



## **An Analysis of Research Challenge for Coexistence Problem in IoT Environments**

**BeomSeok Kim<sup>1</sup>, Seokhoon Kim<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Department of Software Engineering, Changshin University*

*<sup>2</sup>Department of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University*

---

### **ABSTRACT**

Recently, rapid advances in wireless communication technology led to arrive internet of things (IoT) which is next generation of information and communication technology (ICT). IoT network is composed of different devices with different wireless communication technologies. In this environment, each device can suffer from interference from other devices, and it can be the major reason of significant performance degradation. In addition, the number of devices dramatically increase due to advent of IoT paradigm, and each communication technology has different characteristics such as data rate, signal strength, power consumption, and channel composition. Thus, above problem of performance degradation may be intensified. More specifically, a communication technology which transmits with lower signal strength has more sensitive for external interference from other communication technologies which transmit with higher power. However, interference mitigation schemes for coexistence problem considering IoT environment are not exist, and the existing interference mitigation schemes for traditional communication technologies cannot be directly applied to IoT environment because they do not consider external interference from different communication technologies. In this paper, we first introduce coexistence problem which is the major reason of network performance degradation due to external interference, and we also analyze existing work for mitigating interference in traditional wireless networks. Based on results of analyzing existing interference mitigation scheme for coexistence problem in traditional wireless network, we suggest research direction considering with coexistence situation in IoT environments.

© 2016 KKITS All rights reserved

---

**KEYWORDS :** IoT, Internet of things, Coexistence problems, Interference mitigation, Heterogeneous networks

---

**ARTICLE INFO:** Received 13 June 2016, Revised 20 June 2016, Accepted 20 June 2016.

---

---

\*Corresponding author is with the Department of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro Shinchang-myun Asan, 31538, KOREA. *E-mail address:* seokhoon@sch.ac.kr

## 1. 서론

무선통신 기술의 발전으로 다양한 형태의 무선 기기들의 소형화, 높은 신뢰성 및 낮은 전력 소모량을 이룩할 수 있게 되었다. 이러한 기술적인 요인으로 인해 최근 새로운 통신 기술의 패러다임인 사물인터넷(IoT: Internet of Things)이 대두되었다 [1, 2]. 사물인터넷은 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신 기능을 부여함으로써 서로 연결되어 정보를 주고 받고, 상호작용을 통해 다양한 서비스를 제공하는 것을 목표로 하는 개념이다.

최근 이러한 사물인터넷을 구현하기위해 다양한 형태의 무선통신기술을 활용하는 사례가 늘고 있다 [3-7]. 또한, 사물인터넷의 개념이 정립되기 이전부터 사용되던 WiFi, Bluetooth, Zigbee 뿐만 아니라 사물인터넷으로 인해 생겨난 새로운 요구사항을 만족시킬 수 있는 LPWAN (Low Power Wide Area Network) 기술도 연구되고 있다 [8, 9].

이러한 다양한 형태의 통신 기술들은 대부분 비허가대역(licensed band)을 사용하며, 각 통신 기술들이 같은 주파수 대역을 활용하여 통신하게 된다. 하지만 같은 주파수 대역을 사용하는 통신 기기들 간에는 간섭이 발생하여 서로의 성능을 저하시키게 되는 문제점을 가지고 있다. 또한, 전송률, 신호세기, 채널 접근 방법, 채널 구성 등 각 통신 기술이 가지는 기술적인 특징이 상이하기 때문에 이러한 성능저하 문제는 더욱 심화될 수 있다. 이와 같이 간섭으로 인한 성능저하 문제를 공존성 문제로 정의할 수 있다 [10-11].

한편, 이러한 공존성 문제는 사물인터넷의 개념이 대두되기 전부터 WSN(Wireless Sensor Network), WPAN(Wireless Personal Area Network) 및 WLAN(Wireless Local Area Network) 등과 같은 무선통신기술을 운용하는데 주요한 성능저하 요인으로 인식되어 다양한 연구가 진행되었다 [12-15].

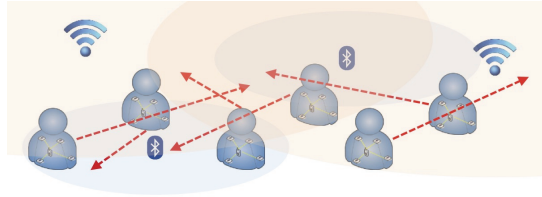


그림 1. 사물인터넷 환경에서의 공존 상황의 예  
Figure 1. An example of coexistence situation in IoT environment

하지만 사물인터넷의 대두로 인해 무선 기기의 수가 급격하게 증가하고 있으며, 이로 인해 동일 주파수 대역을 사용하는 통신 기술간의 간섭이 심화되어가고 있으므로 이러한 공존성 문제에 대한 연구가 더욱 필요한 시점이라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 사물인터넷 환경에서 발생할 수 있는 공존성 문제를 분류하고, 기존의 공존성 문제 해결 방안을 분석한다. 또한, 이를 토대로 추후 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제 해결에 대한 새로운 시각의 접근 방법과 연구 방향을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제를 분석하며, 3장에서는 기존의 공존성 문제 해결 방안들을 살펴본다. 4장에서는 분석된 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제를 해결할 수 있는 다양한 연구 시각과 방향을 제시하며, 5장에서는 결론을 내린다.

## 2. 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제

<그림 1>과 같이 사물인터넷을 구성하는 다양한 기기들은 각기 목표로 하는 서비스의 요구사항에 따라 다양한 형태의 무선통신 기술을 사용하며, 다수의 기기가 좁은 공간에 밀집된 형태로 공존하는 특징을 가진다. 이렇게 이기종 통신 기기들이 사용하는 주파수대역은 <그림 2>와 같이 대부분 비허가 ISM (Industrial, Science and Medical) 대역을 공유하여 사용하고 있다. 이러한 경우에는 각 통신 기기들에서 발생하는 전파가 서로에게 간섭을 일

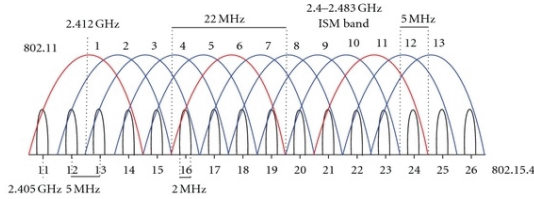


그림 2. ISM 대역에서의 채널 구성  
Figure 2. Channel composition of ISM frequency band

으킬 수 있으며, 이는 성능 저하의 주요한 원인이 될 수 있다. 특히 사물인터넷 환경에서는 이러한 통신 기기들의 수가 급격하게 증가되고, 배치 밀집도도 높아지므로 간섭으로 인한 성능저하 문제는 기존의 통신 환경보다 훨씬 심각할 수 있다.

사물인터넷 환경에서의 공존성 문제는 기존의 네트워크 기술에서 초점을 맞춘 동기종 통신 기기 간의 간섭으로 인해 발생하는 공존성 문제와는 달리, 이기종 통신 기기 간의 간섭으로 인해 발생하는 공존성 문제가 빈번히 발생한다. 이기종간의 공존성 문제의 경우에는 서로 다른 통신 기술을 가지는 통신 기기들의 상호 정보교환이 불가능하며, 이를 가능하게 하기 위해서 중간 매개체가 필요하다는 문제를 가지고 있다. 또한, 각 통신 기술이 가지는 기술적인 특징이 상이하기 때문에 상대적으로 받는 간섭의 정도와 민감도가 다르게 되며, 이로 인해 특정 통신 기술을 기반한 통신기기들의 성능저하가 일어날 수 있으므로 동기종간의 공존성 문제보다 더욱 심각하게 일어날 수 있다.

따라서, 이기종 통신기술이 혼용되어 사용되는 사례가 자주 발생하는 사물인터넷 환경을 고려했을 때에는 이기종간 통신기기 간의 공존성 문제를 적극적으로 해결해야 할 필요성이 있다 볼 수 있다.

### 3. 기존 공존성 문제 해결 방안

사물인터넷의 개념이 도입되기 전에도 공존성 문제는 통신 성능을 저하시키는 주요 원인으로 인

지되어 이와 관련된 다양한 연구가 진행되었으며, 크게 동기종 및 이기종 통신기술간의 공존성 문제 해결 방안으로 나뉠 수 있으며, 각 방안들은 MAC 계층의 채널 접근에 초점을 맞춰 진행되었으며 세부적인 분석은 아래와 같다.

#### 3.1 단일 채널에서의 채널접근을 통한 공존성 문제 해결방안

동기종 통신기술간의 공존성 문제 해결방안으로 공존 상황에 있는 다수의 네트워크들이 서로간의 협상을 통해 전송 시간을 스케줄링 하는 TDMA 기반의 간섭 문제 해결 방안이 있다 [12]. 하지만 이 방안에서는 각 네트워크의 전송시간 스케줄을 위해 발생하는 정보교환 및 스케줄링 오버헤드가 존재하며, 이기종 통신기기로부터 발생하는 간섭을 고려하지 않았으므로 사물인터넷 환경에는 적합하지 않다. 한편, 경쟁기반의 채널 접근을 기반으로 한 공존성 문제 해결 방안도 연구되었다 [13]. 해당 방안은 CSMA/CA 기법과 TDMA 기법을 혼용하여 데이터의 우선순위를 부여함으로써 간섭이 발생하는 환경에서도 간섭을 완화시키는 방안이다. 하지만 사물인터넷과 같이 밀집된 형태로 공존하는 상황에서는 높은 지연시간과 높은 전력소모가 발생하므로 사물인터넷 환경에는 적합하지 않다.

#### 3.1 다중 채널에서의 채널접근을 통한 공존성 문제 해결방안

통신 주파수 대역을 구성하는 다수의 채널 활용하여 간섭을 회피하고자 하는 방안들도 존재한다. HRMA (Hop Reservation Multiple Access) 기법 [14]은 네트워크를 구성하는 각 노드에게 미리 정의된 호핑 기법을 통해 가용채널을 할당하는 기법으로, sink 노드가 가용채널을 탐색하므로 간섭이 발생할

수 있는 채널을 사전에 회피할 수 있다는 장점이 있다. 이와 비슷한 방안으로 클러스터 기반의 WSN에서 클러스터가 수집한 채널 정보를 기반으로 가용 채널 중 임의의 채널을 선택하여 네트워크를 운용하는 방안도 제안되었다 [15]. 하지만 이와 같은 방안들은 채널 탐색으로 인한 오버헤드가 존재한다는 문제점을 가지고 있으며, 무선 환경이 가변적인 경우에는 사용 채널을 지속적으로 바꿔야하기 때문에 채널 호핑으로 인한 전력소모량의 증가와 전송 효율의 감소와 같은 문제점이 있다.

#### 4. 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제 해결을 위한 연구방향

앞서 살펴본 것과 같이 사물인터넷을 구성하는 통신기기들은 밀집된 형태로 분포되며, 이들간의 간섭으로 인한 성능저하가 발생할 수 있다는 문제점이 있다. 또한, 기존의 공존성 문제 해결 방안들은 사물인터넷 환경과 같이 이기종 통신기기들이 혼용되는 상황을 고려하지 않고 설계되었기 때문에 사물인터넷 환경에는 적합하지 않다. 한편, 사물인터넷 환경을 고려한 공존성 문제와 관련된 연구는 아직 진행되지 않았다. 따라서 본 절에서는 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제를 해결하기 위한 연구방향을 제시한다.

첫 번째 연구방향은 단일 채널을 사용하는 관점에서의 공존성 문제 해결이다. 사물인터넷을 구성하는 통신 기기들은 초기에 설정된 채널만을 사용하는 기기들이 존재할 수 있으며, 특정 채널을 사용하는 기기들의 수가 증가함으로 성능저하가 발생할 수 있다. 따라서 다수의 기기들이 단일 채널에 접근함에 있어 이들을 관리하여 채널 사용율을 극대화 시키는 방안이 필요하다. 사물인터넷에서는 이러한 단일 채널을 사용하는 기기들로부터 수집될 수 있는 네트워크 특성정보를 활용하여 채널

사용을 관리하는 것이 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

두 번째 연구방향은 다중 채널을 활용하여 서로간의 간섭을 회피하는 것이다. 최근 양산되고 있는 RF 모듈들은 채널은 변경할 수 있게 설계되어 있다. 따라서 간섭이 발생하는 채널을 회피하여 상대적으로 원활한 통신을 할 수 있는 채널을 찾고, 이를 활용하는 방안이 필요하다. 또한 사물인터넷 환경을 고려하여 상대적으로 높은 컴퓨팅 자원을 가지는 기기가 채널정보를 수집하고 가공하여 제공해준다면 기존의 다중채널 기법이 가지는 문제점을 보완할 수 있을 것이다.

세 번째 연구방향은 이기종 통신 기기의 통합 관리 방안이다. 사물인터넷을 구성하는 다수의 기기들은 다중 네트워크 인터페이스를 가지며, 이들을 활용하여 서로 연결이 되어있다는 특징을 가진다. 특히 이기종 통신기기들 간의 연결도 gateway와 같은 중간 매개체를 통해 가능하다. 이러한 환경에서 각 기기에서의 매체접근 방법을 통한 공존성 문제 해결방안은 최적화된 기법으로 볼 수 없다. 따라서 각 기기들이 사용하는 네트워크 인터페이스와 채널을 통합 네트워크 관점에서 관리하여 전체적인 네트워크의 성능과 용량을 증가시키는 방안도 연구될 필요성이 있다.

#### 5. 결 론

사물인터넷 환경에서는 이기종 통신 기술을 기반으로 한 통신 기기들이 공존할 수 있으며, 서로간의 간섭으로 인해 통신 성능이 저하되는 공존성 문제가 발생할 수 있다. 하지만 사물인터넷 환경을 고려한 공존성 문제 해결에 관한 연구는 진행되지 않고 있다. 본 논문에서는 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제를 분석하고, 기존의 공존성 문제 해결 방안을 살펴보았다. 또한 분석 결과를 토대로 사물

인터넷 환경에 적합한 공존성 문제 해결을 위한 연구방향으로 단일 채널, 다중 채널, 네트워크 통합 관점에서 제시하여 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제 해결 연구의 기반을 마련하였다.

## References

- [1] D. Bandyopadhyay, and J. Sen, *Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization*, Wireless Personal Communications, vol. 58, No. 1, pp. 49-69, 2011.
- [2] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, *The internet of things: A survey*, Journal of Computer Networks, Vol 54, pp. 2787-2805, 2010.
- [3] C. Lee, *A design and implementation of library utilization system based on beacon*, Journal of Knowledge and Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 4, pp. 493-499, 2015.
- [4] J. Kim, *Agricultural products management system using internet-of-things*, Journal of Knowledge and Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 3, pp. 403-412, 2015.
- [5] G. Kim, H. Kim, and C. Kim, *A two-way packet transmission to reduce network fragmentation for 802.11p WAVE*, Journal of Knowledge and Information Technology and Systems, Vol. 9, No. 5, pp. 563-570, 2014.
- [6] J. Yang, and Y. Kwon, *IT convergence case management for the improvement of quality of long-term care service*, Journal of Knowledge and Information Technology and Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 341-350, 2014.
- [7] Y. Oh, *Development of NFC-based on smart campus using smart poster for the disabled and non-disabled student*, Journal of The Knowledge Information Technology Society, Vol. 7, No. 6, pp.235-244, 2012.
- [8] G. M. Koien, *Reflections on trust in devices: An informal survey of human trust in an internet-of-things context*, Wireless Personal Communications, Vol. 61, No. 3, pp. 495-510, Aug. 2011.
- [9] M. Bor, J. Vidler, and U. Roedig, *LoRa for the internet of things*, International Conference on Embedded Wireless Systems and Network, pp. 361-366, 2016.
- [10] W. Yuan, X. Wang, and J. Linnartz, *A coexistence model of IEEE 802.15.4 and IEEE 802.11b/g*, Proceeding of 14th IEEE Symposium on Communication and Vehicular Technology in the Benelux, pp. 1-5, 2007.
- [11] J. Huang, G. Xing, G. Zhou, and R. Zhou, *Beyond co-existence: Exploiting WiFi white space for ZigBee performance assurance*, Proc. of IEEE International Conference on Network Protocols, pp. 305-314, Oct. 2010.
- [12] M. Deylami and E. Jovanov, *An implementation of a distributed scheme for managing the dynamic coexistence of WBANs*, IEEE Region 3 South East Conference, pp. 1-6, 2013.
- [13] B. Kim, and J. Cho, *A priority-based channel access algorithm for contention-based MAC protocol in WBANs*, International Conference on Ubiquitous Information and Communication, Feb. 2012.
- [14] Z. Tang, and J.J. Garcia-Luna-Aceves, *Hop-reservation multiple access (HRMA) for ad-hoc networks*, 25<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), pp. 194-201, 1999.
- [15] N. Abdeddaim, F. Theoleyre, F. Rousseau, and A. Doda, *Multi-channel cluster tree for*

802.15.4 wireless sensor networks, International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication, pp. 590-595, 2012.

### 감사의 글

본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

## 사물인터넷 환경에서의 공존성 문제 연구 분석

김범석<sup>1</sup>, 김석훈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>창신대학교 소프트웨어공학과

<sup>2</sup>순천향대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

### 요 약

최근 급격하게 발전하고 있는 무선 통신 기술로 인해 차세대 ICT(Information and Communication Technology) 기술로 각광받고 있는 사물인터넷 (IoT: Internet of Things)이 대두되고 있다. 사물인터넷의 네트워크는 이기종 통신기술을 기반으로 한 이기종 통신 기기들로 구성되어 있으며, 이러한 환경에서 각 통신 기기들은 서로간의 간섭에 영향을 받아 통신 성능 저하 문제를 가지게 된다. 또한, 사물인터넷 환경에서 통신 기기의 수가 급격하게 늘어나고 있으며, 각 통신기술은 전송률, 전송신호세기, 전력소모량, 채널구성 등의 상이한 특징을 가지고 있다. 따라서 상대적으로 낮은 성능을 가지는 통신기술은 보다 높은 성능을 가지는 통신기술로부터 발생하는 간섭에 취약할 수 있으며, 이러한 성능저하 문제는 더욱 심각해 질 수 있다. 하지만 사물인터넷을 고려한 간섭 회피 방안에 대한 연구는 아직 진행되지 않았으며, 기존의 통신기술을 위한 간섭 회피 방안들은 사물인터넷 환경에 적합하지 않아 적용이 불가하다는 문제가 있다. 본 논문에서는 간섭으로 인해 발생하는 성능저하 문제를 공존성 문제로 정의하고 사물인터넷 환경에서 발생하는 공존성 문제에 대해 분석한다. 또한 분석한 내용을 바탕으로 사물인터넷 환경을 고려한 공존성 문제 해결 방안에 대한 연구 방향을 제시하여 사물인터넷 관련 공존성 문제 연구의 초석을 마련한다.



**BeomSeok Kim** received his B.S. and M.S. degree in computereengineering from Kyung Hee University, Korea in 2010 and 2012, respectively.

He is currently a Ph.D. student at Kyung Hee University, Korea. Currently, he is an assistant professor at Department of Software Engineering, Changshin University, Korea. His research interests include wireless sensor networking, IoT networking, and embedded systems.

E-mail address: kimbs@cs.ac.kr



**Seokhoon Kim** received the B.E. and Ph.D. degrees in computer engineering from Kyunghee University, Korea, in 2000 and 2004, respectively.

He currently works as an Assistant Professor in the Department of Software Engineering at Soonchunhyang University, Asan, Korea. His research interests comprise Cloud Computing, IoT, SDN, Mobile System/Communications, and Machine Learning based on Bigdata.

E-mail address: seokhoon@sch.ac.kr