

V2X서비스 활용 및 블루투스 인증시험을 위한 블루투스 v6.0 분석

전선수, 성경모, 임성묵

한국정보통신기술협회

ssjeon@tta.or.kr, skm@tta.or.kr, seongmook.lim@tta.or.kr

Bluetooth v6.0 analysis for V2X service utilization and Bluetooth qualification testing

Jeon Seon Su, Sung Kyung Mo, Lim Seong Mook

Telecommunications Technology Association(TTA)

요약

본 논문은 2024년 9월 공개된 Bluetooth v6.0 규격의 주요 내용을 분석하여 Bluetooth 시험인증에 활용하는 방법을 연구한다. Bluetooth v6.0의 주요 기능 중 하나인 Channel Sounding 기능을 규격, 퍼처, 시험규격, 인증 활용 등 다양한 관점에서 분석하여 V2X 등 Bluetooth 제품을 서비스에 활용하고 인증을 준비하는 기업에 도움이 될 것으로 기대한다.

I. 서론

2024년 9월 Bluetooth SIG(Special Interest Group)에서 Bluetooth v6.0을 공개했다. Bluetooth는 2.4 GHz 주파수 대역을 사용하는 근거리 통신 기술이며, Bluetooth SIG는 Bluetooth 표준을 개발하는 비영리 단체이다.[1] Bluetooth는 V2X(Vehicle To Everything)의 타이어 압력 모니터링 시스템, 배터리 관리 시스템 등 다양한 서비스에 활용될 수 있다.[2] Bluetooth v6.0은 6개의 신규 및 개선된 기능을 소개한다. 본 논문에서는 v6.0의 주요 기능 중 하나인 Channel Sounding 기능을 분석하고자 한다. Channel Sounding은 Bluetooth 제품 간의 거리를 계산하는 기능이다. 이 기능을 이용하여 더욱 강력한 위치측위 서비스를 구현할 수 있다.

한편, Bluetooth 기술을 사용하여 제품을 만드는 기업은 Bluetooth SIG로부터 인증을 획득해야 한다. 본 논문에서는 Channel Sounding 기능이 추가되면서 인증 획득을 위한 퍼처 및 인증시험 항목에 대해서 분석한다.

한편, Bluetooth SIG에서는 Bluetooth 인증을 완료하지 않고 상용화시킨 제품에 대해서 감시 프로그램을 운영하고 있으므로, Bluetooth 기술을 사용한 제품은 반드시 Bluetooth 인증 절차를 완료해야 한다.[4]

2. Bluetooth v5.4 까지의 대표 기능

본 절에서는 Bluetooth v5.4까지의 대표 기능에 대해서 정리한다. 현재 Bluetooth v4.2부터 유효한 규격이며, v4.2 이전의 규격들은 철회되었다. v4.2의 경우 LE(Low Energy) 연결에 대한 보안 개선이며, v5.0의 경우 전송 속도와 전송거리 확대가 추가되었다. v5.1의 경우 방향에 대한 위치측위이며, v5.2의 경우 LE 오디오가 포함되었으며, v5.3과 v5.4는 Advertising 패킷에 대한 개선이다. 표 1은 v4.2부터 v5.4까지의 대표 기능들이다.

표 1. 규격 베전별 대표 기능

규격 베전	대표 기능
v4.2	· LE Secure Connections
v5.0	· 2 Msym/s PHY for LE · Long Range for LE
v5.1	· Angle of Arrival (AoA) and Angle of Departure (AoD)
v5.2	· LE Isochronous Channels
v5.3	· AdvDataInfo in Periodic Advertising
v5.4	· Advertising Coding Selection

3. Bluetooth v6.0의 기능

본 절에서는 Bluetooth v6.0의 기능들에 대해 기술한다. Bluetooth v6.0에서는 아래와 같이 6개의 대표 기능이 소개되었다.[5]

- Channel Sounding, including Channel Sounding HCI Updates
- LL Extended Feature Set
- Decision-Based Advertising Filtering
- Enhancements for ISOAL
- Monitoring Advertisers



그림 1. Bluetooth 인증 프로세스

· Frame Space Update

v6.0은 LE기술 활용에 초점을 맞추었다. Channel Sounding은 LE기술을 기반으로 Bluetooth 제품 간의 거리를 계산하는 기능이며, 나머지 기능 역시 LE기술을 기반으로 사용된다.

Channel Sounding은 기능은 CS프로시저의 패킷 교환으로 거리를 계산할 수 있다. CS프로시저는 한 개 이상의 CS이벤트 패킷으로 구성된다. CS이벤트는 한 개 이상의 CS서브이벤트로 구성된다. CS서브이벤트는 한 개 이상의 CS스텝으로 구성된다. 그림 2는 CS프로시저의 구성을 나타낸다.

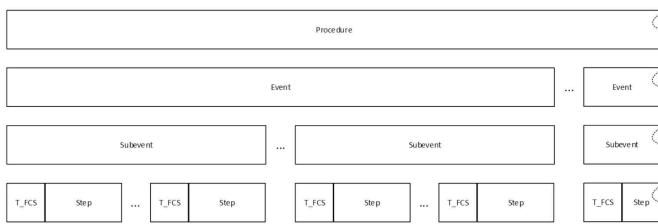


그림 2. CS프로시저 구조

4. 인증시험을 위한 Bluetooth v6.0 분석

Bluetooth v6.0 RFPHY 구현적합성 명세서[6]에는 Channel Sounding에 대한 내용이 포함되어 있다. CS Initiator는 CS Reflector에 요청 패킷을 보내고, CS Reflector는 CS Initiator에서 보낸 요청 패킷에 대한 응답 패킷을 보낸다. CS mode-1 지원시 CS Step에서 round-trip time 패킷을 이용하며, CS mode-2 지원시 CS Step에서 phase-based ranging 패킷을 이용한다. CS mode-3 지원시 CS mode-1과 CS mode-2 모두 지원하는 것을 의미한다. 표 2는 RFPHY 구현적합성 명세서의 Channel Sounding 부분을 나타낸다.

표 2. RFPHY 구현적합성 명세서 - Channel Sounding

Item	Capability	Reference	Status
1	CS Initiator	[6] 4.6.4.1 [7] 4.3	O
2	CS Reflector	[6] 4.6.4.1 [7] 4.3	O
3	CS Antenna Array	[5] 5.3	O
4	CS Phase-Based Measurements	[5] 6	M
5	CS Mode-1	[5] 3.4	M
6	CS Mode-2	[5] 3.4	M
7	CS Mode-3	[5] 3.4	O
8	TX/SNR	[5] 3.1.3	O
9	LE 2M 2BT	[5] 3, 4	C.1

RFPHY 시험규격[7]에는 Channel Sounding에 대한 시험항목이 포함되어 있다. RFPHY 구현적합성 명세서의 모든 item을 지원한다면 총 28개의 시험항목에 대해서 인증 시험을 진행해야 한다. 표 3은 Channel Sounding에 대한 시험항목을 나타낸다.

표 3. Channel Sounding 시험항목

RFPHY/TRM/CS/BV-01-C	Stable Phase, 1 Ms/s, CS_Tone
RFPHY/TRM/CS/BV-02-C	Stable Phase, 2 Ms/s, CS_Tone
RFPHY/TRM/CS/BV-03-C	Modulation Characteristics, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-1
RFPHY/TRM/CS/BV-04-C	Modulation Characteristics, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-3
RFPHY/TRM/CS/BV-05-C	TX SNR Output Control, 1 Ms/s, Mode-1
RFPHY/TRM/CS/BV-06-C	TX SNR Output Control, 1 Ms/s, Mode-3
RFPHY/TRM/CS/BV-07-C	TX SNR Output Control, 2 Ms/s, Mode-1

RFPHY/TRM/CS/BV-08-C	TX SNR Output Control, 2 Ms/s, Mode-3
RFPHY/TRM/CS/BV-09-C	TX SNR Output Control, 2 Ms/s, Mode-1, BT = 2.0
RFPHY/TRM/CS/BV-10-C	TX SNR Output Control, 2 Ms/s, Mode-3, BT = 2.0
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-01-C	Step Mode-0, Frequency Verification, 1 Ms/s
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-02-C	Step Mode-0, Frequency Verification, 2 Ms/s
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-03-C	Step Mode-0, Frequency Verification, 2 Ms/s, BT = 2.0
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-04-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 1 Ms/s, Mode-1
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-05-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 1 Ms/s, Mode-2
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-06-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 1 Ms/s, Mode-3
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-07-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 2 Ms/s, Mode-1
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-08-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 2 Ms/s, Mode-3
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-09-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-1
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-10-C	Step Main Mode, Frequency Verification, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-3
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-11-C	Phase Measurement Accuracy, 1 Ms/s, Mode-2, Reflector
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-12-C	Phase Measurement Accuracy, 1 Ms/s, Mode-3, Reflector
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-13-C	Phase Measurement Accuracy, 2 Ms/s, Mode-3, Reflector
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-14-C	Phase Measurement Accuracy, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-3, Reflector
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-15-C	Phase Measurement Accuracy, 1 Ms/s, Mode-2, Initiator
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-16-C	Phase Measurement Accuracy, 1 Ms/s, Mode-3, Initiator
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-17-C	Phase Measurement Accuracy, 2 Ms/s, Mode-3, Initiator
RFPHY/TRM-RCV/CS/BV-18-C	Phase Measurement Accuracy, 2 Ms/s, BT = 2.0, Mode-3, Initiator

III. 결론

본 논문에서는 Bluetooth 인증 절차를 소개하고 2024년 9월 공개된 Bluetooth v6.0에 포함된 기능을 분석했다. 특히, 주요 기능인 Channel Sounding에 대해서 분석했다. Channel Sounding 기능이 추가됨에 따라 기존 Bluetooth 제품 간의 위치 방향만 측정할 수 있었던 것에 더불어 거리 측정까지 가능하게 되었다.

Bluetooth는 V2X 등 다양한 서비스에 활용될 수 있다. Bluetooth 제품을 개발할 때에는 Bluetooth SIG로부터 인증 획득이 필요하므로, 인증시험의 관점에서 Channel Sounding 기능을 분석했다. 이로써 Bluetooth 인증을 획득하고자 하는 기업의 인증 시험 준비에 도움이 될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획 평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00199, 커넥티드 자율 주행을 위한 5G-NR-V2X 성능검증)

참 고 문 헌

- [1] 정지예, “인증시험 응용을 위한 블루투스 v5.1 분석”, 2019, 한국통신 학회 하계종합학술발표회
- [2] Charles Dittmer, “Bluetooth Use Cases for V2X Automotive Applications”, February 26, 2024, www.bluetooth.com
- [3] Bluetooth SIG, “Qualification Program Reference Document v3”.
- [4] Bluetooth SIG, “Trademark License Enforcement Program v6”.
- [5] Bluetooth SIG, “Bluetooth Core Specification Version 6.0”.
- [6] Bluetooth SIG, “Radio Frequency Physical Layer (RFPHY)/ICS p10”.
- [7] Bluetooth SIG, “Radio Frequency Physical Layer (RFPHY)/Test Suite p22”.