘 플랫폼과 (2) 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼을 제안한다.

III. 스마트카를 위한 통합 제어 알고리즘 플랫폼

본 장에서는 스마트카를 위한 통합 제어 알고리즘 플랫폼에 대해 상세히 기술한다. 이를 위해 먼저 차량 안전 제어 시스템의 진화과정에 대해 설명하고, 제안하는 플랫폼이 달성하고자 하는 통신기반 안전의 개념을 정의한다. 이어서 통합 제어 알고리즘 플랫폼의 구조를 정의하고 이를 구성하는 통합 제어



(a) 독립적인 ECU 기반 시스템 (b) 가상화에 의한 통합된 ECU 시스템

그림 2. 가상화 기반 통합제어 알고리즘 플랫폼 아키텍처

알고리즘을 설명한다.

1. 차량 안전 제어 시스템의 진화와 통신기반 안전의 개념

최초로 내연기관이 장착된 차량이 개발되던 1880 년대는 브레이크, 가속 페달, 핸들 등과 같은 구성 부품들의 견고함과 차량 바디의 내구성이 중요시 되던 시기였다. 1950 년대부터 차량의 성능이 향상되고 차량을 보유한 인구가 증가함에 따라, 사고 후에도 운전자의 생명을 보호할 수 있는 이른바 수동 안전 제어 시스템의 시대가 도래하였다. 이 시기에 개발된 차량에는 안전 유리, 에어백, 안전벨트 등의 수동 안전 시스템이 적용되기 시작하였다. 이어서 1980 년대에 이르러서는 사고 전에 작동하여 사고 자체를 예방할 수 있는 능동 안전 제어에 대한 필요성이 대두되면서 차량에 각종 전자 장치와 카메라, 센서들이 탑재되고, 이를 이용한 ABS, Adaptive Cruise Control(ACC), Electronic Stability Control(ESC) 등의 기술들이 개발되었다.

통신기반 안전은 V2X 통신에 기반을 둔 첨단 IT 기술을 전통적 안전제어 시스템에 융합한 메커니즘으로, 미래 스마트카를 위한 지능형 안전 제어 시스템의 핵심개념이다. 이는 차량에 부착된 다양한 센서 정보, 다른 차량의 정보, 그리고 각종 인프라 정보를 선택적으로 통합하여 운전자의 안전을 극대화시킬 수 있다. 통신기반 안전이 성공적으로 달성되면 차량은 V2X 통신을 이용하여 사고가 발생할 수 있는 요인들로부터 회피할 수 있으며, 행여라도 사고를 피할 수 없을 때에도 차량 내부와 외부의 정보를 적극 활용하여 운전자에게 가해지는 피해를 효과적으로 감소시킬 수 있다.

최근 수년간 통신기반 안전에 대한 연구활동은 크게 지능주행 기술과 고장안전 기술로 분류된다. 지능주행 기술의 일환으로 미국 Carnegie Mellon 대학교는 센서 융합 기술에 기반을 둔 차선이탈 방지와 교차로 충돌 방지 기술을 제안하였다 (Darms 외 2008, Ferguson 외 2009). 또한 미국 Minnesota 대학교는 V2I 통신을 이용하여 교차로에서 차량간의 충돌을 방지할 수 있는 안전상황 가시화 기술을 개발했다 (Ensar 외 2012). 한편 고장안전 분야의 대표적인 연구로는 미국 Minnesota 대학교가 V2V 통신을 이용하여 레이더의 고장진단 성능을 향상시키는 기법이 있다 (Rajesh 외 2001). 독일 Darmstadt 대학교 역시 센서와 액추에이터 신호를 이용한 모델링 기반의 진단 기법을 연구한 바 있다 (Rolf 외 2005).

2. 통합 제어 알고리즘 플랫폼의 구조

통신기반 안전을 위해서는 차량 내외부의 이벤트 감시와 V2X 통신을 담당하고 안전 제어 알고리즘을 수행시키기 위한 다수의 서브시스템이 필요하다. 전통적인 안전 제어 시스템에서 각 서브시스템은 그림 2(a)에 나타난 것과 같이 독립된 Electronic Control Unit(ECU) 상에서 수행되도록 설계되어 왔다. 한편 안전 제어 알고리즘이 다양하고 복잡해지면서, 이를 수행하기 위한 ECU 의 개수가 증가하고, 이에 따라 차량 가격의 증가, form factor 의 증가, 네트워크 배선의 복잡화 등의 문제가 새로이 발생하고 있다. 최근 차량 제조사들은 복수의 ECU 를 하나의 고성능 ECU 로 통합시키려는 노력을 기울이고 있다.

그런데 ECU 통합에는 다음과 같은 두 가지 난제가 존재한다. 첫째, 기존의 독립된 ECU 상에서 개발된 실시간 응용들을 단일 ECU 로 재배치하기 위한 리엔지니어링 비용이 매우 크다. 둘째, 서로 다른 수준의 안정성을 요구하는 응용들이 혼재되어 수행됨에 따른 오류와 성능 간섭의 문제를 해결하기

매우 어렵다. 이러한 문제점들을 해결함으로써 ECU 통합을 위한 효과적인 메커니즘을 제공하는 것이 바로 가상화(virtualization) 기술이다. 가상화는 운영체제에게 가상 머신(virtual machine, VM)을 제공하여 수행시킴으로써 여러 운영체제가 하나의 물리 머신을 공유할 수 있도록 하는 기술이다. 이를 통해 기존의 소프트웨어 스택을 최소한의 변경만으로 그대로 사용할 수 있어 통합에 필요한 리엔지니어링 비용을 대폭 절약할 수 있다. 또한 VM 단위로 오류나 성능을 효과적으로 고립시킬 수 있어 서로 다른 수준의 안정성을 요구하는 응용들이 단일 시스템에 혼재되어 통합될 수 있다. 실례로, WindRiver 는 ECU 통합을 위한 Intel Atom 프로세서 기반의 차량용 가상화 플랫폼을 발표한 바 있으며, 이를 통해 다수의 VxWorks 와 Linux OS 를 단일 ECU 에서 수행시키는 것이 가능하다는 것을 보였다 (WindRiver 2011).

본 논문에서 제안하는 스마트카 통합 제어 알고리즘 플랫폼의 아키텍처는 가상화에 기반한 ECU 통합 시스템의 형태로 설계된다. 제안된 아키텍처는 그림 2(b)에 나타난 것과 같이 멀티코어 프로세서, 가상 머신 모니터, 그리고 복수의 VM 들로 구성된다. 가상 머신 모니터는 물리 머신을 직접 제어하며 각 운영체제에게 VM 을 제공해 주는 소프트웨어 계층이다. 한편 VM 의 종류에는 AUTOSAR 기반의 제어 알고리즘을 수행하는 VM 들과 Linux 와 같은 범용 운영체제 기반의 인공지능 알고리즘을 수행하는 VM 의 두 가지가 존재한다.

3. 통신기반 안전을 위한 통합 제어 알고리즘

본 절은 스마트카 통합 제어 알고리즘 플랫폼을 구성하는 핵심 알고리즘들을 상세히 기술한다. 그림 3 에서 보듯, 통합 제어 알고리즘 플랫폼은 지능주행 알고리즘, 고장안전 알고리즘, 공통 프레임워크, 그리고 시스템 통합 제어 알고리즘의 4 개 핵심 구성 요소를 포함한다. 각 구성 요소에 대한 상세한 설명은 다음과 같다.

- **지능주행 알고리즘:** 이는 주행 위험을 인지하고, 운전자의 의도를 판단하여 최적의 주행 경로를 생성하는 역할을 수행한다. 이는 세부적으로 주행위험 판단요소 인지 알고리즘, Global Object Map 생성 알고리즘, 운전자 주행 패턴 분석 알고리즘, 최적 주행 경로 생성 알고리즘으로 구성된다. 주행위험 판단요소 인지 알고리즘은 비전 센서에 기반하여 차선, 신호등, 횡단보도를 인식하며, 레이더와 비전 센서에서 취합한 정보들을 통합하여 분석함으로써 전 방위에 위치한 차량을 인식한다 Global Object Map 생성 알고리즘은 차량의 각종 센서들로부터 인식한 외부 환경 정보와 타 차량의 정보를 통합하여 위치 측정(localization)을 수행하고 지도를 생성한다. 이를 위해서 고속 주행 차량용 무선통신 기술인 DSRC(Dedicated Short Range Communications) 통신이 필수적이다. 운전자 주행 패턴 분석 알고리즘은 운전자의 시선과 핸들 조작을 인식하여 학습하고, 이를 바탕으로 운전자에게 보다 안전하고 편안한 운전환경을 제공한다. 최적 주행 경로 생성 알고리즘은 위험요소들에 대한 회피 경로를 비롯하여 운전자의 주행 습관에 근거한 최적 주행경로를 제공한다. 최종 산출되는 주행경로와 위험요소에 대한 정보는 모니터에 기반한 능동안전 상황 가시화 기술을 통해 운전자에게 제공된다.

그림 3. 자동차의 구성 도메인과 소프트웨어 아키텍처

- **고장안전 알고리즘:** 이는 주행 위험을 인지하고, 운전자의 의도를 판단하여 최적의 주행 경로를 생성하는 역할을 수행한다. 이는 세부적으로 통합고장 탐지 및 진단 알고리즘과 기능 안전 알고리즘으로 구성된다. 통합고장 탐지 및 진단 알고리즘은 고장에 대해 견딜 수 있는 강인성을 최대한 확보하여 위험한 상황이 발생했을 때, 이를 진단하여 제어 시스템 구조를 실시간으로 재형상화하고 안정성을 확보하는 역할을 수행한다. 이를 위해서 기계학습에 기반한 패턴인식 기술이 필수적이다. 기능 안전 알고리즘은 멀티모달 센서와 다중 액추에이터에서 수집한 데이터들을 선택적 또는 통합적으로 분석하여 현재 차량의 상태와 안정성을 판단한다. 분석한 결과는 보다 높은 안정성을 달성하기 위해서 엑추에이터의 피드백으로 작용된다. 기능 안전 알고리즘의 성능은 기능적 안전에 대해 보장하고자 하는 신뢰성 수준에 근거하여 결정되며 구체적으로 시간당 10^{-6} 개의 오류만이 허용된다.

- **공통 프레임워크:** 이는 지능주행 알고리즘과 고장안전 알고리즘이 시스템 소프트웨어와 전통적 전장제어 시스템 위에서 신뢰성 있게 동작할 수 있는 환경을 제공한다. 이를 구성하는 핵심 기술은 응용 소프트웨어 인터페이스 기술과 실시간 소프트웨어 검증 기술이다. 응용 소프트웨어

인터페이스 기술은 여러 응용 소프트웨어 알고리즘 사이에 원활한 정보 교환이 가능하도록 기능적 인터페이스와 반(半)기능적 인터페이스를 기본으로 제공한다. 그리고 기본 인터페이스 외에 진단 인터페이스를 추가로 제공하여 응용 소프트웨어 알고리즘을 개별적으로 검증할 수 있도록 한다. 실시간 소프트웨어 검증 기술은 응용 소프트웨어 알고리즘의 결과 데이터에 대한 유효값과 타이밍을 진단하고 검증한다.

- **시스템 통합 제어 알고리즘:** 이는 공통 프레임워크 위에서 동작하는 각종 알고리즘들을 이용하여 차량의 각종 장치들을 지능적으로 제어한다. 이는 다중 액추에이터 통합 제어 알고리즘과 모듈화된 시스템 통합 제어 알고리즘 플랫폼 기술로 구성된다. 다중 액추에이터 통합 제어 알고리즘은 다수의 액추에이터를 개별적으로 제어함으로써, 발생하는 중복 또는 간섭 현상을 최소화한다. 모듈화된 시스템 통합 제어 알고리즘 플랫폼 기술은 지능주행 알고리즘과 고장안전 알고리즘이 기존 전장제어 시스템 위에서 안전하게 동작할 수 있는 운용환경을 제공한다. 이를 위해 상위 계층의 각종 알고리즘들이 전장 제어의 컴포넌트들을 용이하게 사용할 수 있도록 표준화된 인터페이스가 제공된다.

IV. 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼

본 장은 이 논문에서 제안하는 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼을 설명한다. 이를 위해 먼저 최근 인포테인먼트 시스템의 연구 동향에 대해 살펴보고, 이를 통해 현재 인포테인먼트 플랫폼이 만족해야 할 요구사항들을 정의한다. 아울러 클라우드 컴퓨팅과 결합하여 성공적으로 모바일 클라우드 컴퓨팅을 구축한 스마트폰 시장의 사례를 교훈 삼아, 도출된 요구사항들에 대한 해결 방안을 모색한다. 마지막으로 모색한 해결방안이 적용된 차량 클라우드 컴퓨팅을 지원하는 소프트웨어 플랫폼의 개념과 구성을 상세히 기술한다.

1. 최근 인포테인먼트 시스템의 연구 동향

2010 년대 이전의 인포테인먼트 시스템은 차량에 미리 저장된 미디어 컨텐츠를 재생하는 비교적 단순한 시스템이었다. 이에 반해, 최근의 인포테인먼트 시스템은 클라우드 컴퓨팅과의 결합을 통해 차량 내부에서뿐만 아니라, 모든 공간에서 끊임없이 컨텐츠를 서비스 받을 수 있는 환경을 제공한다. 이러한 동향에 발맞춰, 현재 각 자동차 제조사와 IT 기업들은 차량에서 클라우드 컴퓨팅을 사용할 수 있도록 하는 연구들을 활발히 진행하고 있다.

Ford 는 클라우드 컴퓨팅과 연결된 신개념 스마트카인 Evos 의 비전을 발표하였다 (Ford 2011). Evos 는 지능화된 내비게이션 시스템을 갖추고 있고, 홈 자동화 시스템과 연동되며, V2V 통신을 통해 통신기반 안전을 달성한다. 이에 더하여, 가정에서 듣던 음악이나 영상을 차량에서 이어서 재생하는 클라우드 컴퓨팅 기반 가정/차량 연동 서비스도 지원한다. Toyota 역시 Microsoft 와 협력하여 Windows Azure 기반의 차량 클라우드 솔루션인 Toyota Smart Center 를 구축하고 있다 (Toyota 2011). 이는 가정이나 회사와 같은 운전자의 생활 환경을 차량과 연동시키기 위해 클라우드 컴퓨팅을 활용한다. 예를 들면, 차량의 인포테인먼트 시스템은 운전자 스마트폰과 연동하여 운전자의 일정을 참고해 차량의 배터리 충전 장소와 시점을 최적으로 결정한다.

2. 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 플랫폼의 요구사항

국내외에서 차량에 클라우드 컴퓨팅을 적용하려는 연구가 활발히 이루어지고 있지만, 이들 연구는 아직까지 비기술적인 개념 정립의 수준에 그치고 있다. 따라서 현재 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼들은 스마트폰 소프트웨어 플랫폼의 발전 방향을 대체로 따라가는 추세에 있다. 하지만 차량은 스마트폰과 달리 고속 주행을 하며, 신뢰성 있는 네트워크 연결이 보장되지 못한다는 특성을 가지고 있다. 이런 차이점을 고려하지 않고, 스마트폰 소프트웨어 플랫폼의 기술들을 그대로 차량에 적용하는 것은 바람직하지 못하다. 본 절은 다가오는 차량 클라우드 컴퓨팅 시대에 효과적으로 대응하기 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼의 요구사항을 다음과 같이 정의한다.

- **요구사항 1: 통합 플랫폼의 필요**

현재 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼 시장은 다양한 이해 당사자들에 의해 다원적으로 주도되고 있다. 그 예로, GENIVI Alliance 의 GENIVI, Microsoft 의 Windows Embedded Automotive, QNX 의 QNX CAR 와 같은 자동차 전용 플랫폼들뿐만 아니라, Google 의 Android 와 같은 스마트폰 플랫폼들도 인포테인먼트 시장에서 경쟁하고 있다. 이렇게 다양한 OEM 과 소프트웨어 벤더들에 의해 독립적으로 개발되고 운영되는 소프트웨어 플랫폼의 다원적 특성은 특정 소프트웨어 플랫폼이 시장을 주도하기 어렵게 만들고 있다.

이와 같이 자동차용 소프트웨어 플랫폼이 난립하는 것은 인포테인먼트 시장 자체와 파생 산업의 발전의

장애물이다. 컨텐츠 개발자의 입장에서 보면, 다수의 상이한 소프트웨어 플랫폼을 위해 서비스나 응용을 중복 개발해야만 한다. 이는 개발 비용을 증가시키고 효과적인 품질 관리를 저해하는 요소로 작용한다. 산업 생태계의 측면에서 보면 응용과 컨텐츠는 주로 규모가 작은 중소기업에 의해 개발되는 것이 일반적이다. 통합되지 않은 다수의 소프트웨어 플랫폼이 존재하면, 중소기업들이 효과적으로 이들에 대응하기 어렵다. 이에 따라, 특정 소프트웨어 플랫폼에 종속된 소비자 집단은 원하는 컨텐츠를 사용할 수 없게 되는 상황에 처할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 난립한 인포테인먼트 시스템을 통합할 수 있는 표준 소프트웨어 플랫폼의 개발이 시급하다.

- **요구사항 2: 증가하는 무선 트래픽의 대책 필요**

차량은 기본적으로 이동성을 지니는 운송수단이기 때문에 클라우드 컴퓨팅을 적용하려면 3G 나 4G 와 같은 무선 망 통신이 필요하다. 하지만 수많은 자동차에서 클라우드 컴퓨팅이 사용되면 엄청난 양의 무선 트래픽이 발생하게 되고, 결과적으로 이는 제한된 무선 네트워크 망에 과부하를 초래한다. 기존 연구에 따르면, 2014 년 스마트폰으로 인한 무선 트래픽 만으로도 무선 통신 수요량이 공급량을 초과할 것으로 예상된다 (Cisco 2011).

또한 고속 이동을 지원하는 무선 통신망을 지속적으로 사용하게 되면 운전자에게도 높은 통신 비용이 전가된다. SKT 의 62,000 원/월 요금제가 제공하는 데이터는 양은 5GB 에 불과하여 DVD 한 장(4.3GB) 수준의 영화를 한편을 볼 수 있는 정도이다. 뿐만 아니라 차량의 고속 주행으로 인한 네트워크의 불안정성은 차량 클라우드 컴퓨팅 서비스의 품질을 하락을 가져올 수 있다. 이러한 한계점들은 차량 클라우드 컴퓨팅에 기반한 인포테인먼트 시스템의 보급에 가장 큰 걸림돌이다. 따라서 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼은 무선 트래픽 양을 통제할 수 있는 자체적인 해결책을 포함하고 있어야 한다.

3. 스마트폰과 클라우드 컴퓨팅의 결합 사례

스마트폰 시장 역시 클라우드 컴퓨팅과 결합하면서 자동차 산업이 당면한 요구사항과 유사한 문제들을 이미 경험한 바 있다. 본 절에서는 지난 수년간 클라우드 컴퓨팅과 성공적으로 결합한 스마트폰 시장의 두 가지 사례를 통해 자동차 시장에서 이에 대한 해결책을 제시한다.

- **플랫폼 난립 극복**

현재 Apple 의 iOS 와 Google 의 Android 등 소수의 소프트웨어 플랫폼들이 스마트폰 시장을 주도적으로 이끌고 있다. 그러나 과거 스마트폰 시장 역시 수많은 소프트웨어 플랫폼의 난립을 경험한 바 있다. 이에 따라, 중복 개발에 의한 비용 증가, 품질 관리의 어려움 등의 문제를 경험하였다. 이런 문제에 대한 해결책으로 등장한 것이 웹 응용 기반의 소프트웨어 플랫폼 표준화 기술이다 (M. Anttonen 외 2011). 웹 응용은 웹 브라우저 안에서 동작하는 JavaScript, HTML5, Flash 엔진 등에 의해 실행되는 프로그램을 의미한다. 따라서 웹 브라우저가 동작할 수만 있다면, 기기나 하부 소프트웨어에 상관없이 사용자는 동일한 웹 응용 수행환경을 제공받을 수 있다. 스마트폰을 위한 응용을 모두 웹 응용 중심으로 제공하고, 웹 브라우저를 보완하여 독자적인 소프트웨어 플랫폼 형태로 진화시킨 형태가 바로 웹 OS 이다. 구체적으로, 웹 OS 는 기존 웹 브라우저의 기능에 파일 시스템, 장치 제어, 네트워크 제어 API 등을 추가하여, 웹 브라우저 만으로 전체 소프트웨어 플랫폼 역할을 수행할 수 있게 한다. 스마트폰의 사례를 통해 알 수 있듯이, 웹 OS 와 웹 응용을 활용한 이질적 소프트웨어 플랫폼의 통합은 주도적인 소프트웨어 플랫폼이 부재한 차량 인포테인먼트 시스템에서 소프트웨어 플랫폼의 난립에 대한 효과적인 해결책이 될 수 있다.

- **무선 대역폭의 포화 극복**

2009 년 이래 스마트폰의 급격한 보급은 전례가 없던 무선 네트워크 망의 포화를 가져왔다. 특히 인구 밀집 지역에서는 사용자가 데이터 서비스를 거의 사용할 수 없는 정도의 심각한 상황도 발생한 바 있다. 모바일 통신망의 공급량은 꾸준히 증가하고 있지만, 통신 수요량의 증가 추세를 감당하지 못하고 있다. 현재 추세가 지속된다면 2014 년을 전후로 통신 수요량이 공급량을 넘어설 것으로 예상되고 있다 (Cisco 2011). 이러한 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나는 현재 Apple 이 채택하고 있는 “thick client” 모델이다. 이는 단말의 성능을 극대화시키고 미디어 컨텐츠를 단말에 우선 저장하는 전략을 취한다. 아울러 데이터의 변경이 있는 경우에만 동일 사용자에게 속한 다수의 단말기들의 데이터를 동기화를 시키는 방법을 취한다. 주로 스트리밍을 통해 컨텐츠를 제공하고자 하는 Google 의 “thin client” 모델과는 크게 대비된다. 이러한 thick client 모델은 필요한 경우에만 무선 망을 사용하기 때문에 무선망 과부하 문제를 해소할 수 있으며, 사용자에게 통신 비용 부담을 경감시키는데 도움이 된다.

4. 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 소프트웨어 플랫폼 아키텍처

본 절에서는 앞서 기술한 요구사항들을 만족시킬 수 있는 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼을 제안한다. 제안하는 소프트웨어

그림 4. 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 소프트웨어 플랫폼의 개괄

플랫폼은 스마트폰 시장의 사례를 교훈 삼아 웹 응용 기반의 플랫폼을 지향하며, thick client 모델을 추구한다.

그림 4 는 앞서 제안하는 플랫폼의 개괄적인 동작 모습을 보인다. 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼은 스마트카에 탑재되며 4G 와 같은 통신망과 Wi-Fi 네트워크 등을 통해 차량 외부의 클라우드 서버와 연결된다. 플랫폼의 핵심 구성 요소는 웹 OS 와 차량 클라우드 캐시이다. 웹 OS 는 웹 응용 수행 환경을 제공하며, 차량 클라우드 캐시를 통해서 데이터를 제공받을 수 있도록 설계된다. 웹 응용은 클라우드를 통해 배포되고, 소비자는 웹 응용 형태의 컨텐츠를 클라우드를 통해 자신의 차량에서 사용할 수 있다.

차량 클라우드 캐시는 차량에 대용량의 저장 장치를 탑재하고, 주정차 시에 사용자가 향후 요청할 것으로 예상되는 외부 클라우드의 데이터를 Wi-Fi 를 통해 선제적으로 다운로드 하는 기술이다. 운전자나 승객이 요청할 가능성이 있는 클라우드 데이터를 예측하여 선제적으로 다운로드 하기 위해서는 데이터 마이닝에 기반한 추천 기법을 사용한다 (Koukoumidis 2011). 먼저 사용자 데이터 이용 기록이나 취향과 같은 개인 데이터를 분석하여 사용자 중심적인 클라우드 데이터 추천을 수행한다. 이와 함께 지역 사회에서의 최신 관심이나 인기 동향을 분석하여 클라우드 데이터를 예측하는 지역 사회 중심적인 클라우드 데이터 추천도 수행한다. 추천 데이터가 결정되면, 차량이 주정차하여 Wi-Fi 망이나 유선망에 연결될 수 있을 때 캐싱을 수행한다. 이와 같이 선제적 캐싱이 완료되면, 차량의 주행 중에 사용자의 요청에 따라 차량 클라우드 캐시로부터 데이터를 검색하여 제공한다. 원하는 데이터가 캐시에 없는 경우에만 무선망을 통해 데이터를 제공한다.

이러한 캐싱 메커니즘의 적중도가 높으면, 차량이 운행 중에 발생하는 사용자의 요청의 대부분이 차량 클라우드 캐시에 의해 서비스되기 때문에 무선 통신 트래픽의 발생을 효과적으로 줄일 수 있다. 실제로 웹 검색은 지역 사회의 관심을 반영하여 발생하는 경우가 많아 특정 페이지에 대한 검색 집중(access locality)이 큰 것으로 알려져 있다. 구체적으로, 클라우드의 데이터를 캐싱하는 기술에 대한 기존 연구에 따르면, 웹 검색의 경우 단지 2500 개 정도의 검색 결과를 캐싱하는 것 만으로도 평균 65%의 캐시 적중률을 달성할 수 있다고 알려져 있다 (Koukoumidis 2011). 클라우드 캐시의 적중율을 높이는 중요한 요소가 클라우드 캐시의 크기이다. 현재 플래시 메모리의 집적도가 매우 빠르게 증가하고 있고, 그 가격도 하락하고 있다. 2018 년이면 스마트폰에서 조차 1TB 이상의 플래시 저장장치를 장착 할 것으로 예상되고 있다 (Koukoumidis 2011). 공간과 전력 소모에 대한 제약이 약하고, 가격적 민감도도 약한 스마트카에서는 이미 수백 GB 또는 수 TB 의 플래시 저장장치를 장착하는 것이 산업적으로 가능하다. 현재 널리 사용되는 DVD 미디어는 4.7GB 이며, 가장 고품질의 영상을 제공하는 미디어의 경우도 25GB 이기 때문에 수 TB 이상의 플래시 저장장치를 장착하고 운영할 수 있는 자동차에서는 수십에서 수천 편의 동영상을 캐싱할 수 있다. 뿐만 아니라 캐싱된 데이터는 고속 이동으로 인한 통신 불안정 문제에서 자유롭기 때문에 사용자가 경험하는 서비스의 품질을 높일 수 있다.

제안하는 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼의 계층적 아키텍처는 그림 5 와 같다. 본 플랫폼은 Linux 운영체제 위에서 동작하는 6 개의 소프트웨어 컴포넌트들로 구성된다. 각 컴포넌트의 이름과 기능은 다음과 같다.

- **웹 OS:** 본 컴포넌트는 사용자가 통합된 클라우드 서비스를 경험할 수 있도록 웹 응용 기반의 수행

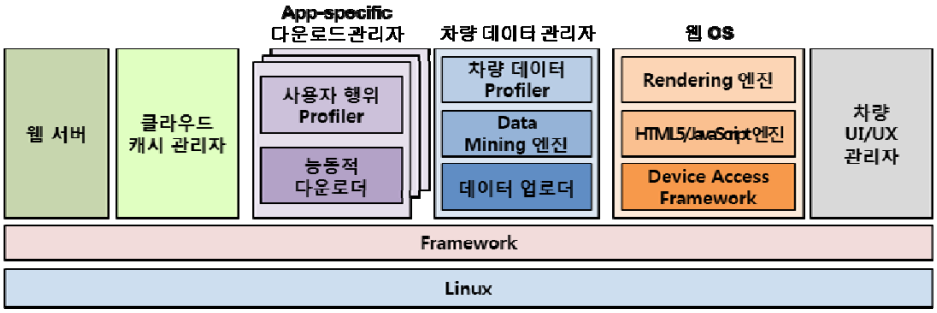


그림 5. 차량 클라우드 컴퓨팅을 위한 인포테인먼트 소프트웨어 플랫폼의 구체적 아키텍처

환경을 제공한다. 세부 컴포넌트인 렌더링 엔진과 HTML5/JavaScript 엔진은 웹 기반의 서비스를 위한 다양하고 풍부한 기능을 제공한다. 또 다른 세부 컴포넌트인 Device Access Framework 는 웹 응용이 차량 서브시스템이나 기타 다른 하드웨어 장치들을 사용하거나 접근할 수 있도록 한다.

- **웹 서버:** 본 컴포넌트는 스마트카용 클라우드 플랫폼에 접속하는 외부 단말(스마트폰, 태블릿 등)에게 웹 접속이나 캐싱된 클라우드 서비스로 연결 기능을 제공한다. 이를 통해 모바일 단말들은 별도의 내부 수정 없이 캐싱된 클라우드 서비스를 사용할 수 있다.

- **클라우드 캐시 관리자:** 본 컴포넌트는 차량에 저장된 클라우드 데이터와 서비스들을 관리한다. 구체적으로, 이는 캐시에 저장된 데이터의 복제, 제거, 검색 등 다양한 기능들을 수행하며, 다른 컴포넌트들(Web OS, Web Server 등)로부터 클라우드 서비스 사용 요청을 받아 캐싱된 클라우드 서비스를 전달하는 역할도 수행한다.

- **App-specific 다운로드 관리자:** 본 컴포넌트는 사용자의 취향과 성향을 분석하여 접근이 예상되는 클라우드 데이터나 서비스를 선제적으로 캐싱한다. 이는 사용자의 정보를 분석하는 사용자 행위 프로파일러와 클라우드 데이터의 선제적 캐싱을 수행하는 능동적 다운로더의 두 가지 세부 컴포넌트들로 구성된다. 또한 본 컴포넌트는 서비스의 종류에 따라 동영상이나 음원을 캐싱하는 멀티미디어 다운로드 매니저, 지도나 교통상황 등을 캐싱하는 내비게이션 다운로드 매니저 등 다양한 형태로 시스템에 존재한다.

- **차량 데이터 관리자:** 본 컴포넌트는 차량의 내부 정보를 수집하고, 이를 마이닝하며, 공개 가능한 정보를 외부 클라우드로 전송하는 기능을 수행한다. 이는 차량 정보를 수집하는 차량 데이터 프로파일러, 차량 정보를 마이닝하여 의미 있는 정보를 산출하는 데이터 마이닝 엔진, 그리고 마이닝한 정보를 외부 클라우드로 전송하는 데이터 업로더의 세부 컴포넌트들로 구성된다.

- **차량 UI/UX 관리자:** 본 컴포넌트는 자동차에 특화된 UI/UX 를 제공한다. 이는 음성 인식 등의 입력 인터페이스와 최적화된 그래픽의 출력 인터페이스들이 구현되어 운전자가 운전 중에 클라우드 서비스를 사용할 수 있게 한다.

V. 결론

본 논문에서는 미래 스마트카를 위한 효과적인 소프트웨어 플랫폼으로서 지능형 통합 제어 알고리즘 플랫폼과 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼을 제안하였다. 이 과정에서 우리는 지능형 안전 제어 시스템과 인포테인먼트 시스템을 설계하고 개발하는데 있어 예상되는 문제점을 분석하였다. 지능형 통합 제어 플랫폼은 네트워크 기술에 기반하여 통신기반 안전을 달성하기 위한 인공지능 소프트웨어와 이들이 수행할 수 있는 운영환경을 제공한다. 차량 클라우드 컴퓨팅 플랫폼은 웹 응용 기반의 플랫폼으로서 다양한 컨텐츠가 차량 내부에서 끊임없이 서비스 될 수 있도록 하는 통합된 환경을 제공한다. 이 플랫폼은 내부적으로 차량 클라우드 캐시를 포함하여 향후 인포테인먼트 시스템에서 문제가 될 것으로 예상되는 무선 망의 불안정성과 대역폭의 포화 문제를 효과적으로 해결한다.

VI. 참고 문헌

[1] Goldman, D., Microsoft Teams with Toyota to Power Smart Cars, http://money.cnn.com/2011/04/06/technology/microsoft_toyota/index.htm, *CNN International*, 2011.

[2] 윤대섭, 김경호, 운전자를 위한 자동차-IT 융합 기술, *정보통신산업진흥원 주간기술동향 통권 1473 호*, 2010, pp. 25-33.

[3] 박미룡, 김재영, 자동차 전장 SW 플랫폼 규격 (AUTOSAR) 표준화 동향, *TTA Journal No. 117*, 2008, pp. 89-100.

[4] Markoff, J., Google Cars Drive Themselves, in Traffic, http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html?pagewanted=all, *The New York Times*, 2010.

[5] Buehler, M., Iagnemma, K. and Singh, S., *The DARPA Urban Challenge: Autonomous Vehicles in City Traffic*, Springer Verlag , 2010.

[6] Darms, M., Rybski, P. and Urmson, C., Classification and Tracking of Dynamic Objects with Multiple Sensors for Autonomous Driving in Urban Environments, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2008, pp. 1197-1202.

[7] Ferguson, D., Baker, C., Likhachev, M. and Dolan, J., A Reasoning Framework for Autonomous Urban Driving, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2008, pp. 775-780.

[8] Becic E., Manser M., Creaser J. and Donath M., Cooperative Intersection Collision Avoidance System – Stop Sign Assist: Experiments to Validate Use of an In-Vehicle Interface Design, *CTS Research Report 12-09*, 2012.

[9] Rajamani R., Shrivastava A., Zhu C and Alexander L., Fault Diagnostics for Intelligent Vehicle Applications, *DOT Technical Report DOT 2001-20*, 2001.

[10] Isermann, R., Model-based Fault Detection and Diagnosis − Status and Applications, *Annual Reviews in Control, vol. 29*, 2005, pp. 71-85.
[11] WindRiver, *Real-Time Embedded Virtualization*, http://www.windriver.com/products/hypervisor/, 2011.
[12] Anttonen, M., Salminen, A., Mikkonen, T. and Taivalsaari, A., Transforming the Web into a Real Application Platform: New Technologies, Emerging Trends and Missing Pieces, *Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing*, 2011, pp. 800-807.
[13] Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, *Cisco Systems white paper*, 2011.
[14] Gartner, Market Share: Mobile Communication Devices by Region and Country, 3Q11, *Gartner Inc. Technical Report*, 2011.
[15] Ford, Video of Ford Evos Concept Car, Frankfurt 2011, http://corporate.ford.com, 2011.
[16] Toyota, 2011 Microsoft/Toyota New Conference, http://pressroom.toyota.com, 2011.
[17] Koukoumidis, E., Lymberopoulos, D., Strauss, K., Liu, J. and Burger, D., Pocket Cloudlet, *Proceedings of the 16th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems*, 2011, pp. 171-184.

필자소개:

홍성수
(Seongsoo Hong)

1986. 2: 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1988. 2: 동대학원 석사
1988. 2~1989. 7: 한국전자통신연구원 연구원
1994. 12: University of Maryland at College Park, Dept. of Computer Science 박사
1994. 12~1995. 3: Faculty Research Associate (University of Maryland at College Park)
1995. 4~1995. 8: Silicon Graphics Inc. 연구원
1995. 9~현재: 서울대학교 전기정보공학부 교수
(실시간운영체제연구실 (RTOS Lab.) 지도교수)
2004. 2~2006.1: 서울대학교 내장형시스템연구센터 센터장
2004. 1~2005.12: 공정거래위원회 정보통신산업 경쟁정책 자문위원
2004. 2~2008.1: 삼성종합기술원 자문교수
2007. 1~2008. 12: 현대오토넷 자문교수
2006. 8~2009.10: 차세대융합기술원 정보기술연구소 소장
2010. 1~2010. 10: 국가정보화추진위원회 ICT 산업전문원회 전문위원
2010. 1~2011. 12: 한국자동차공학회 사업이사
2010. 1~2011. 12: 자동차공학회 전기전자시스템 ITS 부문위원회 학술위원장
2011. 3~2012. 2: 삼성전자 무선사업부 시스템소프트웨어 그룹 자문교수
2009. 11~2012. 7: 서울대학교 융합과학기술대학원 지능형융합시스템 학과 학과장
2000.1~현재: IEEE RTCSA Steering Committee 위원
2008. 4~현재: 가헌과학기술재단 석좌교수
2009. 11~현재: 차세대융합기술원 스마트시스템연구소 소장
2011. 12~현재: 현대자동차 그룹 케피코 자문교수
2012. 1~현재: 자동차공학회 전기전자시스템 ITS 부문위원회 부회장
2012. 7~현재: 서울대학교 융합과학기술대학원 지능형융합시스템 학과 전공주임

관심분야: 내장형 실시간 시스템 설계, 실시간 운영체제, 내장형 미들웨어, 실시간 시스템 설계 방법론, 소프트웨어 플랫폼, 리눅스 커널, 차량용 시스템 소프트웨어

E-mail: sshong@redwood.snu.ac.kr