

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

V2X 핸드오버 규격서(가제)

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일


문서 정보

구 분	소 속	성 명	비 고
제 목	V2X 핸드오버 규격서		
작성자 및 검토자	한국전자기술연구원	성동규	
	한국전자기술연구원	정한균	
문서 버전	1.1		
상 태	작성 중		
문서 소유	한국전자기술연구원		

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일


문서 변경 정보

문서 버전	작성일자	작성자	내 용
1.0	2024. 10. 11.	성동규	• 초안 작성
1.1	2025. 7. 30.	성동규	• V2X 핸드오버 보완 사항 추가

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일


차 례

1. 개요	6
2. 약어	6
3. 네트워크 이동성 기술	7
3.1. MobileIP	7
3.1.1. 장치	7
3.1.2. 메시지	7
4. V2X 핸드오버	8
4.1. 장치	8
4.1.1. RSU(HA)	8
4.1.2. RSU(FA)	8
4.1.3. OBU	9
4.2. 메시지	10
4.2.1. V2X 핸드오버 WSA 메시지	10
4.2.2. V2X 핸드오버 IP 패킷 메시지	11
4.3. V2X 핸드오버 장치 등록정보	14
4.3.1. OBU(HA) 등록정보	14
4.3.2. OBU(FA) 등록정보	14
4.3.3. V2X 핸드오버 RSU(HA) 등록정보	14
4.4. V2X 핸드오버 RSU 선택 절차	15
4.4.1. V2X 핸드오버 장치의 위치정보	16
4.4.2. V2X 핸드오버 수신감도	17
4.4.3. V2X 핸드오버 PER	17
4.5. V2X 핸드오버 WSA IP 주소 체계	17
4.6. V2X 핸드오버 IP 터널링	18
4.7. V2X 핸드오버 라우팅 테이블	18
4.7.1. V2X 핸드오버 라우팅 테이블 설정 예시	18
4.8. V2X 핸드오버 OBU의 co-located CoA	19
4.9. V2X 핸드오버 보안 사항	19
4.9.1. MAC(Link-Layer Address)	19
4.9.2. RP Filtering	20
4.9.3. 통신중첩영역 핸드오버	20
4.9.4. Binding Update	20
4.9.5. 라우트 최적화(Route Optimization)	22
5. V2X 핸드오버 장치의 참여 조건	23
5.1. RSU(들)과 CN의 IP 통신환경 예시	23
5.2. V2X 핸드오버 장치 제약 사항	23
6. V2X 핸드오버 시스템 구성	24
7. V2X 핸드오버 절차	25
7.1. OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청	25
7.2. OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청	26

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

7.2.1. Home Address가 있음
7.2.2. Home Address가 없음
8. 별첨1. Registration Reply 응답코드(code) 항목

26
27
29


	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

1. 개요

본 문서는 MobileIP 표준을 응용한 V2X 핸드오버 기술로 서로 다른 네트워크 환경(서브넷)을 갖는 기지국(RSU)을 넘나드는 V2X 통신기기(OBU)가 고정된 IP 주소로 IP 통신의 연속성을 갖기 위한 규격서이다. 규격서에는 V2X 핸드오버에 참여하는 장치의 V2X 핸드오버 참여조건, 통신 메시지, 절차를 정의한다.

2. 약어

V2X	Vehicle to Everything
WAVE	Wireless Accesss in Vehicular Environment
WSA	Wave Service Advertisement
WRA	Wave Routing Advertisement
IP	Internet Protocol
MN	Mobile Node
HA	Home Agent
FA	Foreign Agent
CN	Correspondent Node

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

3. 네트워크 이동성 기술

본 장에서는 네트워크 이동성 기술인 MobileIP에 대해 기술한다.

3.1. MobileIP

본 절에서는 MobileIP에 대해 기술한다. RFC 5944(IP Mobility Support for IPV4) 표준에 정의된 MobileIP는 이동하는 장치가 서브넷이 다른 네트워크 영역을 이동할 때, 고정된 IP 주소로 네트워크와 접속을 유지하는 내용을 포함한다.

3.1.1. 장치

본 항에서는 MobileIP의 장치를 기술한다. MobileIP 장치는 MobileIP 표준 기능을 수행하는 장치로 아래 [표]는 MobileIP 장치의 종류와 설명이다. MN(Mobile Node)은 HA(Home Agent)와 서브넷이 같은 Home Address를 HA로부터 할당받아 HA 또는 FA(Foreign Agent)를 통해 CN(Correspondent Node)과 IP 통신을 할 수 있다.

[표]. MobileIP의 장치 및 설명


장치	약어	설명
Mobile Node	MN	위치에 따라 접속 기지국을 변경하며 통신하는 장치
Home Agent	HA	MN이 접속하는 장치로 MN의 Home Address와 같은 서브넷을 가짐
Foreign Agent	FA	MN이 접속하는 장치로 HA와 다른 서브넷을 갖고 자신의 주소(CoA)로 서비스를 제공
Correspondent Node	CN	MN과 통신하는 Peer

3.1.2. 메시지

본 항에서는 MobileIP의 메시지를 기술한다. MobileIP 메시지는 MobileIP 표준에서 MobileIP 기능을 수행하기 위해 장치 간 교환하는 시그널 메시지이다. 아래 [표]는 MobileIP 메시지 종류와 설명이다. Agent는 Advertisement 메시지로 Node에 자신의 정보를 전달하고, Registration Reply로 Node에 IP 통신 요청 수락 여부를 전달한다. Node는 Solicitation 메시지로 Agent에 Advertisement를 요청하고, Registration Request 메시지로 Agent에 IP 통신을 요청한다.

[표]. MobileIP의 메시지 종류

장치	메시지	설명
Agent	Advertisement	Agent가 자신을 알리는 메시지 아래 주요 정보를 포함 - 라우팅하는 주소들의 정보(IP 주소, 중요도, 프리픽스) - Home/Foreign Agent 기능 지원 여부
	Registration Reply	Node로부터 수신받은 Registration Request에 대한 응답 메시지로 아래 주요 정보를 포함 - 응답코드 - 등록 유지 시간
Node	Solicitation	Node가 Advertisement를 요청하는 메시지
	Registration Request	Agent로부터 Advertisement 수신했을 때, 자신(Node)의 등록을 요청하는 메시지로 아래 주요 정보를 포함 - Home Address(Node가 Home Agent와 서브넷이 같은 자신의 IP 주소) - Home Agent(Node Home Agent IP 주소) - Care-of Address(FA를 통해 HA에 등록을 요청할 때, 터널링이 종료되는 IP 주소)

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4. V2X 핸드오버

본 장에서는 V2X 핸드오버를 기술한다. V2X 핸드오버 기술의 규격은 MobileIP 표준을 응용했다. V2X 핸드오버는 MobileIP 장치와 메시지에 대응하는 V2X 핸드오버 장치, V2X 핸드오버 메시지를 이용해 OBU가 서브넷 다른 RSU를 이동할 때, 고정된 IP 주소로 IP 통신의 연속성을 유지하는 방법이다. 따라서, 본 절에서는 MobileIP 표준에 대응하는 V2X 핸드오버 장치와, V2X 핸드오버 메시지 그리고 V2X 핸드오버 등록정보를 다룬다.

4.1. 장치

본 절에서는 V2X 핸드오버의 장치를 기술한다. 아래 [표]는 MobileIP 표준 장치에 대응하는 V2X 핸드오버 장치들과 설명이다.

[표]. V2X 핸드오버 장치

V2X 핸드오버 장치		MobileIP 장치	설명
OBU		Mobile Node(MN)	서로 다른 서브넷을 갖는 RSU 간을 이동하는 장치
RSU	HA	Home Agent(HA)	OBU의 Home Address와 서브넷이 같은 장치
	FA	Foreign Agent(FA)	OBU의 Home Address와 서브넷이 다른 장치
Peer		Correspondent Node(CN)	Data Center, RSU, OBU 등, OBU로부터 IP 패킷을 송수신하는 장치

4.1.1. RSU(HA)


본 항에서는 V2X 핸드오버 장치의 RSU(HA)를 기술한다. RSU(HA)는 MobileIP의 Home Agent에 대응한다. 아래 [표]는 RSU(HA)의 필수 기능이다.

[표]. V2X 핸드오버 장치-RSU(HA)의 필수 기능

분류 번호	기능 요약		기능 설명	비고
1	통신	IP 패킷 수신	Solicitation 메시지를 수신	
2		WSA 송신	Solicitation 송신한 OBU에 WSA를 송신	
3		IP 패킷 수신	주기적으로 WSA 송신	
4		IP 패킷 수신	OBU로부터 Registration Request를 수신	
5		IP 패킷 송신	RSA(FA)로부터 OBU가 송신한 Registration Request를 수신	
6		IP 패킷 수신	Registration Request를 송신한 OBU로 Registration Reply를 송신	
7	저장	등록정보 저장	OBU에 V2X 핸드오버 요청을 수락했으면 OBU 등록정보를 저장	
8	터널링	IP 터널링	IP 터널링을 통해 터널의 종로지점까지 캡슐레이션한 트래픽을 전달	

4.1.2. RSU(FA)

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치의 RSU(FA)를 기술한다. RSU(FA)는 MobileIP의 Foreign Agent에 대응한다. 아래 [표]는 RSU(FA)의 필수 기능이다.

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

[표]. RSU(FA)의 필수 기능


분류 번호	기능 요약		기능 설명	비고
1	통신	IP 패킷 수신	Solicitation 메시지를 수신	
2		WSA 송신	Solicitation 송신한 OBU에 WSA를 송신	
3		WSA 송신	주기적으로 WSA 송신	
4		IP 패킷 수신	OBU로부터 Registration Request를 수신	
5		IP 포워딩	Registration Request를 RSU(HA)로 전달	
6		IP 패킷 수신	RSU(HA)로부터 Registration Reply를 수신	
7		IP 포워딩	Registration Request를 송신한 OBU에 Registration Reply 메시지를 전달	
8	장치	CoA 주소	CoA의 주소를 할당할 수 있어야 함(RSU(FA) 자신의 IP 주소 등)	
9	저장	등록정보 저장	RSU(HA)가 OBU의 등록을 수락했으면 OBU 등록정보를 저장	
10	터널링	IP 터널링	IP 터널링의 종료지점일 때, 캡슐레이션한 트래픽을 전달받으면 디-캡슐레이션을 함	

4.1.3. OBU

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치의 OBU를 기술한다. OBU는 MobileIP의 Mobile Node에 대응한다. 아래 [표]는 OBU의 필수 기능이다.

[표]. OBU의 필수 기능

분류 번호	기능 요약		기능 설명	비고
1	통신	IP 패킷 송신	Solicitation 메시지를 송신	
2		WSA 수신	WSA 수신.	
3		IP 패킷 송신	Registration Request를 WSA를 송신한 RSU(HA)로 송신해 등록을 요청	
4		Home Address	RSU(HA)로부터 할당받은 Home Address가 없으면 자신의 IP 주소를 '0.0.0.0'으로 IP 패킷 송신	
5		IP 패킷 수신	Registration Reply를 수신해 등록 요청에 대한 응답을 확인	
6	장치	Home Address	RSU(HA)(직접 또는 RSU(FA) 통해) V2X 핸드오버를 통해 Home Address를 할당받은	-
7		V2X 핸드오버 장치	주변에 RSU가 없을 때, co-located CoA로 스스로 RSU(FA) 역할을 함	
8	저장	등록정보 저장	RSU(HA)가 OBU의 등록을 수락했으면 RSU(HA) 등록정보를 저장	
9	터널링	IP 터널링	IP 터널링의 종료지점일 때, 캡슐레이션한 트래픽을 전달받으면 디-캡슐레이션을 함	-

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.2. 메시지

본 절에서는 V2X 핸드오버의 메시지를 기술한다. 아래 [표]는 MobileIP 표준 메시지에 대응하는 V2X 핸드오버 메시지의 종류와 설명이다.

[표]. V2X 핸드오버의 메시지


메시지	메시지	설명
WSA	Advertisement	WRA(Wave Routing Advertisement)는 WSA 메시지에 포함된 필드로 아래 요소를 포함 <ul style="list-style-type: none"> - 라우팅 시간 - IPv6 IP 주소(V2X 핸드오버 IPv6 주소체계) - IPv6 IP 주소의 프리픽스 - IPv6 기본(default) 게이트웨이 주소 - IPv6 메인 DNS - Gateway의 MAC
IP 패킷 (또는 Link-Layer 패킷)	Registration Reply	payload에 Registration Reply를 넣어 유니캐스팅
IP 패킷	Solicitation	payload에 Solicitation를 넣어 브로드캐스팅
IP 패킷	Registration Request	payload에 Registration Request를 넣어 유니캐스팅

4.2.1. V2X 핸드오버 WSA 메시지

본 항에서는 V2X 핸드오버 WSA 메시지를 기술한다. 아래 [표]는 V2X 메시지 중 WSA의 메시지 형식이다. 이 메시지는 IEEE 1609.3 표준을 따르고, WSA 메시지 Payload 필드 중 WRA(Wave Routing Advertisement)를 사용한다.

[표]. WSA 형식

메시지 필드				설명
Header	Version	WSA Version		
		rsvAdvPrtVersion		
	Content_Count	wsaID		
		contentCouint		
	extensions	count		
Payload	servicelInfos	count		
		...		
	channellInfos	count		
		...		
	routingAdvertisement	Router Lifetime		
		IpPrefix		
		Prefix Length		
		Default Gateway		
		Primary DNS		
		Extension	count	
			WAVE element ID	ID=14
			Gateway MAC Address	Length
				Address

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.2.2. V2X 핸드오버 IP 패킷 메시지


본 항에서는 V2X 핸드오버 IP 패킷(Solicitation, Registration Request, Registration Reply) 메시지를 기술한다. V2X 핸드오버 IP 패킷의 메시지들은 MobileIP 표준의 동명 메시지에 대응한다. 메시지는 IEEE 1609.3 표준에 따라 UDP로 송신한다.

4.2.2.1. Solicitation 메시지 형식

본 목에서는 Solicitation 메시지 형식을 기술한다. 아래 [표]는 Solicitation 메시지 형식이다. 메시지 형식은 MobileIP 표준을 따른다. OBU가 RSU로부터 V2X 핸드오버 WSA를 수신하지 못 했을 때, RSU들에게 V2X 핸드오버 WSA를 요청하는 메시지이다. RSU(HA)로부터 할당받은 Home Address가 없으면 송신지 IP 주소는 '0.0.0.0'를 사용한다. 목적지 IP 주소(daddr)는 Broadcast(255.255.255.255), Multicast(224.0.0.1)을 사용한다.

[표]. Solicitation 메시지 형식

메시지 필드				설명
V2X 패킷	ip hdr	uint8_t	ihl:4	헤더 길이 5(32bit * 5)
			version:4	ip 패킷 protocol version 4:ipv4, 6:ipv6
		uint8_t tos		Type of Service
		uint16_t tot_len		패킷 전체 길이
		uint16_t id		identification
		uint16_t frag_off		Flags:3bit, Fragment offset:13bit 데이터의 분열에 대한 정보:0
		uint8_t ttl		Time to live 경유할 수 있는 라우터 수: Multicast:1 1 이상
		uint8_t protocol		ip 패킷 페이로드의 타입:17(UDP)
		uint16_t check		ip 패킷의 헤더 checksum
		struct	uint32_t saddr	ip 패킷 Source IP 주소
			uint32_t daddr	ip 패킷 Destination IP 주소 기본값:224.0.0.11(Multicast)
	ip payl dr	uint8_t type		Solicitation 메시지:10
		uint8_t code		0
		uint16_t checksum		icmphdr 이후의 데이터의 checksum
		union un	uint8_t reserved[4]	값 없음

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.2.2.2. Registration Request 메시지 형식

본 목에서는 Registration Request 메시지 형식을 기술한다. 아래 [표]는 Registration Request 메시지 형식이다. 메시지 형식은 MobileIP 표준을 따른다. RSU로부터 V2X 핸드오버 WSA를 수신한 OBU가 해당 RSU로 V2X 핸드오버를 요청하는 메시지이다. RSU(HA)로부터 할당받은 Home Address가 없으면 송신지 IP 주소는 '0.0.0.0'를 사용한다.

[표]. Registration Request 형식

메시지 필드				설명		
이 패킷	iphdr	uint8_t	ihl:4	헤더 길이 5(32bit * 5)		
			version:4	ip 패킷 protocol version 4:ipv4, 6:ipv6		
		uint8_t tos			Type of Service	
		uint16_t tot_len			패킷 전체 길이	
		uint16_t id			identification	
		uint16_t frag_off			Flags:3bit, Fragment offset:13bit 데이터의 분열에 대한 정보:0	
		uint8_t ttl			Time to live 경유할 수 있는 라우터 수:1	
		uint8_t protocol			ip 패킷 페이로드의 타입:17(UDP)	
		uint16_t check			ip 패킷의 헤더 checksum	
		struct	uint32_t saddr		ip 패킷 Source IP 주소 0 Node의 MobileIP 인터페이스 주소	
	uint32_t daddr		ip 패킷 Destination IP 주소 Advertisement를 송신한 Agent의 주소			
	pay/pld	udphdr	uint16_t source		source port:임의값(기본값:434)	
			uint16_t dest		destination port:기본값:434	
			uint16_t len		ip payload의 길이	
			uint16_t check		*udp checksum 계산 방법에 따름,	
		udp payload	uint8_t type		1	
			struct uint8_t (on/off flag)	S:1		RSU(HA)가 기존 바인딩을 유지하도록 요청
				B:1		RSU(HA)의 네트워크에서 브로드캐스팅되는 데이터그램을 터널링 요청
				D:1		OBU가 터널링의 종료지점이 되어 캡슐레이션 해제를 함
				M:1		캡슐레이션 방법:Minimal
G:1				캡슐레이션 방법:GRE(Generic Routing Encapsulation)		
r:1				0		
T:1				역방향 터널링을 지원		
x:1			0			
uint16_t Lifetime			등록이 유지되는 시간			
uint32_t Home Address			RSU(HA)의 서브넷과 같은 OBU의 V2X 핸드오버 인터페이스 IP 주소			
uint32_t Home Agent		OBU의 RSU(HA) IP 주소				
uint32_t Care-of Address		터널이 종료되는 IP 주소(RSU(HA))를 통해 RSU(HA)에 등록할 때)				
uint64_t Identification		Registration request 메시지를 식별하기 위한 식별자 기본값:연월일시간(time(NULL))				
void *extention		인증기능을 활성화 했을 때				


KEITI	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.2.2.3. Registration Reply 메시지 형식

본 목에서는 Registration Reply 메시지 형식을 기술한다. 아래 [표]는 Registration Reply 형식이다. 본 문서 '4.9.1 MAC(Link-Layer Address)'에 따라 V2X 핸드오버에서는 이더넷 헤더를 필수로 사용한다. OBU에게 직접 또는 RSU(FA)를 통해 Registration Request를 수신한 RSU(HA)가 직접 또는 RSU(FA)를 통해 OBU로 V2X 핸드오버 요청에 대한 수락/거부를 응답하는 메시지이다. Registration Request의 송신지 IP 주소가 '0.0.0.0'이었을 경우에는 MAC을 이용해 Link-Layer 패킷으로 응답한다.

[표]. Registration Reply 메시지 형식

메시지 필드			설명
이더넷 헤더	ethdr	char[6] h_source	송신지 MAC(link-layer Address)
		char[6] [6] h_dest	목적지 MAC(link-layer Address)
		uint16_t h_proto	이더넷 프로토콜
IP 패킷	iphdr	uint8_t	ihl:4
			version:4
		uint8_t tos	Type of Service
		uint16_t tot_len	패킷 전체 길이
		uint16_t id	identification
		uint16_t frag_off	Flags:3bit, Fragment offset:13bit 데이터의 분열에 대한 정보:0
		uint8_t ttl	Time to live 경유할 수 있는 라우터 수:1
		uint8_t protocol	ip 패킷 페이로드의 타입:17(UDP)
		uint16_t check	ip 패킷의 헤더 checksum
		struct	uint32_t saddr ip 패킷 Source IP 주소
			uint32_t daddr Registration Request의 iphdr->daddr
		ip payld	uint16_t source source port
			uint16_t dest destination port
			uint16_t len ip payload의 길이
			uint16_t check *udp checksum 계산 방법에 따름,
UDP payld	udp payld	uint8_t code	아래 상황에 따른 응답코드 Registration successful(0 1) Registration denied by the foreign agent Registration denied by the home agent
		uint16_t Lifetime	등록이 되었을 때 등록이 유지되는 시간 0이면 등록을 해제
		uint32_t Home Address	RSU(HA)의 서브넷과 같은 OBU의 V2X 핸드오버 인터페이스 IP 주소
		uint32_t Home Agent	OBU의 RSU(HA) IP 주소
		uint64_t Identification	Registration request 메시지를 식별하기 위한 식별자 기본값:연월일시간(time(NULL))
		Extensions	인증기능을 활성화 했을 때

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.3. V2X 핸드오버 장치 등록정보

본 절에서는 V2X 핸드오버 장치 등록정보를 기술한다. 등록정보는 MobileIP 표준 데이터 형식을 따른다. RSU(HA)가 OBU의 V2X 핸드오버 요청을 수락하면 서로의 등록정보를 저장해야 한다. OBU가 RSU(FA)를 통해 V2X 핸드오버 요청을 수락할 때는 RSU(FA)도 OBU의 등록정보를 저장해야 한다.

4.3.1. OBU(HA) 등록정보

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치 등록정보의 OBU(HA) 등록정보를 기술한다. RSU(HA)는 OBU가 송신한 Registration Request와 그 메시지에 응답하는 Registration Reply 정보를 이용해 OBU(HA) 등록정보를 저장한다.. 아래 [표]는 OBU(HA) 등록정보이다.

[표]. OBU(HA) 등록정보

등록정보 필드		OBU 정보	비고
IP_Fields	uint32_t source_address	OBU의 Home Address	
	uint32_t destination_address	WRA의 Default Gateway의 byte[0-3]	IPv4 호환주소
UDP_Fields	uint32_t source_port	any	
	uint32_t destination_port	434	기본값:434
Registration_Reply_Fields	uint8_t code	Registration_Reply 정보	
	uint16_t Lifetime		
	uint32_t Home Address		
	uint32_t Home Agent		
	uint64_t Identification		

4.3.2. OBU(FA) 등록정보


본 항에서는 V2X 핸드오버 장치 등록정보의 OBU(FA) 등록정보를 기술한다. RSU(FA)는 절차에 따라 OBU로부터 수신받은 Registration Request 정보를 이용해 OBU 등록정보를 저장한다. 아래 [표]는 OBU(FA) 등록정보이다.

[표]. OBU(FA) 등록정보

등록정보 필드	OBU 정보
uint32_t Link-layer source address	Registration request를 송신한 OBU의 MAC 주소
uint32_t Home Address/co-located CoA	OBU의 Home Address
	co-located CoA 주소를 사용할 때 사용
uint32_t IP Destination address	OBU가 응답한 Advertisement를 송신한 RSU(HA)의 IP 주소
uint32_t UDP Source Port	udphdr 필드의 source
uint32_t Home agent address	udp payload 필드의 Home Agent
uint64_t Identification field	udp payload 필드의 Identification
uint16_t Requested registration Lifetime	udp payload 필드의 Lifetime
uint16_t Remaining Lifetime	보류 또는 등록된 OBU의 Lifetime 잔여시간

4.3.3. V2X 핸드오버 RSU(HA) 등록정보

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치 등록정보의 RSU(HA) 등록정보를 기술한다. OBU는 RSU(HA)로 송신한

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

핸드오버 WSA 메시지의 수신감도가 더 높은 장치를 선택한다. 수신감도는 최소 10개 이상 모수의 평균값을 사용한다. 우선순위에 따라 거리, 수신감도가 제공되어야 하며, 둘 다 제공하지 않으면 V2X 핸드오버 기능을 수행할 수 없다. 아래 [표]. RSU 선택 절차 우선순위'에 위 내용을 정리했다.

[표]. RSU 선택 절차 우선순위

우선 순위	장치명 OBU와 장치의 거리, 높이, 수신감도			선택	선택 방법
	RSU(HA) d_RhO[m], H1[m], A[dBm]	RSU(FA1) d_Rf1O[m], H2[m], B[dBm]	RSU(FA2) d_Rf2O[m], H3[m], C[dBm]		
1	d_RhO	—	—	RSU(HA)	초기 RSU(HA)에 등록으로 RSU(HA)를 선택
*2	d_RhO > d_Rf1O d_RhO > d_Rf2O H1	d_RhO > d_Rf1O d_Rf1O < d_Rf2O abs(H1 - H2) > 2	d_Rf1O < d_Rf2O d_RhO > d_Rf2O abs(H1 - H3) < 2	RSU(FA2)	높이차가 2m 이상인 가장 가까운 RSU(FA1)가 아닌 2m 이하면서 차순위로 가까운 RSU(FA2)를 선택 *elevation 값을 수신할 때
3	d_RhO > d_Rf1O d_RhO > d_Rf2O	d_RhO > d_Rf1O d_Rf1O < d_Rf2O	d_Rf1O < d_Rf2O d_RhO > d_Rf2O	RSU(FA1)	가장 가까운 RSU(FA1)를 선택
*4	d_RhO > d_Rf1O —	d_RhO > d_Rf1O B < C	— B < C	RSU(FA1)	수신감도가 높은 RSU(FA2)를 선택 *수신감도를 확인할 수 있을 때

4.4.1. V2X 핸드오버 장치의 위치정보

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치의 위치정보를 기술한다. V2X 핸드오버 RSU(HA/FA)는 1609.2 표준의 SingedData->TobeSignedData->HeaderInfo의 ‘Generation Location’ 필드를 사용해 자신의 위치정보를 전달한다. 아래 [표]는 1609.2 표준 데이터 형식이다. V2X 핸드오버 필수 정보는 굵은 글씨로 표시했다.

[표]. 1609.2 표준 데이터 형식

메시지 필드						비고			
ieee1609Dot2Data	1609.2 version								
	1609.2 type								
	SignedData	HashAlgorithm							
			SignedDataPayload	ieee1609Dot2Data	1609.2 version				
					1609.2 type				
					HashedData	Original Payload			
						Hashidentifier			
		TobeSignedData	HeaderInfo			Hashofexternaldata			
				PSID					
				Generation Time					옵션
				Expiry Time					옵션
				Generation Location	latitude		V2X 핸드오버 필수		
					longitude				
					elevation		V2X 핸드오버 옵션		
				P2PCD request					옵션
				Missing CRL Indetifier					옵션
				Encryption Key					옵션
		SignerInfo	Type						
			Signer identifying data						
Signature	Algorithm								
	Signature data								

KETI	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.4.2. V2X 핸드오버 수신감도

본 항에서는 V2X 핸드오버 장치의 수신감도를 기술한다. 수신감도는 물리 계층(802.11p)의 정보로 OBU가 RSU로부터 수신한 WSA의 수신감도를 사용한다. 아래 [수식]은 수신감도 평균값을 구하는 방법이고, RSU별로 개별적인 값을 갖는다. 수신한 개수가 10개 이상인 기간 동안(초단위로 절상) 수신한 평균 수신감도를 계산하며, 동일한 기간의 PER 값을 보정치로 사용한다. PER은 V2X 핸드오버 PER을 사용한다.

$$\text{수신감도}_{V2X\text{핸드오버}} = \frac{\sum_{n=1}^{m \times t} (\text{수신감도} [dBm])}{m \times 3} \times (1 + PER(\%)), (m = \text{초당수신개수}, m \times t > 10)$$

[수식1]. V2X 핸드오버 RSU 선택 절차에 사용하는 수신감도 계산식

4.4.3. V2X 핸드오버 PER

본 절에서는 V2X 핸드오버 PER(Packet Error Rate)을 기술한다. V2X 핸드오버 PER은 RSU가 송신한 WSA의 미수신율로 아래 [수식2]이 계산하고, RSU에 따라 개별적인 값을 갖는다. 초당 평균 WSA 수신개수의 누적 WSA 수신개수와 시간은 OBU가 V2X 핸드오버를 시작한 이후 RSU로부터 수신받는 WSA 누적값을 사용하며, PER 50% 이하이면 누적값을 갱신한다. 즉, PER이 50% 이하이면 '초당평균 WSA 수신개수'가 무한대에 수렴하고 PER은 100%가 된다.

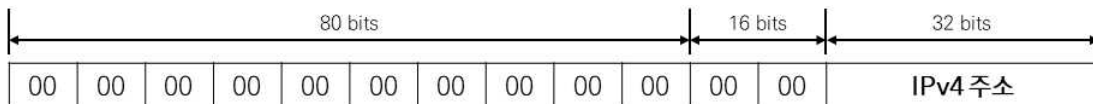
$$PER_{V2X\text{핸드오버}} = \left(1 - \frac{1\text{초간 WSA 수신개수}}{\text{초당 평균 WSA 수신개수}}\right) \times 100 [\%]$$

$$\text{초당 평균 WSA 수신개수} = \frac{\text{누적 WSA 수신개수}}{\text{시간}} [\mu m / \text{sec}]$$

[수식2]. V2X 핸드오버 PER

4.5. V2X 핸드오버 WSA IP 주소 체계


본 절에서는 V2X 핸드오버 WSA 메시지 IP 주소체계를 기술한다. WSA 메시지의 IPv6 주소체계는 IPv4 호환주소 체계(IPv4-compatible address)를 사용한다. 아래 [그림]은 IPv4 호환 주소체계 형식이다.



[그림]. IPv6 주소체계 중 IPv4 호환 주소체계(IPv4-compatible address) 형식

따라서, V2X 핸드오버 WSA는 다음 조건을 만족해야 한다.

- WSA의 IpPrefix/WRA의 마지막 32바이트(IPv4주소)는 V2X 핸드오버에 참여하는 이더넷 장치의 IPv4 주소.

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.6. V2X 핸드오버 IP 터널링

본 절에서는 V2X 핸드오버의 IP 터널링을 기술한다. 기본 IP 터널링은 IPinIP(RFC 2003)로 V2X 핸드오버에 참여하는 모든 RSU는 IPinIP 방식은 반드시 지원해야 한다. OBU는 Registration Request를 통해 Minimal, GRE 방식도 요청할 수 있지만, RSU가 해당방식을 지원하지 않으면, Registration Reply를 통해 V2X 핸드오버 요청을 거부할 수 있고, 응답코드(‘별첨1. Registration Reply의 응답코드’)를 통해 이를 전달한다.

IP 터널링의 시작지점은 항상 RSU(HA)의 Home Agent Address이다. 기본 IP 터널링의 종료지점은 RSU(FA) CoA이다. OBU는 co-located CoA 기능을 사용할 수 있으면, Registration Request를 통해 IP 터널링 종료지점 자신으로 요청할 수 있다. RSU Registration Reply를 통해 V2X 핸드오버 요청을 수락/거부할 수 있고, 응답코드를 통해 이를 전달한다.

4.7. V2X 핸드오버 라우팅 테이블

본 절에서는 V2X 핸드오버 라우팅 테이블을 기술한다. 본 규격서에서는 V2X 핸드오버에 참여하는 장치의 IP 통신 가능 여부를 판단하고 그에 따른 라우팅 테이블 설정을 다루지 않는다. ‘4.7.1. V2X 핸드오버 라우팅 테이블 설정 예시’에서 라우팅 테이블 설정을 참고할 수 있다.

4.7.1. V2X 핸드오버 라우팅 테이블 설정 예시

본 항에서는 V2X 핸드오버 라우팅 테이블 설정 예시를 기술한다. 아래 [표]들은 모든 V2X 핸드오버 장치들이 임베디드 리눅스 OS를 사용하고, CN과 RSU들은 개별 인터페이스를 통해 IP 통신을 하는 네트워크 환경에서의 IP 설정과 라우팅 테이블 설정 예시이다.

아래 [표]는 V2X 핸드오버 장치의 인터페이스 별 IP 주소 설정 예시이다.


[표]. V2X 핸드오버 장치의 인터페이스 별 IP 주소 설정 예시

V2X 핸드오버 장치	Interface	IPv4 Address(Static)	비고
CN	ethIP	192.168.10.10/32	
RSU(HA)	ethIP	192.168.10.20/32	
	ethIPV2X	192.168.20.100/32	Home Agent Address
	ethIPinIPV2X	192.168.5.30/32	IPinIP Start tunnel
RSU(FA)	ethIP	192.168.10.30/32	
	ethIPV2X	192.168.30.100/32	CoA
	ethIPinIPV2X	192.168.5.20/32	IPinIP End tunnel
OBU	ethIPV2X	192.168.20.1/32	할당받은 Home Address

아래 [표]는 OBU가 RSU(HA)와 V2X 핸드오버를 했을 때 라우팅 테이블 예시이다.

[표]. OBU가 RSU(HA)와 V2X 핸드오버를 했을 때 라우팅 테이블 예시

V2X 핸드오버 장치	Destination	Type	Gateway	Metric	Interface
RSU(HA)	192.168.10.0/24	Dynamic	0.0.0.0	2048	ethIP
	192.168.20.0/24	Dynamic	0.0.0.0	1024	ethIPV2X
OBU	192.168.20.0/24	Static	::192.168.20.100	1024	ethIPV2X

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

아래 [표]는 OBU가 RSU(HA)와 V2X 핸드오버한 후 RSU(FA)에 핸드오버 요청을 했을 때 예시이다.

[표]. OBU가 RSU(FA)를 통해 RSU(HA)와 V2X 핸드오버를 했을 때 라우팅 테이블 예시

V2X 핸드오버 장치	Destination	Type	Gateway	Metric	Interface	To
RSU(HA)	default	Dynamic	0.0.0.0	2048	ethIP	CN
	192.168.20.0/24	Dynamic	0.0.0.0	1024	ethIPV2X	OBU
	192.168.20.0/24	Dynamic	192.168.10.30	784	ethIP	RSU(FA)
	192.168.20.1/32	static	0.0.0.0	128	ethIPinIPV2X	RSU(FA)
RSU(FA)	default	Dynamic	0.0.0.0	1024	ethIP	CN
	192.168.20.0/24	Dynamic	192.168.10.20	784	ethIP	RSU(HA)
	192.168.20.1/32	Static	0.0.0.0	128	ethIPV2X	OBU
	default	Static	192.168.20.1	128	ethIPinIPV2X	RSU(FA)
OBU	default	Dynamic	192.168.20.100	1024	ethIPV2X	RSU(HA)/CN

4.8. V2X 핸드오버 OBU의 co-located CoA

본 절에서는 V2X 핸드오버 OBU의 co-located CoA를 기술한다. co-located CoA는 MobileIP 표준에 따라 OBU가 RSU(FA)의 역할을 추가해 네트워크 환경에 따라 가변하는 co-located CoA를 운영해 OBU 내부의 Home Address, 외부의 RSU(HA)와 IP 통신을 유지한다. 이 기능은 OBU가 IP 통신을 유지하는 추가적인 기능이므로 본 규격서에는 다루지 않는다.

MobileIP 트래픽 경로 문제인 삼각라우팅을 해결하기 위한 ‘4.9.5의 라우트 최적화(Route Optimization)’ 기능을 사용하기 위해서는 모든 Mobile Node(OBU)가 co-located CoA를 사용해야 한다.

4.9. V2X 핸드오버 보완 사항

본 절에서는 V2X 핸드오버 보완 사항을 기술한다. MobileIP 표준의 포괄적인 기능과 WAVE 프로토콜 사용에 따른 보완 내용을 다룬다.

4.9.1. MAC(Link-Layer Address)

본 항에서는 MAC(Link-Layer Address)을 기술한다. 본 문서의 MAC(Link-Layer Address)은 MobileIP 표준의 ‘Link-Layer 패킷을 송신할 때 목적지 MAC’으로의 용도를 의미에 포함한다. 아래는 MobileIP 표준에서 MAC을 사용하는 용도를 V2X 핸드오버 장치를 통해 설명한다.

OBU(MN)는 RSU(HA, Home Agent) 또는 RSU(FA, Foreign Agent)에 Registration Request를 보낼 때, Home Address가 할당되지 않은 상태라면 자기 주소를 ‘0.0.0.0’으로 해야 한다. 이때, RSU(HA) 또는 RSU(FA)는 Registration Reply의 목적지 IP 주소를 ‘0.0.0.0’으로 해야 하므로 IP 패킷으로는 목적지에 회신할 수 없다. 따라서, Registration Request를 송신한 OBU의 MAC(동일한 Link일 때, Link-Layer 패킷)으로 일반 라우팅 테이블을 우회해 Registration Reply를 회신하도록 한다.

KEITI	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

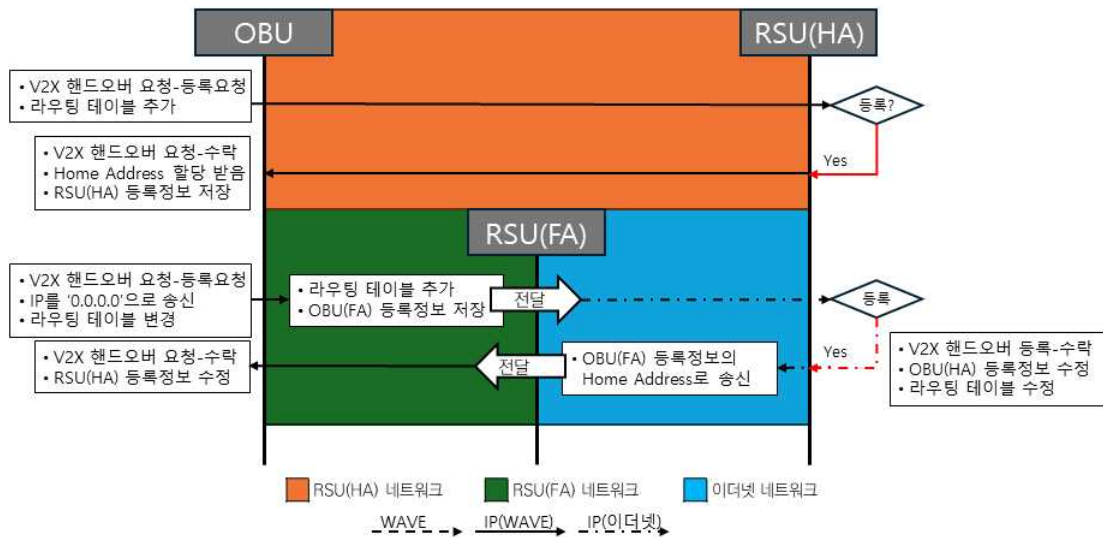
V2X 핸드오버에서는 Registration Reply 필드에 이더넷 헤더 필드를 추가해 Registration Reply의 송신에 MAC 필요함을 분명하게 한다. 그래서 OBU가 IP 헤더에 자신의 IP 주소 '0.0.0.0'인 상태로 Registration Request를 송신했을 때, Home Address에 값이 있으면 Registration Reply에 목적지 주소를 Home Address로 Home Address가 없을 때는 MAC을 사용해 Link-Layer 패킷으로 Registration Reply를 회신한다.

4.9.2. RP Filtering

본 항에서는 RP Filtering을 기술한다. RP Filtering(Reverse Path Filtering)이 활성화되어 있으면, 4계층(전송 계층)인 UDP 패킷을 수신하기 위해 3계층(네트워크 계층)에서 IP 헤더의 목적지 주소와 송신지 주소 모두 라우팅 테이블 경로를 확인하기 때문에 RP Filtering을 비활성화하거나, 수신한 장치의 인터페이스를 사용해 목적지가 UDP 패킷의 송신지 주소인 라우팅 테이블이 필요하다.

4.9.3. 통신중첩영역 핸드오버


본 항에서는 통신중첩영역 핸드오버를 기술한다. V2X 핸드오버에서 OBU는 RSU들의 통신이 중첩되는 영역에서도 'V2X 핸드오버 RSU 선택 절차'에 따라 RSU를 선택해 V2X 핸드오버를 수행해야 한다. 아래 [그림]는 RSU들의 통신 중첩영역일 때 OBU의 핸드오버 성공 시 절차 예시이다.



[그림]. RSU들이 통신중첩영역일 때, OBU의 핸드오버 성공 시 절차 예시도

4.9.4. Binding Update

본 항에서는 Binding Update를 기술한다. Binding Update는 RFC 6275("Mobility Support in IPv6")에 포함된 필수 메시지(V2X 핸드오버 Registration Request와 유사)로 MN이 HA 또는 CN에 자신이 접속 중인 Agent(Home Address, CoA 또는 co-located CoA)를 알리는 메시지이다. 이 메시지를 수신하면 HA와 CN은 Binding Acknowledgement(V2X 핸드오버 Registration Reply와 유사)을 응답해야 한다.

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

Binding Update는 ‘4.9.5 라우트 최적화(Route Optimization)’에 필수 요소이다. 이에 대한 구체적인 내용은 해당
항에서 기술한다.

V2X 핸드오버에서는 Registration Request의 Extension 필드를 아래의 [표]와 같은 형식으로 수정해 Binding
Update 대신한다. 이 필드는 OBU가 Registration Request를 CN에 송신할 때는 필수로 적용한다.

[표]. Binding Update 기능을 위한 Registration Request extension 형식

메시지 필드					설명	
구 패 킷	ip paylad	udp payload	struct *extension_t	uint32_t cn_addr		Correspondent Node의 주소.
				uint16_t sequence_number		메시지 순번
				struct flags_t	uint8_t acknowledge:2	Registration Reply 회신 여부
					uint8_t home_registration:2	Home Agent 등록 여부
					uint8_t llac:2	IPv6의 기능이므로 '0'
					uint8_t key:2	키 관리 기능 지원 여부
				void *extension_1		인증기능을 활성화 했을 때

V2X 핸드오버에서는 Registration Reply의 Extension 필드를 아래의 [표]와 같은 형식으로 수정해 Binding
Acknowledgement 대신한다. 아래 [표]의 extension 필드는 Registration Request extension에 위 [표]의 형식이
사용되었으면 반드시 포함되어야 한다.


[표]. Binding Update 기능을 위한 Registration Reply extension 형식

메시지 필드					설명
구 패 킷	ip paylad	udp payload	struct *extension_t	uint32_t cn_addr	Correspondent Node의 주소.
				uint16_t sequence_number	메시지 순번
				uint8_t binding_code	binding 성공 여부
			void *extension_1		인증기능을 활성화 했을 때

아래 [표]는 extension 필드의 binding_code 목록이다.

[표]. Binding Update 기능을 위한 Registration Reply의 extension 바인딩 코드


코드	설명		비고
0	요청 수락	바인딩 업데이트 수락됨	
1		수락되었지만 프리픽스 탐색 필요	
128	바인딩 요청 거부	이유 불명	
129		관리적으로 금지됨	
130		리소스 부족	
131		홈 등록이 지원되지 않음	
132		홈 서브넷 아님	
133		이 모바일 노드의 홈 에이전트가 아님	
134		중복 주소 감지가 실패함	
135		시퀀스 번호가 허용된 범위를 벗어남	
136		만료된 홈 논스 인덱스	
137		만료된 Care-of 논스 인덱스	
138		논스 만료	
139		등록 유형 변경이 허용되지 않음	
174		유효하지 않은 Care-of Address	

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

4.9.5. 라우트 최적화(Route Optimization)

본 항에서는 라우트 최적화(Route Optimization)를 기술한다. 라우트 최적화는 RFC 6275 표준에 포함된 내용으로 MobileIP의 삼각라우팅 문제를 개선하기 위한 내용이다. 여기서 삼각라우팅 문제는 CN이 MN과 통신하기 위해서 반드시 HA를 통해야 해 최적의 트래픽 경로를 사용하지 못하는 상태를 말한다.

라우트 최적화는 CN에 V2X 핸드오버 기능을 추가해 MN이 Binding Update(본 V2X 핸드오버 규격에서는 Registration Request)를 CN에 송신하면, CN은 이 메시지를 처리해 MN의 CoA를 통해 MN과 직접 통신하는 라우팅 테이블을 구성할 수 있다. 따라서, 이 기능을 사용하기 위해서는 모든 MN(OBU 등)에 co-located CoA가 적용되어야 한다.

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

5. V2X 핸드오버 장치의 참여 조건

본 장에서는 V2X 핸드오버 장치의 참여 조건을 기술한다. V2X 핸드오버에 참여하는 장치는 다음 조건을 만족해야 한다.

- 모든 V2X 핸드오버에 참여하는 장치의 인터페이스는 IPv4 주소체계를 사용해야 함
- 모든 RSU와 CN은 서로 IP 통신이 가능해야 함.
- RSU(HA)는 OBU의 Registration Request에 응답해 정확한 내용의 Registration Reply를 송신할 수 있어야 함.
- RSU(FA)는 RSU(HA) 또는 OBU로 IP 패킷을 전달할 수 있어야 함.
- V2X 핸드오버에 참여하는 장치의 인터페이스가 2개 이상일 경우 인터페이스 간에 IP, PORT 포워딩이 가능해야 함.
- RSU(HA)는 IPinIP 터널링 패킷을 캡슐레이션 할 수 있어야 함.
- RSU(FA)는 IPinIP 터널링 패킷을 디-캡슐레이션 할 수 있어야 함.
- OBU는 V2X 핸드오버에 참여하는 이더넷 인터페이스에 Home Address를 할당할 수 있어야 함.
- OBU와 IP 통신이 가능한 장치는 V2X 핸드오버 PER 10% 이하를 만족해야 함.

5.1. RSU(들)과 CN의 IP 통신환경 예시

본 절에서는 V2X 핸드오버에 참여하는 CN과 RSU의 통신환경 예시를 기술한다. 아래 [표]의 환경은 V2X 핸드오버에 참여하는 모든 RSU와 CN의 네트워크 환경의 예시이다.

[표]. RSU들과 CN의 IP 통신환경 예시


환경 조건	장치	네트워크 환경	비고
1	RSU(ALL) CN	모든 장치는 동일한 네트워크 서브넷에서 인터넷/이더넷(로컬) 방식으로 IP 통신을 함	-
2	RSU(EACH) CN	각 장치는 서로 다른 네트워크 서브넷을 가짐	-
	라우터	서로 다른 네트워크 서브넷을 갖는 RSU와 CN의 IP 통신을 라우팅	
3	RSU(EACH) CN	각 장치는 서로 다른 네트워크 서브넷을 가짐 RSU(HA)는 CN과 인터넷/이더넷(로컬) 방식으로 IP 통신을 할 수 있음 RSU(HA)와 RSU(FA)는 WAVE IPv6 방식으로 IP 통신을 할 수 있음	-

본 규격서의 '5. V2X 핸드오버 장치의 참여 조건'에 따라 V2X 핸드오버에 참여하는 모든 RSU와 CN은 IP 통신이 가능한 상태가 참여 조건이므로 아래 환경에 따른 장치의 네트워크 구성은 본 규격서에서 다루지 않는다.

5.2. V2X 핸드오버 장치 제약 사항

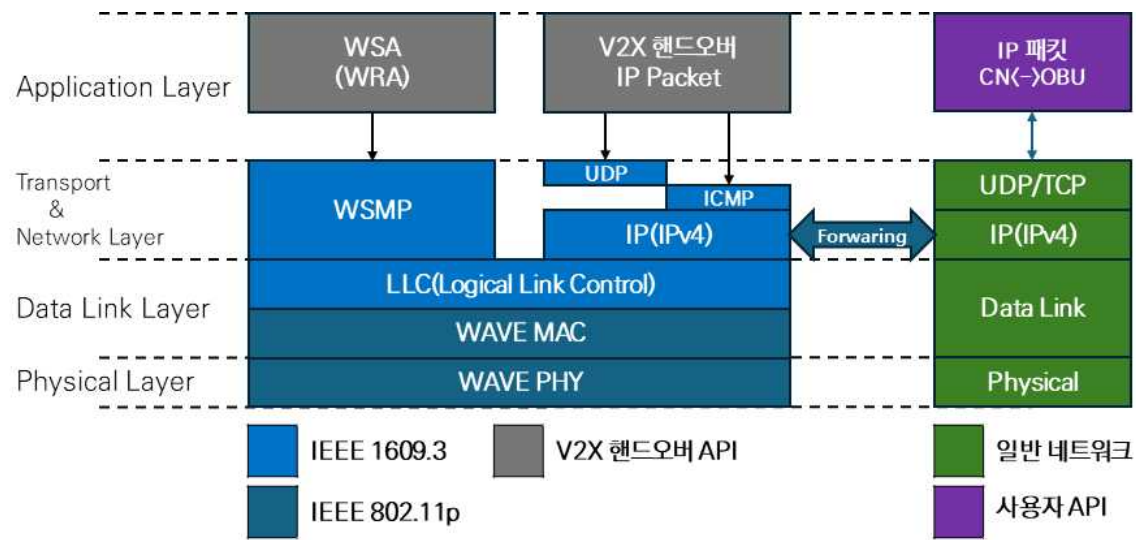
본 절에서는 V2X 핸드오버에 참여 제약 사항을 기술한다. V2X 핸드오버는 V2X 핸드오버 장치들이 물리적으로 통신이 안 되는 환경에서는 완전하게 기능 할 수 없다. 다음은 V2X 핸드오버 제약 사항이다.

- OBU가 RSU(HA/FA)와 접속 중에 3초간 RSU(HA/FA)와 통신을 할 수 없으면 기존 V2X 핸드오버가 종료되고, V2X 핸드오버 절차를 새로 진행해야 함.
- OBU가 RSU(HA/FA)와 통신이 끊어진 후 3초 안에 다시 통신할 수 있어 기존 V2X 핸드오버 등록이 유지되거나, 새로운 RSU와 V2X 핸드오버 등록 절차를 완료해 최초 RSU(HA)로부터 할당받은 Home Address를 유지하더라도 물리적 연속성이 끊어졌던 동안의 접속 상태(TCP 세션 유지 등)와 데이터 수신을 보장하지 않음.

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

6. V2X 핸드오버 시스템 구성

본 장에서는 V2X 핸드오버 시스템의 구성을 기술한다. 아래 [그림]은 V2X 핸드오버 시스템 구성도이다.



[그림5]. V2X 핸드오버 시스템 구성도(일반 네트워크는 일반적으로 사용하는 IP 통신 네트워크 프로토콜 및 장치)

V2X 핸드오버 API는 WSA는 WRA의 정보를 포함해 WSMP로, V2X 핸드오버 IP 패킷인 Solicitation, Registration Request, Registration Reply는 UDP로 WAVE MAC/PHY(IEEE 802.11p)를 거쳐 송수신한다. V2X 핸드오버를 통해 CN과 OBU 간 IP 패킷이 전달되는 과정의 장치(RSU(HA/FA))들은 내부 인터페이스 간 포워딩과 장치 간 라우팅 설정이 되기 때문에 중간의 RSU가 변경되어도 OBU는 RSU(HA)를 통해 부여받은 Home Address를 사용해 CN과 연속적인 IP 통신이 가능하다.

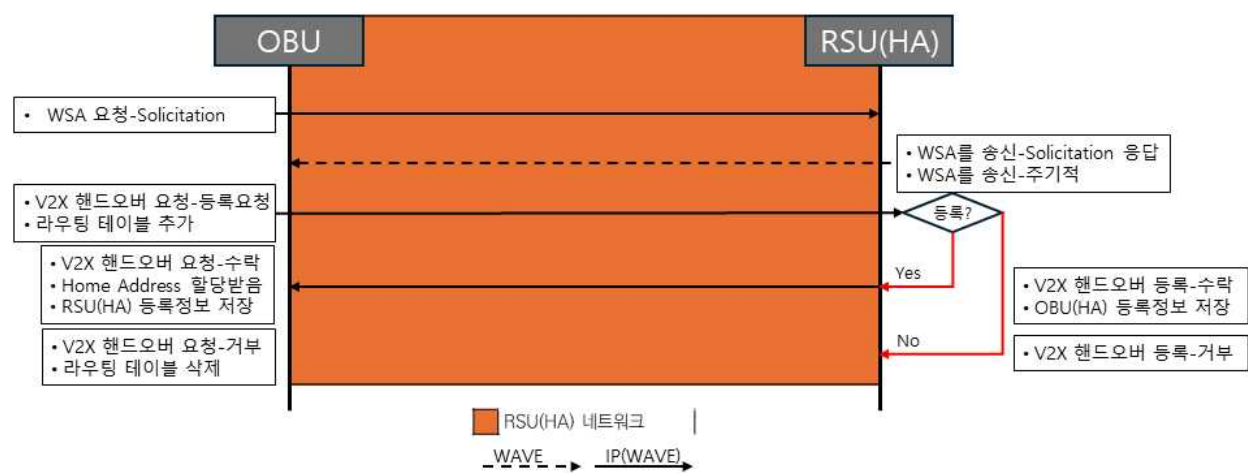
KEITI	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

7. V2X 핸드오버 절차

본 장에서는 V2X 핸드오버 절차를 기술한다. V2X 핸드오버 절차는 OBU가 V2X 핸드오버를 요청하는 상황에 따라 다르게 진행된다.

7.1. OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청

본 절에서는 V2X 핸드오버 절차의 OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버를 요청을 기술한다. 아래 [그림]은 OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청할 때의 예시도이다.




[그림]. OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 예시도

아래 [표]는 OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 절차이다. 각 단계는 순서대로 진행된다. 단계0은 OBU가 RSU로부터 V2X 핸드오버 WSA 메시지를 수신하지 못했을 때만 진행한다.

[표]. OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청 절차

단계	장치	통신환경	기능	비고
0	OBU	IP over WAVE	수신한 WSA가 없을 때, Solicitation을 송신	*V2X 핸드오버 요청
1	OBU	WAVE	RSU(HA)가 송신한 WSA를 수신	-
2	OBU	IP over WAVE	라우팅 테이블 설정 WSA를 송신한 RSU(HA)에 Registration Request 송신	V2X 핸드오버 요청 OBU IP 주소 0.0.0.0
3	RSU(HA)	IP over WAVE	Registration Request에 응답으로 Registration Reply 송신	V2X 핸드오버 수락/거부
4	OBU	-	Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 수락이면 - Registration Reply의 Home Address로 IP 주소 할당 - 라우팅 테이블 설정 Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 거부이면 - 라우팅 테이블 설정을 삭제	V2X 핸드오버 등록

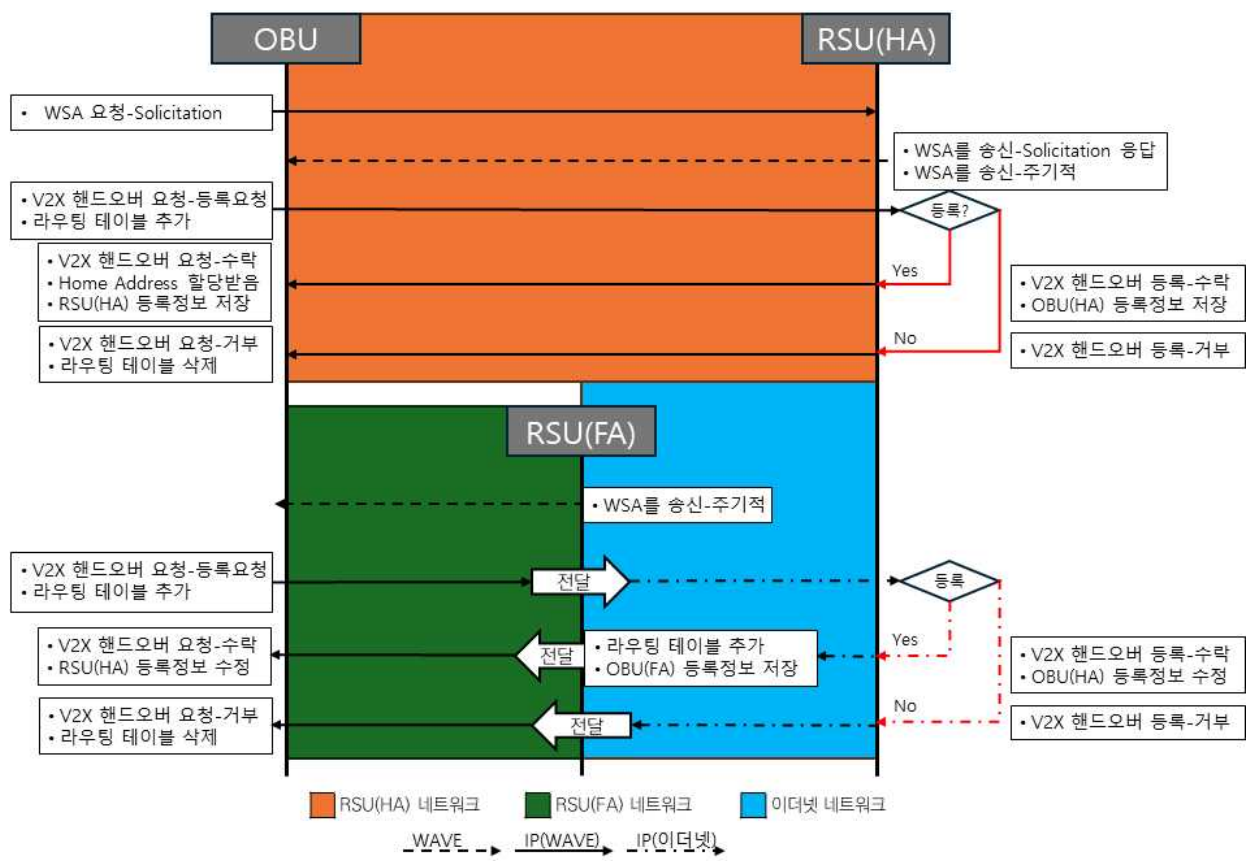
	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

7.2. OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청

본 절에서는 V2X 핸드오버 절차의 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청을 기술한다. OBU가 RSU(FA)에 핸드오버를 요청할 때, OBU가 RSU(HA)로부터 할당받은 Home Address가 있는지 여부에 따라 절차가 다르다.

7.2.1. Home Address가 있음

본 항에서는 Home Address가 있는 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청을 기술한다. 아래 [그림]은 OBU가 RSU(HA)로부터 Home Address를 할당받은 후 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 예시도이다.



[그림]. OBU가 RSU(HA)로부터 Home Address를 할당받은 후 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 예시도

아래 [표]는 OBU가 RSU(HA)에 V2X 핸드오버 요청 이후 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 절차이다. 각 단계는 순서대로 진행된다. 단계0은 OBU가 RSU로부터 V2X 핸드오버 WSA 메시지를 수신하지 못했을 때만 진행한다.

[표]. OBU가 RSU(HA)로부터 Home Address를 할당받고 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청 절차

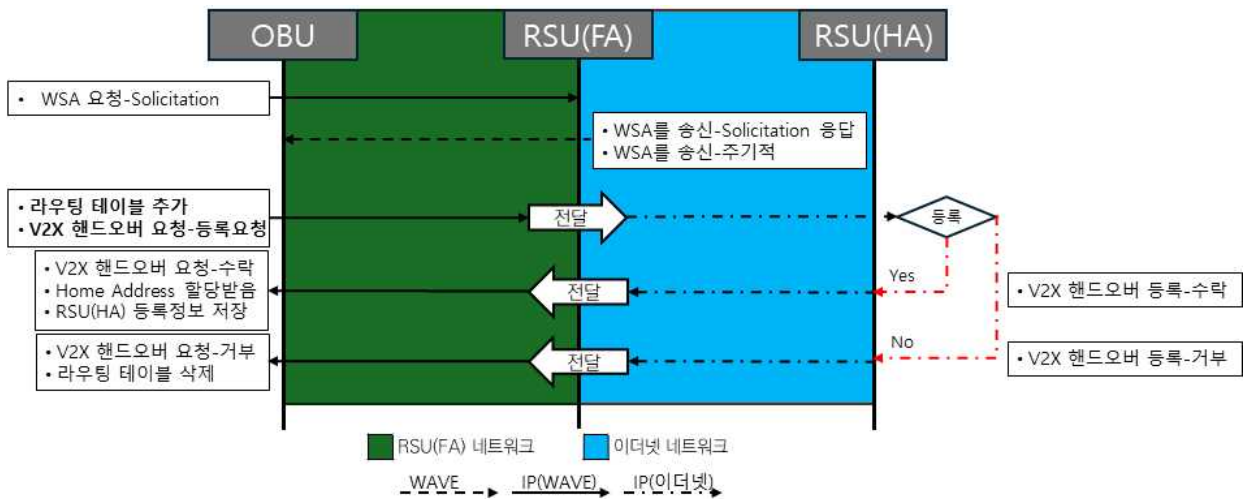
단계	장치	통신환경	기능	비고
0	OBU	IP over WAVE	수신한 WSA가 없을 때, Solicitation을 송신	*V2X 핸드오버 요청
1	OBU	WAVE	RSU가 송신한 WSA를 수신	-
2	OBU	IP over WAVE	라우팅 테이블 설정 WSA를 송신한 RSU(HA)에 Registration Request 송신	V2X 핸드오버 요청 OBU IP 주소 0.0.0.0
3	RSU(HA)	IP over WAVE	Registration Request에 응답으로 Registration Reply 송신	-
4	OBU	-	Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 수락이면 - Registration Reply의 Home Address로 IP 주소 할당	V2X 핸드오버 등록

KE·TI	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

			- 라우팅 테이블 설정 Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 거부이면 - 라우팅 테이블 설정을 삭제	
5	RSU(FA)	WAVE	WSA를 송신	
6	OBU	IP over WAVE	라우팅 테이블 설정 WSA를 송신한 RSU(FA)에 Registration Request 송신	V2X 핸드오버 요청
7	RSU(FA)	IP over Any	Registration Request를 Destination(RSU(HA))으로 전달 Registration Request 수락 시 터널링 설정(터널 시작점)	IP 포워딩
8	RSU(HA)	IP over Any	기존 OBU의 라우팅 테이블을 수정 수락 시 IP 터널링을 준비(터널 시작점) Registration Request에 대한 응답으로 Registration Reply 송신 거부 시 라우팅 테이블 설정을 삭제	V2X 핸드오버 수락/거부
9	RSU(FA)	IP over Any	Registration Reply를 수신해 Destination(OBU)으로 전달 Registration Request 수락 시 터널링 설정(터널 종료점)	IP 포워딩
10	OBU	-	Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 거절이면 라우팅 테이블 설정을 삭제	V2X 핸드오버 등록

7.2.2. Home Address가 없음

본 항에서는 Home Address가 없는 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청을 기술한다. 아래 [그림]은 Home Address가 없는 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때의 예시도이다.




[그림]. Home Address가 없는 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 예시도


아래 [표]는 Home Address가 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청할 때 절차이다. 각 단계는 순서대로 진행된다. 단계0은 OBU가 RSU로부터 V2X 핸드오버 WSA 메시지를 수신하지 못했을 때만 진행된다.

[표]. Home Address가 없는 OBU가 RSU(FA)에 V2X 핸드오버 요청 절차

단계	장치	통신환경	기능	비고
0	OBU	IP over WAVE	수신한 WSA가 없을 때, Solicitation을 송신	*V2X 핸드오버 요청
1	OBU	WAVE	RSU가 송신한 WSA를 수신	
2	OBU	IP over WAVE	라우팅 테이블 설정 WSA를 송신한 RSU(FA)에 Registration Request 송신	V2X 핸드오버 요청 OBU IP 주소 0.0.0.0

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

3	RSU(FA)	IP in Any	Registration Request를 RSU(HA)으로 전달 Registration Request 수락 시 터널링 설정(터널 시작점)	IP 포워딩
4	RSU(HA)	IP over Any	라우팅 테이블을 설정 수락 시 IP 터널링을 준비(터널 시작점) Registration Request에 대한 응답으로 Registration Reply 송신 거부 시 라우팅 테이블 설정을 삭제	V2X 핸드오버 수락/거부
5	RSU(FA)	IP in Any	Registration Reply를 수신해 Destination(OBU)으로 전달 Registration Request 수락 시 터널링 설정(터널 종료점)	IP 포워딩
6	OBU	-	Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 수락이면 - Registration Reply의 Home Address로 IP 주소 할당 - 라우팅 테이블 설정 Registration Reply가 V2X 핸드오버 요청이 거부이면 - 라우팅 테이블 설정을 삭제	V2X 핸드오버 등록

	V2X 핸드오버 규격서				
	문서분류	문서관리자	버전	최초작성일	최종수정일
	규격서	정한균	1.1	2024년 10월 11일	2025년 1월 24일

8. 별첨1. Registration Reply 응답코드(code) 항목

본 [별첨1]는 Registration Reply 응답코드(code) 항목을 기술한다. 아래 [표]는 V2X 핸드오버 Registration Reply 응답코드이며, MobileIP 표준의 Registration Reply 응답코드와 같다.

[표]. V2X 핸드오버 Registration Reply 응답코드(code) 항목

코드	설명		비고
0	요청 수락	V2X 핸드오버 요청을 수락	
1		V2X 핸드오버 요청을 수락, OBU의 CoA를 다중으로 접속하는 것은 불가	
64	RSU(FA)로부터 요청 거부	알 수 없는 이유	
65		관리상의 이유로 거부	
66		자원이 부족	
67		OBU 인증 실패	
68		RSU(HA) 인증 실패	
69		요청된 Life Time이 너무 김	
70		Registration Request 형식이 틀림	
71		Registration Reply 형식이 틀림	
72		요청된 IP 터널링 방식(캡슐레이션 방식)을 지원 안 함	
73		예약되어 사용할 수 없음	
77		잘못된 CoA 주소	
78		등록 시간 초과	
80		RSU(HA) 네트워크에 접근 불가	
81		RSU(HA) Host에 접근 불가	
82		RSU(HA) Port에 접근 불가	
88		RSU(HA)에 접근 불가	
194		잘못된 Home Address	
128	RSU(HA)로부터 요청 거부	알 수 없는 이유	
129		관리상의 이유로 거부	
130		자원이 부족	
131		OBU 인증 실패	
132		RSU(FA) 인증 실패	
133		Registration Request의 Identification 필드가 불일치	
134		Registration Request 형식이 틀림	
135		OBU가 CoA로 너무 많이 다중으로 접속함	
136		알 수 없는 Home Address	