

RFID 리더들을 위한 채널 할당 방법 모델링

김용택, 배성우, 양정규, 노형환, 성영락, 박준석, 오하령
국민대학교 전자공학과
e-mail : demonkuri@naver.com

Channel Assignment Method Modeling for RFID Readers

Yong Taek Kim, Sung Woo Bae, Jung Kyu Yang, Hyoung Hwan Roh,
Yeong Rak Seong, Jun Seok Park, Ha Ryoung Oh
Dept. of Electrical Engineering, Kookmin University

요 약

RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템에서는 리더와 태그가 무선으로 통신을 하기 때문에 리더와 태그의 수가 많아지게 되면 서로간에 신호의 충돌이 발생한다. 이러한 충돌을 해결하기 위해서는 각각의 리더가 서로 다른 시간에 동작하거나 사용하는 채널을 달리하여 충돌을 해결할 수 있다. 본 논문에서는 셀 분할 기법을 적용하고 각각의 셀이 채널 운용을 다르게 하도록 하여 충돌 문제를 해결하였다. 그 방법으로 주파수 호핑(Frequency Hopping) 방식과 CCA(Clear Channel Assessment) 기법을 사용할 것을 제안한다. 그리고 제안한 방법을 시뮬레이션 하기 위해 모델링 하는 방법에 대해 살펴 보겠다.

1. 서론

UHF 대역 RFID 시스템에서는 860-960 MHz 대의 주파수를 사용하여 리더와 태그가 무선으로 통신한다. 실제 환경에서는 여러 개의 리더와 태그 때문에 860-960MHz 대의 주파수를 여러 채널로 나누고, 그 중 하나의 채널을 액세스함으로 리더와 태그간의 통신이 이루어진다.

근래에 들어 UHF 대역 RFID 시스템이 대중화 됨에 따라 리더의 수가 많아지면서 다중 리더 환경에서 통신을 원활하게 하기 위한 방법 연구가 활발히 진행되고 있다. 두 개 이상의 리더가 동시에 통신을 하고자 할 경우, 리더 서로간에 신호 간섭에 의해 충돌 현상이 발생한다. 이러한 충돌 현상을 줄이기 위해 이동통신에서 사용하고 있는 셀 분할(Cell Planning) 기법을 RFID 시스템에 적용하여 보도록 하겠다.

하지만 셀 분할 기법을 사용한다 하더라도 셀 내에서 두 개 이상의 리더가 동시에 통신 하거나 주변 셀과 같은 채널을 사용하게 되면 리더 상호간의 간섭이 여전히 존재하게 되어 통신이 어렵게 된다. 그래서 본 논문에서는 셀 내에서의 리더간 충돌과 주변 셀들과의 채널 중복 현상을 해결하기 위한 방법으로 채널 할당 방법 중 하나인 주파수 호핑(Frequency Hopping) 방식과 채널의 사용유무를 판단한 후 사용하는 Clear Channel Assessment (CCA) 방식을 제안한다.

RFID 시스템에서의 채널을 할당하고 액세스하는 방법은 이산사건 시스템으로 모델링 될 수 있다. 일반적인 RF 시스템은 연속적인 시간에, 변하는 상태 값도 연속적인 값을 가지는 연속(Continuous)

시스템이다. 하지만 본 논문에서는 RFID 시스템을 RF 적인 측면 보다는 시스템 전체적인 동작 측면에서 분석하고자 한다. 이 경우 RFID 시스템은 몇 개의 유한한 동작 상태가 임의의 시간에 임의의 상태로 바뀌는 이산사건 (Discrete Event) 시스템으로 표현될 수 있다. 본 논문에서는 이산사건 시스템을 모델링 하는 방법중의 하나인 DEVS(Discrete Event System Specification) 형식론[1]을 사용하여 제안된 방법들을 모델링 하였다. DEVS 형식론이란 Zeigler 에 의해 제안된 것으로 이산사건 시스템을 모듈 별로 나누어서 계층적으로 모델링 할 수 있는 방법이다.

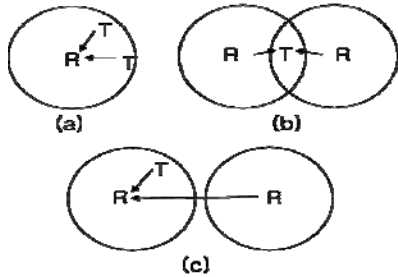
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 FH-CCA 방식에 대해 알아보고 3 장에서는 이산사건 시스템을 모델링 하는 방법인 DEVS 형식론에 대해서, 4 장에서는 DEVS 형식론을 사용하여 FH-CCA 방식을 어떻게 모델링 했는지 알아보도록 한다. 마지막 5 장은 본 논문의 결론이다.

2. FH-CCA 방법

2.1. RFID 시스템에서의 충돌 현상

RFID 시스템에서의 충돌은 크게 3 가지로 구분된다. 태그 충돌, 멀티 리더 대 태그 충돌, 리더간의 충돌이 그것이다[2]. 태그 충돌은 리더의 통신 영역 안에 여러 개의 태그가 존재할 때 리더의 요청 신호에 대해 여러 개의 태그가 응답을 할 경우 발생한다(그림 1)(a). 태그 충돌에 대한 해결책은 이미 각 표준안에 제시 되어있다. ISO/IEC 18000-6 Type A 와 EPCglobal Class 1 Generation 2 의 경우는 Aloha 기반의 통신 규약을, ISO/IEC 18000-6 Type B 의 경우는 Binary

tree 기반의 통신 규약을 두어 태그 충돌을 해결하고 있다[3][4].



[그림 1] (a) 태그 충돌 (b) 멀티 리더 대 태그 충돌 (c) 리더 대 리더 충돌

멀티 리더 대 태그 충돌은 두 개 이상의 리더가 통신 영역이 겹쳐지는 위치에 있는 태그를 액세스 할 때 발생한다([그림 1](b)). 이 경우 태그 입장에서는 두 개 이상의 신호가 동시에 들어오게 되어 그 신호를 식별 할 수 없게 된다. 이런 충돌을 줄이기 위해 리더가 각각 다른 시간에 동작하게 하기 위한 중재 기법이 필요하다.

또 다른 충돌로 리더 대 리더 충돌이 있다. 이것은 리더가 통신을 할 때 근접한 리더의 신호가 통신을 방해하여 충돌이 일어나는 현상이다([그림 1] (c)). 이 경우 근접한 리더의 신호 세기가 미약하여 태그는 인식할 수 없지만 태그보다 수신감도가 좋은 리더 입장에서는 태그의 역산란(backscatter) 신호와 충돌이 일어나게 되어 통신에 방해받게 된다. 이러한 충돌은 근접한 리더들끼리 서로 다른 채널을 사용하여 통신함으로써 줄일 수 있다.

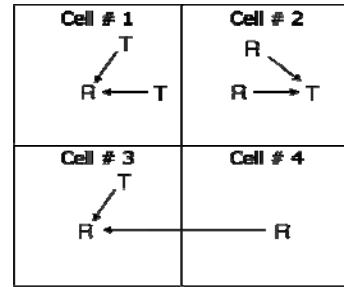
본 논문에서는 Band CCA 기법을 사용하여 리더가 각각 다른 시간에 동작하도록 하고, Frequency Hopping 기법과 Channel CCA 기법을 사용하여 인접 리더간에서 서로 다른 채널을 사용하도록 하여 충돌문제를 해결하였다.

2.2. 셀 분할 기법 (Cell planning)

RFID 시스템에서 셀 분할 기법이란 공간을 리더와 태그의 집합으로 이루어진 존으로 나누는 것을 말한다. [그림 2]와 같이 하나의 셀 안에 여러 리더와 여러 태그가 존재할 수 있다. 이 경우 어떤 자원을 중심으로 설계하느냐에 따라 달라진다. 태그 자원 중심은 리더의 중복을 허용하고, 중복된 리더의 충돌은 주파수 호핑을 통한 채널 공유로 해결할 수 있다. 한편, 리더 자원은 태그의 중복을 허용하고, 리더의 충돌은 LBT를 통한 시간 공유로 해결할 수 있다. 본 논문에서는 리더의 중복을 허용하는 태그 중심의 셀로 설계하였다.

한 셀 내에서는 동시에 둘 이상의 리더가 같은 태그들을 읽고자 하는 경우, 태그는 리더들의 신호를 구분할 수 없다. 즉, 한번에 하나의 리더만이 태그와 통신할 수 있다. 따라서 동시에 하나 이상의 리더가 통신하기 위해서는 다수의 셀이 필요하다. 이 경우

주파수 호핑이나 LBT 기법을 통하여 셀들이 서로 다른 채널을 이용하면 충돌 없이 통신이 가능하다.



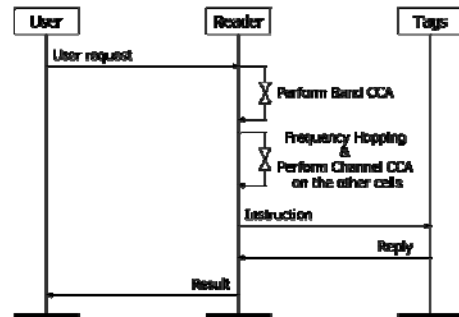
[그림 2] 셀 분할 기법

2.3. FH-CCA 방법

다수의 리더 환경에서 통신이 원활히 이루어지기 위해 셀 개념을 도입하였다. 하지만 셀 내에서의 리더 충돌과 셀 간의 채널 충돌 현상은 여전히 문제점으로 남아있다. 이에 본 논문에서는 주파수 호핑 방식과 CCA 기법을 사용하여 문제를 해결할 것을 제안한다.

제안된 방법에서는 리더가 통신을 시작하기 전에 Band CCA를 수행하여 셀 내에서 통신중인 리더가 있는지를 확인한다. Band CCA란 리더가 사용 가능한 채널 대역 전체를 확인하여 다른 리더가 사용 중인지를 확인하는 것이다. Band CCA를 수행하여 셀 내에서 통신하고 있는 리더가 없다고 확인이 되면 사용할 채널을 주파수 호핑 방식으로 결정한다. 주파수 호핑 방식을 사용하여 채널을 할당하면 근접한 리더와 채널이 중복될 확률을 줄일 수 있다. 하지만 여전히 그 위험은 남아있기 때문에 Channel CCA 기법을 사용하여 결정된 채널을 주변의 셀이 사용 중인지를 한 번 더 확인하는 과정을 거친다.

[그림 3]은 FH-CCA 방식의 동작 시나리오를 나타낸다. 리더는 사용자의 요청이 들어오면 Band CCA를 수행하여 셀 내에서의 다른 리더들이 통신 중인지를 파악한 후 주파수 호핑 방식을 통해 먼저 채널을 설정한다. 그리고 채널을 사용하기 전 CCA 기능을 이용하여 주변 셀들의 채널 상태를 확인한 후 해당 채널이 사용 가능한 상태이면 태그와 통신한다.



[그림 3] 동작 시나리오

3. DEVS 형식론

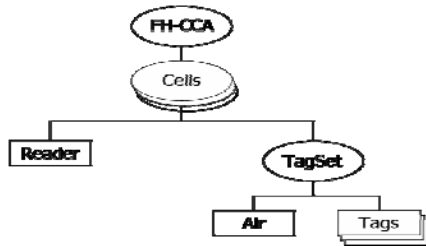
본 절에서는 이산사건 모델링 형식론인 DEVS

형식론에 대하여 기술한다. DEVS 형식론은 모델링 대상인 객체들을 명료하고 일반적인 방법으로 기술함으로써 일관된 시스템의 표현을 가능케 한다. 형식론을 채택하여 시스템을 관찰하고자 하는 초점에서 추상화하여 모델링 함으로써 모델과 실제 문제와의 관련성을 높일 수 있다.

DEVS 형식론은 모델을 계층적으로 분해해서 나타내기 위하여 atomic DEVS 모델과 coupled DEVS 모델로 나누어서 모델을 표현하고 있다. Atomic 모델은 더 이상 나눌 수 없는 모델로서 입출력 단자를 통하여 다른 모델들과 상호 통신하며 동작한다. Coupled 모델은 시스템의 각 구성요소 모델들이 서로 어떻게 연결되어 신호를 교환하는지를 기술하며, atomic 모델들 또는 coupled 모델들을 그의 구성요소로 가진다. 시스템의 동작은 각 atomic 모델들이 서로 사건을 주고 받으며 시간에 따라 상태를 변화하는 과정으로 표현되며 coupled 모델은 각 구성요소 모델간의 사건전달 경로를 정한다.

4. 모델링

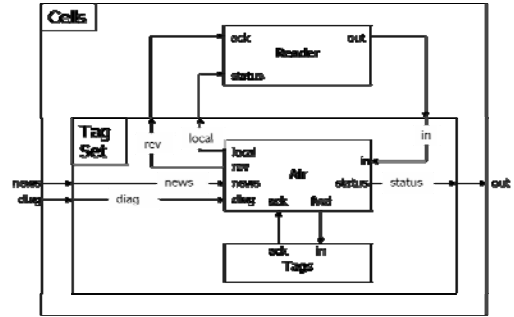
4.1. 모델 구조



[그림 4] FH-CCA 모델의 계층적 구조

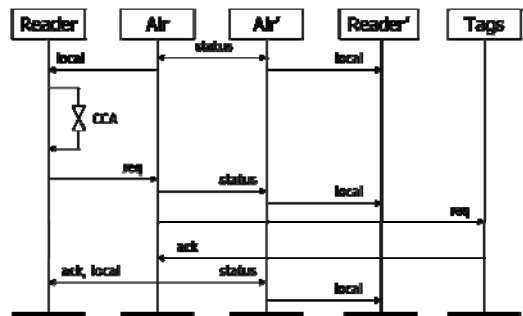
[그림 4]는 FH-CCA 모델의 계층적 구조를 나타낸 것이다. 그림과 같이 여러 개의 Cells 모델(coupled)의 집합으로 FH-CCA 모델을 나타내었다. Cells 라는 커다란 모델 안에 Reader 모델(atomic)과 TagSet 모델(coupled)을 두었다. TagSet 모델은 Air 모델(atomic)과 여러 개의 Tags 모델(atomic)로 구성 되어있다. 여기서의 Reader 모델과 Tags 모델은 일반적인 RFID 리더와 태그를 나타내는 것이다.

[그림 5]는 모델링 한 FH-CCA 모델을 각 모델들의 입출력 연결로 나타낸 것이다. 각 Cells 모델들은 서로의 채널 상태를 알리기 위해 입출력이 서로 연결되어 있다. 셀의 좌표 값에 따라서 Cells 모델의 출력인 out 이 다른 Cells 모델의 news 또는 diag 로 입력이 된다. 기준이 되는 셀의 상, 하, 좌, 우에 위치한 셀들은 news, 각 대각선에 위치한 셀들은 diag 가 되는 것이다.



[그림 5] FH-CCA 모델의 입출력 구조

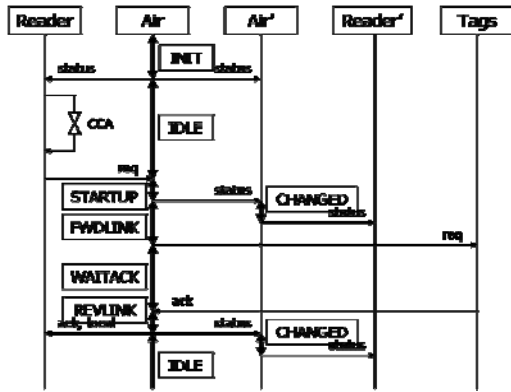
4.2. 모델 구조



[그림 6] Air 모델 중심의 동작 시나리오

[그림 6]은 FH-CCA 방식을 Air 모델의 동작을 중심으로 나타낸 것이다. 동작을 시작하게 되면 Air 모델은 주변의 Air 모델들과 서로의 채널 정보를 주고 받은 후 자신이 속한 셀 내의 Reader 모델에게 채널 정보를 알려준다. Reader 모델은 Air 모델로부터 받은 채널 정보를 바탕으로 CCA를 실행한 후 Air 모델에게 요청 신호를 보낸다. 리더로부터 요청 신호를 받은 Air 모델은 자신의 채널 상태를 status 포트로 출력하여 주변의 셀로 전송한다. 그리고 fwd 포트로 요청 신호를 출력하여 태그에게 전송한다. 태그와의 통신이 성공적으로 끝나면 ack 신호를 받아서 리더에게 전달해 준다. 그리고 채널의 사용이 종료되었음을 status 포트를 통해 주변의 셀에게 알려준다.

실제 동작 시나리오에서는 리더가 CCA를 통하여 채널의 상태를 확인할 수 있었는데, DEVS 형식론에서는 한 모델이 다른 모델의 상태를 알아내는 것이 어렵기 때문에 실제의 CCA를 표현할 수 없다. 하지만 한 모델이 다른 모델들에게 자신의 상태를 알리는 것은 가능하여 Air 모델이 다른 Air 모델들이나 Reader 모델에게 채널의 상태를 알리게 하여 CCA와 같이 동작하도록 하였다. Status 신호가 그것이다. Air 모델은 자신이 속한 셀의 채널 상태가 변할 때마다 채널 상태를 업데이트하여 주변의 Air 모델이나 Reader 모델에게 알려준다. Status 신호는 셀 ID와 채널 번호를 포함하고 있다. 이러한 status 신호를 통하여 Air 모델은 주변의 셀들이 어떤 채널을 사용 중인지를 판별할 수 있는 것이다.



[그림 7] Air 모델의 상태 분할

[그림 7]과 같이 Air 모델을 DEVS 형식론에 기반하여, 입출력 발생 시점을 기준으로 상태를 INIT, IDLE, STARTUP, FWDLINK, WAITACK, REVLINK, CHANGED로 나누었다. INIT 상태는 Air 모델의 초기 상태로 이웃 셀들이 서로 status 를 교환하고 리더에게도 해당 내용을 전달하는 상태이다. IDLE 상태는 채널을 사용하지 않는 상태로 Reader 모델로부터 req 입력 신호를 받게 되면 STARTUP 상태로 천이한다. STARTUP 상태에서는 통신이 진행중임을 주변 셀들에게 알려주고 FWDLINK 상태로 천이한다. FWDLINK 상태는 채널의 forward link 가 사용중인 상태로 대상에게 메시지를 전달 후 WAITACK 상태로 천이한다. WAITACK 상태는 forward link 로 전달한 입력에 대한 응답을 기다리는 상태로 응답을 받으면 REVLINK 상태로 천이한다. REVLINK 상태는 채널의 reverse link 가 사용중인 상태이다. 리더에게 ack 를 전달 후 IDLE 상태로 천이한다. 이때 동시에 이 채널을 감지하고 있는 장치들에게 채널이 비었음을 알려준다. 그리고 IDLE, FWDLINK, WAITACK, REVLINK 상태에서 다른 Air 모델로부터 status 입력을 받으면 CHANGED 상태로 천이한 후 채널의 상태를 업데이트 하고 다시 원래의 상태로 천이한다.

각 Air 모델은 모든 이웃 셀의 Air 모델의 active 채널을 기록하는 자료구조 cells 를 가진다. 외부에서 status 를 알리는 메시지가 오면 그 내용을 cells 에 기록(NEWS 와 DIAG 는 구분) 한다. 자신에게 연결된 리더가 메시지를 보내었을 때, 그 메시지에서 사용하는 채널이 사용 가능한 상태인지 확인하여 아닐 경우 충돌로 처리한다. 자신에게 연결된 리더가 어떤 채널을 사용중인 상태에서, status 메시지와 충돌되는 경우도 있다.

5. 결론

UHF 대역 RFID 시스템이 활성화 됨에 따라 리더의 수가 많아지면서 충돌 문제에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 다중 리더 환경에서 리더간의 충돌 문제를 해결하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

본 논문에서는 리더간의 충돌을 해결하기 위해 셀 분할 기법을 도입하였다. 셀 분할 기법에서 셀 내의 리더 충돌을 해결하기 위해 Band CCA 기법을 사용하

고, 셀 간의 리더 충돌을 해결하기 위해 주파수 호핑 방식을 사용하여 채널을 설정하고 Channel CCA 기법으로 확인하는 방법을 사용하였다. 제시한 방법을 DEVS 형식론을 사용하여 모델링 하였으며 앞으로 DEVS 형식론을 추상화한 시뮬레이션 툴인 DEVSim++를 사용하여 시뮬레이션 해 봄으로써 그 성능을 분석할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국기술연구소(MIC) 및 정보통신연구진흥원(IITA)의 지원아래 진행된 IT R&D 프로젝트와 Brain Korea 21 프로젝트의 일환임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] Bernard P. Zeigler. Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation. Academic Press, 1984.
- [2] Yeong Rak Seong, Ha Ryoung Oh, Ho Jun Song, Byung Jun Jang, Sung Woo Bae, Hong Goo Cho, Eui Seok Song, Myoung Sub Jeong, and Juno Kim. Arbitration of UHF-band mobile RFID readers. In *Proceedings of the 6th Asia Pacific International Symposium on Information Technology*, pages 281-288, 2007.
- [3] ISO/IEC JTC 1. Information technology - radio-frequency identification for item management - part 6: parameters for air interface communications at 860 MHz - 960 MHz, 2004.
- [4] EPCglobal. EPCTM radio-frequency identity protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz - 960 MHz, 2004.