

# 무선 USB 디바이스의 이동성 지원을 위한 무선USB 클러스터 트리 기반의 분산 예약 프로토콜

이성로 · 김정욱 · 양준철 · 방종대 · 김동진 · 조용욱 · 김범무 · 양후열  
목포대학교

## WirelessUSB Cluster Tree based Distributed Reservation Protocol for Mobility Support of Wireless USB device

Seong Ro Lee · Jeong Uk Kim · Jun Cheol Yang · Jong Dae Bang · Dong Jin Kim  
Yong Ok Jo · Beom Mu Kim · Hu Yeol Yang  
Mokpo National University  
E-mail : srlee@mokpo.ac.kr

### 요 약

본 논문은 UWB 기술 기반 무선 USB(WUSB) 프로토콜에서, 디바이스들의 이동성으로 인해 발생하는 Private Distributed Reservation Protocol (DRP) 예약 충돌 현상을 분석한다. 그리고 Private DRP 예약 충돌 시 발생하는 성능 저하를 감소시키기 위해 Private DRP 충돌 회피 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 Private DRP 충돌 회피 프로토콜은 DRD (Dual Role Device)를 이용하여 3홉 범위의 디바이스들의 이동으로 인한 충돌을 방지하는 기법을 제안한다.

### 키워드

무선 USB 클러스터 트리 · 분산예약프로토콜

## 1. 서 론

무선 USB는 유선 USB의 성공을 기반으로 하여 UWB 기술을 USB 기술과 결합시켜서, 유선 USB와 같은 PAN 뿐만 아니라, WPAN 어플리케이션에도 적용이 가능하도록 하였다. 무선 USB 프로토콜은 기존의 USB 2.0과의 호환을 위해 호스트와 디바이스들 사이의 고속의 통신 링크를 정의하였기 때문에, 유선 USB 어플리케이션에도 쉽게 적용할 수 있다. 무선 USB는 'hub and spoke' 모델을 이용하여 무선 USB 호스트와 디바이스들을 연결한다 [1]. 무선 USB 호스트는 중앙에서 'hub'의 역할을 하며, 각각의 무선 USB 디바이스는 'spoke'의 종단에 위치한다. 각각의 spoke는 호스트와 디바이스사이의 접대점 연결

을 의미한다. 이와 같이, 하나의 호스트와 여러 개의 디바이스에 의해 형성된 네트워크를 무선 USB 클러스터라고 부른다.

모든 무선 USB 클러스터에는 단 하나의 호스트만이 존재하며, 무선 USB 호스트는 무선 USB 클러스터 내에 있는 무선 USB 디바이스들과 데이터를 주고받는다. 또한, 자신의 클러스터 내에 존재하는 무선 USB 디바이스들에게 타임 슬롯을 할당하며, 무선 USB 디바이스들과의 데이터 교환을 스케줄링한다.

무선의 특성 때문에, 무선 USB 프로토콜은 장치들의 이동성을 고려해야한다. 그러나, 현재 무선 USB 프로토콜은 무선 USB 장치들의 이동성을 지원하지 않는다. 따라서, 무선 USB 장치들로 구성되는 홈 네트워크 환경에서, Private DRP 충돌이 빈번하게 발

생할 수 있다. 이러한 이동하는 디바이스간 충돌을 방지하기 위해, 본 논문에서는 무선 USB 프로토콜에서 발생하는 Private DRP 예약 충돌 현상을 분석한다. 그리고 Private DRP 예약 충돌 시 발생하는 성능저하를 감소시키기 위해 DRD (Dual Role Device)를 이용한 새로운 Private DRP 충돌 회피 기법을 제안한다.

## II. 본론

본 논문에서는 새로운 Private DRP 충돌 방지 기술을 제안한다. 제안하는 기술은 DRD (Dual Role Devices)를 이용한다. 그리고 새로운 SetWUSBData(DRPIE Info) request와 새로운 Private DRP 예약 협상 과정을 필요로 한다. 무선 USB 표준은 DRD 디바이스가 단일 송수신기상에서 무선 USB 호스트와 무선 USB 디바이스로 시간상으로 구분되어 동작하는 것을 허용한다. 무선 USB 기술 규격에서는, DRD가 무선 USB 호스트로 동작하는 모드를 DRD-host로, 무선 USB 디바이스로 동작하는 모드를 DRD-device로 명명하였다.

그림 1은 무선 USB 클러스터간 무선 링크 생성으로 트리 토폴로지가 형성되는 예를 보여준다. 이 무선 USB 클러스터 트리에서, 무선 USB 클러스터 1에 속한 DRD-host H1은 자신의 클러스터 내 무선 USB 멤버 디바이스들 뿐 아니라, 무선 USB 클러스터 2와 3에 속하는 무선 USB 디바이스들까지 관리할 수 있다. 이와 같은 방식으로, 대규모의 멀티홉 무선 USB 망이 구성될 수 있다. 또한 클러스터 내의 멤버 디바이스들의 예약 정보를 모두 파악할 수 있기 때문에, 디바이스의 이동에 따른 DRP 예약 충돌을 방지할 수 있다.

그림 2는 SetWUSBData(DRPIE Info) request의 포맷을 나타낸다. 제안된 기술에서는, 무선 USB 호스트가 SetWUSBData(DRPIE Info) request의 DRP IE 필드 내 (b1-b2) 비트들을 사용하여 Operation Info 정보를 전송한다. DRP IE 정보 필드는 무선 USB 호스트에 의해 전송된다. 무선 USB 호스트로부터 비컨을 통해 Operation Info 비트들을 포함한 DRP IE 정보필드가 전송된 이후, 무선 USB 호스트의 비컨을 수신한 무선 USB 디바이스들은 지정된 무선 USB 디바이스의 타입과 그 디바이스의 DRP 예약정보를 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 새로운 SetWUSBData(DRPIE Info) request를 사용하기 위해서는, WUSB 시그널링에서 새로운 Private DRP 협상과정이 요구된다. 새로운 Private DRP 예약과정을 시작하기 위해서, 무선 USB 호스트는 GetStatus(MAS Availability) request를 전송하여 특정 디바이스의 각 MAS(Medium Access Slot) 사용가능여부 정보를 얻어낸다. 무선 USB 호스트로부터 GetStatus(MAS Availability) request를 수

신한 무선 USB 디바이스는 사용가능한 MAS 정보를 담고 있는 이웃 디바이스들의 비컨들을 수신하여 정보를 취합한다. 그 후, 무선 USB 디바이스는 GetStatus(MAS Availability) request에 대해 bmMASAvailability (MAS Availability) 필드를 사용하여 응답한다. 무선 USB 디바이스들로부터 GetStatus(MAS Availability) response들을 수신한 무선 USB 호스트는 GetStatus(Extended MAS Availability) request를 전송하여 자신 주변의 3홉 범위 Hidden Private DRP 예약 상태 정보를 수집한다. 무선 USB 호스트로부터 GetStatus(Extended MAS Availability) request를 수신한 무선 USB 디바이스는 사용가능한 MAS들에 관한 이웃 디바이스들의 비컨들을 수신하여 자신의 2홉 범위 이웃디바이스들의 Private DRP 예약 상태 정보를 수집한다. GetStatus(Extended MAS Availability) response들을 수신한 무선 USB 호스트는 GetStatus(MAS Availability)와 GetStatus(Extended MAS Availability) response들에 의해 제공되는 MAS 예약 정보를 바탕으로 서로 중첩되지 않는 MAS 슬롯들을 선택한다. 중첩되지 않는 MAS들을 선택한 후, 무선 USB 호스트는 SetWUSBData(DRPIE Info) request를 전송한다. SetWUSBData(DRPIE Info) request를 전송한 후, 무선 USB 호스트는 SetFeature(TX\_DRPIE) request를 무선 USB 디바이스들에게 전송하여 그들의 비컨 내에 해당 DRP IE를 포함시킬 것을 지시한다. 무선 USB 디바이스가 본 무선 USB 채널에 대한 기존 DRP IE를 갖지 못한 때에는 수신된 DRP IE를 자신의 비컨에 단지 추가하면 되고, 이 무선 USB 채널에 대해 기존 DRP IE를 갖고 있을 때에는, 기존 DRP IE를 새로운 DRP IE로 교체해야만 한다. DRP 예약을 종료하기 위해, 무선 USB 호스트는 ClearFeature(TX\_DRPIE) request를 사용한다.

## III. 성능분석

그림 3은 각각의  $m_n$ 과 물리 계층의 데이터 전송 속도에 따른 무선 USB 장치의 수율을 보여주고 있다.  $m_n$ 은 특정장치가 기준 장치로부터 1홉 범위 더 가깝게 안으로 들어오는 확률을 의미한다. 그림 3에서, 각각의 장치들이 전송하는 프레임의 크기는 4095바이트로 고정시켰다. 이 결과는 각 장치들의  $m_n$ 이 증가하면 증가할수록, 무선 USB 장치의 수율은 감소한다는 것을 보여주고 있다. 이는 각 장치들의  $m_n$ 이 증가하면 3홉 DRP 예약 충돌이 증가하기 때문이다.

그림 4는 무선 USB 장치의 수율과 전송 프레임 크기 간의 관계를 나타낸다. 그림 4에서 보인 바와 같이,  $m_n$  확률의 증가가 3홉 DRP 예약 충돌을 직접적으로 발생시키기 때문에  $m_n$  확률에 따라 무선 USB 장치의 수율은 비례적으로 크게 감소함을 알 수 있다

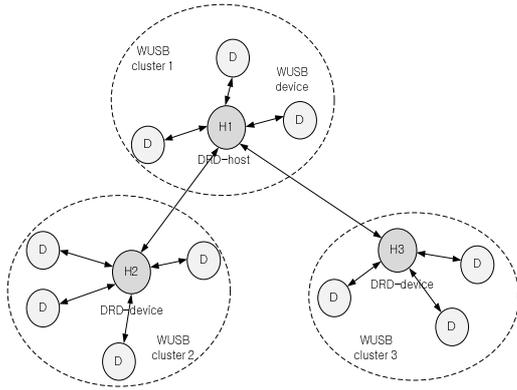


그림 1. DRD를 사용한 무선 USB 클러스터 다중 홉 트리 구조 토폴로지.

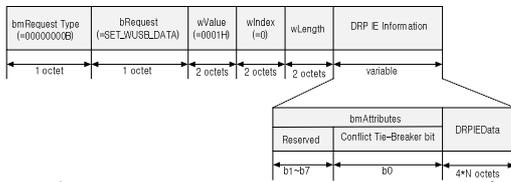


그림 2. SetWUSBData(DRP Info) request의 포맷

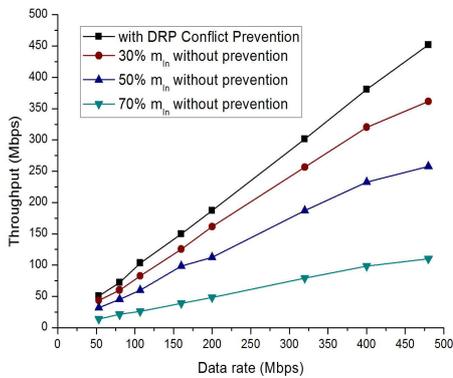


그림 3. 데이터 전송 속도에 따른 무선 USB 장치의 수율

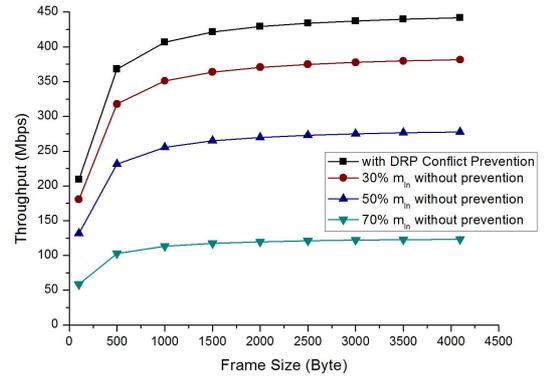


그림 4. 프레임의 크기 따른 무선 USB 장치의 수율

#### IV. 결론

본 논문은 Dual Role Devices (DRD)와 새로운 Operation Info bits를 이용하여 이동성이 높은 무선 USB 디바이스들 사이에서 빈번하게 발생할 수 있는 private DRP 예약 충돌을 막기 위한 새로운 기법을 제안하였다. 시뮬레이션 결과는 제안한 기법이 무선 USB 디바이스의 이동성을 지원할 뿐만 아니라, 디바이스들의 수율을 크게 증대시킴을 보여주고 있다. 또한 제안된 기법은 무선 USB 네트워크의 멀티홉 네트워크로의 확장을 가능하게 할 수도 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2011-0029321)  
 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980)

#### 참 고 문 헌

- [1] Certified Wireless USB from the USB-IF, <http://www.usb.org/developers/wusb/>
- [2] USB-IF, <http://www.usb.org/home/>