

IOT 운영체제들의 기능적 특징들의 비교 및 분석

이요섭* · 문필주**

Comparison and Analysis of Functional Features of IoT Operating Systems

Yo-Seob Lee* · Phil-Joo Moon**

요 약

ICT 산업이 변화하고 있다. PC에서 모바일 기기로, 모바일 기기에서 웨어러블 기기와 IoT로 변화하고 있다. 이러한 변화에 따라 IoT에 맞는 운영체제가 필요하게 되었고, 이러한 필요성에 따라 다양한 IoT 운영체제들이 개발되어 나오고 있다. 본 논문에서는 IoT 디바이스들을 지원하는 IoT 운영체제의 종류에 대해 논의하고, 기술동향을 분석하고자 한다.

ABSTRACT

The ICT industry is changing. From the PC to mobile devices, and from the mobile devices to wearable and IoT devices, it is changing. It requires the OS for the IoT, coming out various IoT OS have been developed in accordance with this need. In this paper, we discuss the kind of OS that supports IoT device, analyze the technology trends.

키워드

IoT, OS, Tizen, Brillo, Fuchsia, YunOS
사물 인터넷, 운영 체제, 타이젠, 브릴로, 푸크시아, 윤OS

1. 서 론

ICT 산업이 변화하고 있다. PC에서 모바일 기기로, 모바일 기기에서 웨어러블 기기와 IoT로 변화하고 있다.

가트너 그룹에 의하면 2009년까지 IoT를 이용하는 사물의 개수가 9억 개였으나, 2020년까지 260억 개에 이를 것으로 예상하고 있다.

이러한 변화에 따라 IoT에 맞는 운영체제가 필요하게 되었고, 이러한 필요성에 따라 다양한 IoT 운영

체제들이 개발되어 나오고 있다.

IoT(Internet of Things)는 가전제품, 모바일장비, 웨어러블 컴퓨터 등 다양한 임베디드 시스템에 센서와 통신기능을 내장하여 인터넷에 연결되는 기술을 말한다.

IoT에 연결된 사물들은 외부 환경으로부터의 데이터 취득을 위한 센서와 고유의 IP 주소를 가지고 인터넷에 연결되어 사용된다.

IoT를 구축하기 위해서는 사물 신원 확인, 네트워크

* 평택대학교 컴퓨터학과(yslee@ptu.ac.kr)

** 교신저자 : 평택대학교 정보통신학과

• 접수일 : 2016. 11. 23

• 수정완료일 : 2017. 04. 13

• 게재확정일 : 2017. 04. 24

• Received : Nov. 23, 2016, Revised : Apr. 13, 2017, Accepted : Apr. 24, 2017

• Corresponding Author : Phil-Joo Moon

Dept. of Information & Communication, Pyeongtaek University,

Email : pjmoon@ptu.ac.kr

크 구축, 감각 부여, 컨트롤 가능성 등의 기술적인 환경 구축이 선행되어야 한다[1-4].

IoT에 참여하는 각각의 개체는 개별 사물의 신원을 확인하기 위해 개별 사물에 IP주소를 부여해야 한다[5]. 사물들은 스스로가 취합한 정보에 따라 다른 사물과 교환, 취합함으로써 새로운 정보를 창출할 수 있어야 한다. 또한, 사물에 청각, 미각, 후각, 촉각, 시각 등의 오감과 RFID, 자이로스코프, 가이저 계수기 등을 통한 감각 등을 부여해 주변 환경의 변화를 측정 할 수 있도록 한다¹⁾.

본 논문에서는 IoT 기술을 이용한 다양한 응용서비스를 개발하기 위해 필요한 IoT 플랫폼인 IoT 운영체제들의 기능적 특징들을 비교 및 분석하고자 한다.

II. IoT 운영체제

IoT 운영체제는 IoT를 동작시키는 운영체제로서, 대표적인 IoT 운영체제는 타이젠, 브릴로, 푸키시아, LiteOS, 윤OS 등이 있다.

2.1 타이젠(Tizen)

타이젠(Tizen)은 휴대 전화를 비롯한 휴대용 장치, TV, 냉장고와 같은 모든 전자기기를 지원하는 오픈소스 모바일 운영체제이다[6]. 타이젠은 리눅스 파운데이션의 리눅스 커널을 기반으로 HTML5 및 C++ 기반으로 만들어진다²⁾.

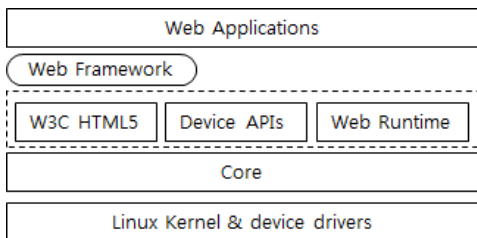


그림 1. 타이젠의 구조
Fig. 1 Architecture of Tizen

2011년 9월부터 리눅스 재단에 의해 발표된 제3의 모바일 운영체제이며, 스마트폰과 태블릿, 스마트 TV 나 넷북 등 다양한 기기에서 작동하는 표준 기반의 개방형 모바일 운영체제로서, 모든 API는 HTML5와 자바스크립트, CSS와 같은 웹표준을 지원한다.

그림 1은 타이젠의 구조를 나타낸다. 리눅스 커널 위에 다양한 코어와 웹 프레임워크를 포함하는 것을 알 수 있다.

삼성전자는 타이젠 운영체제를 탑재한 스마트 TV, 기어S2, 스마트 냉장고를 출시하며 타이젠을 IoT의 주요 플랫폼으로 가져가려고 하고 있다.

러시아의 단말기 제조사인 디그마(DIGMA)는 타이젠 운영체제를 탑재한 자체 태블릿PC인 DIGMA Plane 8501 3G 출시 계획을 밝힌 상태이며³⁾, 화웨이도 타이젠 운영체제를 탑재한 스마트워치 출시를 준비 중인 것으로 전해졌다⁴⁾.

2.2 브릴로(Brillo)

브릴로는 2015년 구글 I/O에서 발표된 안드로이드 기반의 임베디드 운영체제로서 IoT 디바이스들에서 사용할 목적으로 만들어졌다⁵⁾.

브릴로는 안드로이드 기반의 임베디드 운영체제, 코어 플랫폼 서비스, 개발자 키트 등의 구성요소를 가진 IoT 플랫폼이다.

브릴로는 안드로이드 소프트웨어 스택 기반으로, IoT 디바이스들을 위한 가벼운 운영체제를 만들기 위해 안드로이드 운영체제의 하위 구성요소와 크롬운영체제의 특정 부분을 사용하였다. 가벼운 운영체제를 만들기 위해 코어 어플리케이션이나 어플리케이션레임워크, 런타임 & 네이티브 서비스 등이 없다. 브릴로는 JVM을 지원하지 않기 때문에 모든 개발은 C,

3) "DIGMA Plane 8501 3G is the First Tizen 3.0 Tablet", <http://www.cnx-software.com/2016/09/26/digma-plane-8501-3g-is-the-first-commercially-available-tizen-3-0-tablet/>, Sep. 26, 2016.

4) R. Henderson, "Huawei could ditch Android Wear for Samsung's Tizen smartwatch OS", <http://www.pocket-lint.com/news/138993-huawei-could-ditch-android-wear-for-samsung-s-tizen-smartwatch-os>, Sep. 29, 2016.

5) Project Brillo, https://en.wikipedia.org/wiki/Project_Brillo.

1) IoT, <https://ko.wikipedia.org/wiki/IoT>.

2) Tizen, <https://ko.wikipedia.org/wiki/tizen>.

C++를 사용해야 한다⁶⁾.

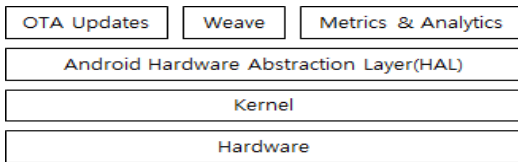


그림 2. 브릴로의 구조
Fig. 2 Architecture of Brillo

그림 2는 브릴로의 구조를 나타낸다. 커널위에 안드로이드 추상화 레이어(HAL: Hardware Abstraction Layer)가 있고, 그 위에 OTA 업데이트와 Weave가 존재한다.

최소 35MB 램의 MPU 디바이스들을 지원하며, 브릴로 디바이스들은 구글 클라우드를 통해 관리된다. Weave는 IoT 디바이스들을 연결하기 위한 통신 플랫폼을 나타낸다⁷⁾.

2.3 푸크시아(Fuchsia)

푸크시아는 구글에서 현재 개발 중인 운영체제로서, 임베디드 시스템, PC, 스마트폰, IoT용 기기 등 모든 디바이스에서 사용할 수 있게 만들어진 임베디드 하드웨어용 운영체제이다⁸⁾.

구글의 크롬 운영체제나 안드로이드는 리눅스 커널 기반으로 개발되었지만, 푸크시아는 마젠타라고 하는 마이크로커널 기반으로 개발되었다.

그림 3은 마젠타 커널의 스크린샷을 나타낸다. 마젠타(Magenta) 커널은 Little Kernel에서 나온 커널로서, FreeRTOS나 ThreadX와 같은 상용 제품을 대체할 수 좋은 대안이다⁹⁾. Little Kernel은 임베디드 시스템을 위한 커널로서, 주로 C로 작성되어 있다.

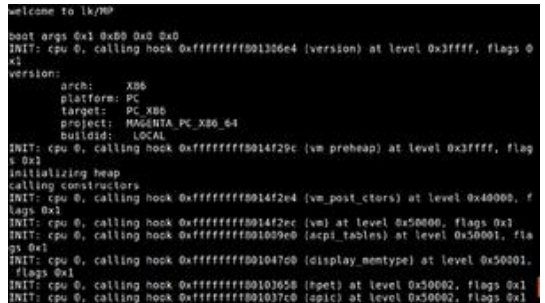


그림 3. 마젠타 커널의 스크린샷
Fig. 3 Screenshot of Magenta Kernel

구글은 푸크시아를 노트북-태블릿 겸용 하이브리드 제품인 에이서 스위치 알파12에 탑재했다¹⁰⁾.

2.4 LiteOS

LiteOS는 화웨이가 IoT를 위해 자체 개발한 IoT 운영체제이다. 보다 많은 기기에 탑재하기 위해 10kb의 크기로 경량화를 진행했다¹¹⁾.

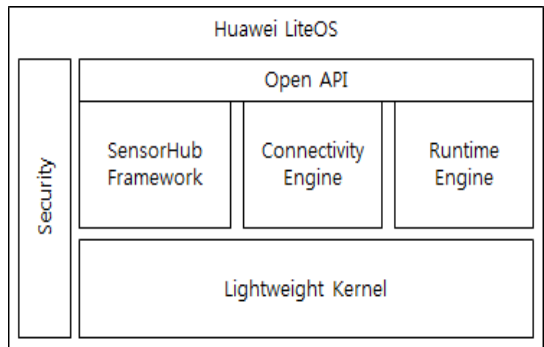


그림 4. 화웨이 LiteOS의 구조
Fig. 4 Architecture of Huawei LiteOS

LiteOS는 스마트 홈, 웨어러블 디바이스, 스마트 카 등 다양한 분야의 IoT 영역에서 사용할 수 있는 오픈소스 API를 제공한다.

6) P. Trebilcox-Ruiz, “Introducing Brillo and Weave”, <https://code.tutsplus.com/tutorials/introducing-brillo-and-weave-cms-25859>, Feb. 26, 2016.

7) Brillo/Weave Part 1: High Level Introduction, http://events.linuxfoundation.org/sites/events/files/slides/Brillo%20and%20Weave%20-%20Introduction_v3_1.pdf.

8) Google Fuchsia, https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Fuchsia.

9) Magenta and LK, https://fuchsia.googlesource.com/magenta/+master/docs/mg_and_lk.md.

10) I. Akhtar, “What is Google Fuchsia?“, <https://www.cnet.com/news/what-is-google-fuchsia/>, Aug. 15, 2016.

11) Huawei LiteOS: Concept and Value, <http://developer.huawei.com/ict/en/site-iot/article/liteos-overview>.

그림 4는 화웨이 LiteOS의 구조를 나타낸다. Lightweight 커널위에 센서허브 프레임워크와 커넥티비티 엔진, 런타임 엔진 등이 있다.

Lightweight 커널은 작은 커널 크기, 저전력 소비, 빠른 응답시간의 특징을 갖는다. 센서 프레임워크는 적은 딜레이, 높은 정밀도, 지능적 센싱 등의 기능을 제공한다.

커넥티비티 엔진은 더 많은 프로토콜, 넓은 연결성, 지능적 연결성을 제공한다. 자바스크립트 VM과 자바스크립트 프레임워크를 통해 가벼운 IoT 디바이스를 위한 자바스크립트 프로그램 개발을 가능하게 한다.

2.5 윌OS(YunOS)

윌OS는 알리바바의 자회사 알리클라우드에서 개발한 안드로이드 소스 오픈 프로젝트 기반의 스마트폰을 위한 IoT 운영체제이다. 중국어로 Yun은 클라우드를 의미한다¹²⁾.



그림 5. 인터넷 커넥티드 카 ‘룽웨 RX5’
Fig. 5 Internet connected Car ‘Roewe RX5’

알리바바가 중국 최대 자동차업체 상하이자동차와 2년여에 걸쳐 공동 개발한 인터넷 커넥티드 카 (Internet connected Car) ‘룽웨 RX5’를 판매한다. 그림 5는 ‘룽웨 RX5’를 나타낸다. 이 차량은 상하이자동차의 브랜드 룽웨에 윌OS를 탑재한 SUV 모델이다¹³⁾. IoT 운영체제가 이 차량에 탑재됨으로써 교통

수단외의 기능을 다수 사용하게 될 것이다. 알리페이 시스템을 통해 주차 공간을 예약하거나 커피를 주문하고 결제할 수 있다.

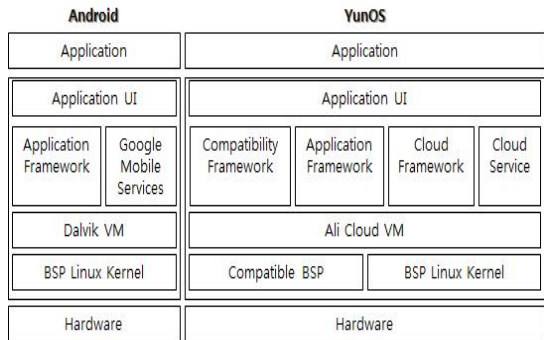


그림 6. 안드로이드와 윌OS의 구조
Fig. 6 Architecture of Android and YunOS

그림 6은 안드로이드와 윌OS의 구조를 비교한 것이다. Board Support Package(BSP)는 PC에서 BIOS가 하는 일과 유사하게 하드웨어와 시스템이 연결되는 것을 돕는 일을 한다. 윌OS는 두 개의 BSP를 가지고 있는데, 하나는 안드로이드 호환성을 위해 사용하고, 다른 하나는 자체 시스템을 위해 사용한다.

각각의 운영체제에서 동작하는 가상머신은 서로 다르다. 안드로이드는 달빅 가상머신이 동작하는데 비해, 윌OS는 알리클라우드 가상머신이 동작한다. 알리클라우드 가상머신은 달빅 가상머신에 비해 11%의 성능 향상이 있다고 한다.

윌OS는 네이티브 앱을 실행하는 앱 프레임워크와 안드로이드 앱의 실행을 지원하는 별도의 호환성 프레임워크를 가지고 있다. 윌OS는 안드로이드의 Google Mobile Services(GMS)와 같은 자체의 클라우드 서버 프레임워크를 가지고 있어서 다른 안드로이드 앱의 도움 없이 동작한다.

12) V. Raj, “Meet Alibaba YunOS” Third Most Popular Mobile Operating System“, <https://www.tech.ink/871/alibaba-yunos-cloud-os-top-features>, July 28, 2016.

13) Bloomberg News, “Alibaba Wants a Slice of the World’s Largest Car Market”, <https://www.bloombergn.com/news/articles/2016-07-06/jack-ma-s-answer-to-apple-google-cars-begins-with-china-s-saic>.

표 1. IoT 운영체제의 정보
Table 1. IoT OSs Information

Name	Tizen	Brillo	Fuchsia	LiteOS	YunOS
Developer	Linux Foundation, Tizen Association, Samsung, Intel	Google	Google	Huawei	Alibaba
Written in	HTML5, C, C++	C, C++	Dart, C	Javascript	
OS family	Unix-like	Android	Android	Linux based	Android
Initial release	January 5, 2012	October 2015	August 2016	May 2015	July 28, 2011
Latest release	2.4/October 22,2015				5.0/December 10, 2015
Official website	www.tizen.org	developers.google.com/brillo/	fuchsia.googlesource.com	www.huawei.com/minisite/iot/en/liteos.html	www.yunos.com

III. IoT 운영체제의 기술 동향 분석

체제들(타이젠, 브릴로, 푸크시아, LiteOS, 윤OS)을 조사하여 비교하였다.

본 논문에서는 현재 IoT에서 많이 사용 중인 운영

표 2. IoT 운영체제의 소스 모델, 플랫폼, 커널 타입, 라이선스 비교
Table 2. Comparison of IoT OSs Source Model, Platform, Kernel Type and License

Name	Tizen	Brillo	Fuchsia
Source model	Operating system: Open source SDK: Closed-source	Open source	Open source
Platform	ARM and x86	ARM, Intel x86, and MIPS-based hardware	ARM(32/64 bit) and PC(64 bit)
Kernel type	Monolithic kernel		Microkernel
License	Operating system: GPL v2, LGPL, Apache License, BSD, Flora License SDK: Freeware	Apache License	Revised BSD, MIT, Apache 2

표 1은 IoT 운영체제의 기본 정보들을 비교한 것이다. 타이젠은 C, C++외에 HTML5로 작성되었으며, 푸크시아는 Dart로 작성되었고, LiteOS는 자바스크립트로 작성되어 있으며, 타이젠이 유닉스 계열이고, LiteOS가 리눅스 기반인데, 브릴로와 푸크시아, YunOS는 안드로이드 기반이라는 것을 알 수 있다.

표 2는 IoT 운영체제의 소스 모델과 플랫폼, 커널

타입, 라이선스 사항들을 나타낸다. 대부분이 오픈 소스 방식을 지원하고 있음을 알 수 있다.

기존 IoT 운영체제의 플랫폼은 대부분 ARM이나 x86을 지원하고 있다. IoT 운영체제의 대상은 타이젠이나 브릴로, 푸크시아를 볼 때 IoT 기기를 넘어 모바일 기기나 PC로 대상을 넓혀 모든 기기를 통합하는 방향으로 진행되는 것을 알 수 있다. 윤OS의 경우

에는 스마트카에 탑재하여 제품을 출시하기도 했다.

타이젠은 모놀리식 커널인데 반해, 푸크시아는 마이크로 커널을 사용하고 있다. 모놀리식 커널은 운영체제의 기능의 모든 것이 단일 메모리 공간에서 행해지고, 동일한 프로세스를 처리할 때 사용되는 문맥 교환이나 프로세스간 통신 등에 의한 과부하는 상대적으로 작아지게 된다[7]. 모놀리식 커널에 여러 기능을 중도에 추가하여 규모가 커지게 되면 운영체제의 기능을 동적으로 바꾸거나 갱신하는 것이 어렵게 되는 문제가 발생할 가능성이 높다[4].

마이크로 커널은 운영체제에 필요한 최소한의 메커니즘만을 제공하는 커널이다[8]. 이러한 메커니즘에는 낮은 수준의 주소 공간 관리, 스레드 관리, 프로세스간 통신(IPC)을 포함한다[5].

LiteOS는 보다 많은 IoT 기기에 탑재하기 위해 커널의 크기를 10kb로 경량화를 진행하기도 한다.

IoT 운영체제는 IoT 기기를 대상으로 하기 때문에 대부분 마이크로 커널 형태로 진행되는 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 현재 IoT에서 많이 사용 중인 운영체제들의 기술동향을 분석하였다.

기존 IoT 운영체제의 플랫폼은 대부분 ARM이나 x86을 지원하고 있으며, 타이젠이나 브릴로, 푸크시아를 볼 때 IoT 운영체제는 단순히 IoT 기기들만 사용하는 것이 아니라 모바일 기기, PC에서도 적용되는 것을 알 수 있다. 또한, 스마트 카 외에도 다양한 제품군으로 확대되는 것을 알 수 있다.

IoT 운영체제는 IoT 기기를 대상으로 하기 때문에 모놀리식 커널보다는 대부분 마이크로 커널 형태로 진행되는 것으로 보인다.

IoT 기기의 시장이 급격하게 증가하고, IoT 운영체제의 필요성이 증가하는 상황에서 분석 결과는 다양한 IoT 관련 응용서비스를 개발할 때 이용한 IoT 플랫폼

을 선정하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각한다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 한국전자통신학회 추계 종합 학술대회 우수논문을 확장한 논문임.

References

- [1] O. Vermesan and P. Fries, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. Aalborg: River Publishers, 2013.
- [2] H. Moon, "A Study on UX-Design as a Model for Data-driven Apps in IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 7, 2015, pp. 819-825.
- [3] D. Ryu, "Development of IoT Gateway based on Open Source H/W," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 9, 2015, pp. 1065-1070.
- [4] D. Ryu, "Development of Open IoT platform based on Open Source Hardware & Cloud Service," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 5, 2016, pp. 485-490.
- [5] P. Gaur and M. Tahiliani, "Operating Systems for IoT Devices: A Critical Survey," *2015 IEEE Region 10 Symp.*, Ahmedabad, India, May 2015, pp. 33-36.
- [6] G. Vashisht and R. Vashisht, "A Study on the Tizen Operating System," *Int. J. of Computer Trends and Technology(IJCTT)*, vol. 12, no. 1, 2014, pp. 14-15.
- [7] I. Stankov and G. Spasov, "Discussion of Microkernel and Monolithic Kernel Approaches," *Int. Scientific Conf. Computer Science*, Reading, UK, May 28-31, 2006.

14) Monolithic kernel, https://ko.wikipedia.org/wiki/Monolithic_kernel.

15) Microkernel, <https://ko.wikipedia.org/wiki/Microkernel>.

- [8] J. Liedtke, "Towards Real Microkernels,"
Communications of the ACM, vol 39, no. 9,
Sept. 1996, pp. 70-77.

저자 소개



이요섭(Yo-Seob Lee)

1990년 숭실대학교 전자계산학과
졸업(공학사)

1992년 숭실대학교 대학원 컴퓨터
학과 졸업(공학석사)

1999년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학박사)

2016년 ~ 현재 평택대학교 컴퓨터학과 교수

※ 관심분야 : 모바일 애플리케이션, 네트워크보안,
모바일 포렌식, 머신 러닝, IoT



문필주(Phil-Joo Moon)

1988년 숭실대학교 전자계산학과
졸업 (공학사)

1991년 숭실대학교 대학원 컴퓨터
학과 졸업 (공학석사)

1998년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업 (공학박사)

1988년 ~ 2001년 ETRI 책임연구원(팀장)

2001년 ~ 현재 평택대학교 정보통신학과 교수

※ 관심분야 : 엑세스망기술, 인터넷워킹, 모바일
애플리케이션, 네트워크보안, 머신 러닝, IoT

