

전기차 AC 충전기에서 제어 파일럿 5% 트리거를 활용한 HLC-C 충전 시작 메커니즘에 관한 연구

박창운, 백승혁, 이재조

한국전기연구원

pcuzone@keri.re.kr, shbaek@keri.re.kr, jjlee@keri.re.kr

A Study on the HLC-C Charging Initiation Mechanism Using the Control pilot 5% Trigger in AC EVSE

Changun Park, Seung-hyuk Baek, Jae-Jo Lee

Korea Electrotechnology Research Institute

요약

본 연구는 DC 충전기에 적용된 제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전 시작 메커니즘을 AC 충전기에 적용할 경우 발생할 수 있는 통신 시퀀스 상의 문제를 분석하고, 이를 해결하기 위한 기본 요건을 도출하였다. ISO 15118 기반 통신 기술의 확산과 함께, IEC 61851 규격 내 AC 충전기의 선택적 적용 조건을 고려하여 다양한 적용 가능성을 검토하였다.

I. 서 론

전기차 충전기 기술은 기존의 충전 속도 중심의 발전을 넘어, 사용자 편의성 향상, 스마트 충전 및 에너지 관리, 자동 인식 기반 충전 등 다양한 수요를 반영한 사용자 중심 생태계로 진화하고 있다. 이러한 생태계 구현을 위해 전기차와 충전기 간의 데이터 통신 기능이 고도화되고 있으며, DC 충전기에 적용되던 ISO 15118 V2GCI(Vehicle to Grid Communication Interface)기술이 AC 충전기에도 빠르게 확산하고 있다. 하지만 전기차 전도식 충전 시스템을 정의한 IEC 61851 규격에 따르면, DC 충전기에는 ISO 15118 V2GCI 기술 적용이 필수(Mandatory)인 반면, AC 충전기에는 선택(Optional) 사항으로 규정되어 있다. 이에 따라 AC 충전기에 ISO 15118 V2GCI 기술을 적용할 경우, 전기차와 충전기 간의 HLC-C(High-Level Communication Control) 시작 조건과 PnC(Plug and Charge), EIM(External Identification Means), BC(Basic Charging) 등의 다양한 조합에 따라 복잡한 충전 시나리오가 발생할 수 있으며, 시스템 구성 또한 복잡해질 수 있다.[1][2]

표 1. 연결 코디네이터 시나리오

구분	시나리오	RC	EM w/BC	EM w/oBC	BC
AC 충전기	시나리오 1: 제어 파일럿 5% 및 매칭 설정이 시작하지 않는 경우	a)	b)	c)	d)
	시나리오 2: 제어 파일럿 X1 및 매칭 설정이 시작하지 않는 경우	a)	b)	c)	d)
	시나리오 3: 제어 파일럿 5% 및 매칭 설정이 시작한 경우	a)	b)	c)	-
	시나리오 4: 제어 파일럿 X1 및 매칭 설정이 시작한 경우	a)	b)	c)	-
	시나리오 5: 플러그 접속전 EIM 설정 완료된 경우	-	b)	c)	d)
DC 충전기	시나리오 6: 제어 파일럿 5% 시작	a)	-	c)	-

DC 충전기에 적용된 제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전 시작 메커니즘을 AC 충전기에 적용할 경우, 이는 시나리오 1 및 3에 해당되며, 전기차는 제어 파일럿 5% 신호를 계측하는 순간 SLAC(Signal Level

Attenuation Characterization) 매칭 프로세스를 시작하게 된다. 그러나 기존에 보급된 레거시 전기차는 HLC-C 기반의 AC 충전을 지원하지 않기 때문에, 해당 방식 적용 시 충전 장애가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 제어 파일럿 5% 트리거를 활용한 HLC-C 충전 시작 메커니즘 하에서 AC 충전기와 전기차 간 통신 시퀀스를 분석하고, 이로 인한 문제를 해결하기 위한 기본 기술 요건을 도출하였다.

II. 본론

AC 충전에 HLC-C를 지원하는 전기차의 경우, AC 충전 시 충전기 커넥터가 연결되면 제어 파일럿 X1 또는 X2(5% 또는 공칭 듀티 사이클) 상태일 때 HLC-C 매칭 프로세스를 시작할 수 있어야 한다. 대부분의 전기차는 DC 충전을 위해 제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 시작 메커니즘을 구현하고 있으며, 최근에는 AC 충전 시에도 HLC-C를 지원하는 전기차는 제어 파일럿의 공칭 듀티 사이클에서도 매칭 프로세서를 시작한다. 그림 1은 시나리오 3인 연결 코디네이션 시퀀스를 나타낸 것이다.

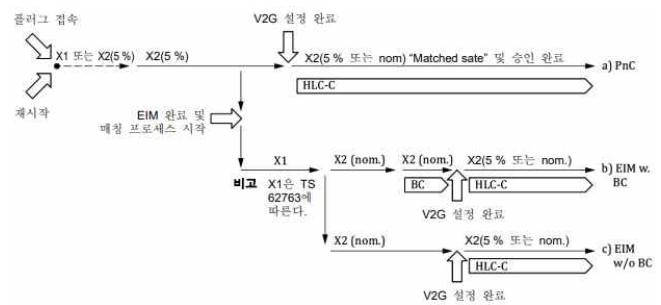


그림 1. 제어 파일럿 5% 및 매칭 설정이 시작한 경우

사용자 승인이 이루어지기 전에 전기차와 AC 충전기가 연결된 경우, 충전기는 충전 전력을 제공할 수 없으므로 제어 파일럿 신호를 X1 또는 X2(5%) 상태로 유지해야 한다. V2G 설정이 완료되기 이전에 사용자 승인이 완료될 경우, AC 충전기는 제어 파일럿 X2(5%) 신호를 제공해야 하며, 전기차는 선택적으로 BC 방식으로 충전을 시작한 후 HLC-C 충전 제어로 전환하거나, HLC-C 방식만을 통해 충전을 제어할 수 있다.

HLC-C를 위한 매칭 프로세스가 완료된 이후에는 그림 2와 같이 AC V2G 통신 세션을 진행하게 된다.

V2G 설정 완료는 PowerDeliveryReq 메시지의 ChargeProgress 필드가 Start로 설정된 시점을 기준으로 판단되며, Setup, Service, Payment 등 각 단계에서 예기치 않은 상황이 발생할 경우, 언제든지 통신 세션을 중단 할 수 있도록 설계되어 있다. 전기차가 HLC-C를 통해 충전을 제어하는 과정에서, 충전기로부터 수신한 ServiceDiscoveryRes의 EnergyTransferMode 필드를 분석함으로써 해당 충전기가 AC 방식인지 DC 방식인지를 판단할 수 있다.[3] 이는 제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전 시작 메커니즘을 지원하는 AC 충전기에, DC 충전에서만 HLC-C를 지원하는 래거시 전기차가 연결될 경우, 반복적으로 충전을 시작하지 못하는 문제가 발생함을 의미한다.

제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전을 제공하는 AC 충전기와 기존 DC 충전에서만 HLC-C를 지원하는 래거시 전기차의 통신 시퀀스 로그파일이다.

```

9 54.3264068... c6:89:.. Broadc...
10 54.9003792... Shenzh... Broadc...
11 54.9005096... c6:89:.. Shen...
12 55.1402691... Shenzh... Broadc...
13 < 14:00:00C... Channel Rans...
14 < 14:00:00C... Channel Rans...
15 < 14:00:00C... Channel Rans...
16 < 14:00:00C... Channel Rans...
17 < 14:00:00C... Channel Rans...
18 < 14:00:00C... Channel Rans...
19 < 14:00:00C... Channel Rans...
20 < 14:00:00C... Channel Rans...
21 < 14:00:00C... Channel Rans...
22 IEC61851 CP(B), Duty(5%)
60 HomePlug - CM_SLAC_PARM_REQ
60 HomePlug - CM_SLAC_PARM.CNF
60 HomePlug - CM_START_ATTEM_CHAR_IND
60 HomePlug - CM_CSTART_ATTEM_CHARG_TMR
:
46 64.2740610... fe80:: fe80: 159 V2G supportedAppProtocolReq
47 64.2741019... fe80:: fe80: 74 TCP 25118 → 63325 [ACK] Seq=3235
48 64.2764787... fe80:: fe80: 86 V2G supportedAppProtocolRes
49 64.2827155... fe80:: fe80: 74 TCP 63325 → 25118 [ACK] Seq=7175
50 64.6231889... fe80:: fe80: 96 V2G SessionSetupReq
51 64.6549823... fe80:: fe80: 117 V2G SessionSetupRes
52 64.6667723... fe80:: fe80: 74 TCP 63325 → 25118 [ACK] Seq=7175
53 64.9671333... fe80:: ff02: 70 ICMPv6 Router Solicitation from fc...
54 64.9733093... fe80:: fe80: 96 V2G ServiceDiscoveryReq
55 64.9894976... fe80:: fe80: 122 V2G ServiceDiscoveryRes
56 64.9977391... fe80:: fe80: 74 TCP 63325 → 25118 [ACK] Seq=7175
57 65.3237620... fe80:: fe80: 96 V2G SessionStopReq
58 65.3393550... fe80:: fe80: 96 V2G SessionStopRes
59 65.3476102... fe80:: fe80: 74 TCP 63325 → 25118 [ACK] Seq=7175
60 65.4736866... fe80:: fe80: 4 TCP 63325 → 25118 [FIN, ACK] Seq=3235
61 65.5184283... fe80:: fe80: 74 TCP 25118 → 63325 [ACK] Seq=3235
62 68.9675502... fe80:: ff02: 70 ICMPv6 Router Solicitation from fc...
63 68.9685666... fe80:: fe80: 86 ICMPv6 Neighbor Solicitation for fe...
64 68.9686384... fe80:: fe80: 78 ICMPv6 Neighbor Advertisement fe80:...
65 71.6904410... fe80:: fe80: 74 TCP 25118 → 63325 [FIN, ACK] Seq=3235
<ns5:ServiceDiscoveryRes>
<ns5:ResponseCode>OK</ns5:ResponseCode>
<ns5:PaymentOptionList>
  <ns6:PaymentOption>ExternalPayment</ns6:PaymentOption>
</ns5:PaymentOptionList>
<ns5:ChargeService>
  <ns6:ServiceID>1</ns6:ServiceID>
  <ns6:ServiceName>EV charging (AC/DC)</ns6:ServiceName>
  <ns6:ServiceCategory>EVCharging</ns6:ServiceCategory>
  <ns6:FreeService>false</ns6:FreeService>
  <ns6:SupportedEnergyTransferMode>
    <ns6:EnergyTransferMode>AC_single_phase_core</ns6:EnergyTransferMode>
  </ns6:SupportedEnergyTransferMode>
</ns5:ChargeService>
</ns5:ServiceDiscoveryRes>
```

그림 3. AC 충전기-래거시 전기차 통신 시퀀스 로그파일

전기차는 54.32초에 AC 충전기에 연결된 후 제어 파일럿 5% 신호를 감지하고 즉시 매칭 프로세스를 시작하였으며, 64.98초에 ServiceDiscoveryRes 메시지를 수신한 것으로 확인된다. EnergyTransferMode 필드를 확인하기까지 약 10.66초가 소요되었으며, 전기차는 충전기가 AC 방식을 지원함을 인지한 후 즉시 65.32초에 SessionStop 절차를 수행하였다. 전기차에 플러그가 연결된 시점부터 충전이 종료되기까지 총 11.00초가 소요되었으며, 이 짧은 시간 내에 사용자 인증을 완료하는 것은 현실적으로 어려움이 따른다. 2024년 말 기준 국내 등록된 순수 전기차는 684,244대로 대부분의 전기차는 AC 충전 시 HLC-C를 지원하지 않기 때문에, 제어 파일럿 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전 시작 메커니즘을 적용한 AC 충전기가 보급될 경우, 충전 불가 문제가 발생할 가능성이 있다.[4]

국내에서 5% 트리거 기반의 HLC-C 충전 시작 메커니즘을 AC 충전기에 적용해야 하는 경우, 연결된 전기차가 이를 지원하는지 여부를 먼저 판단해야 한다. 래거시 전기차를 지원하기 위해서는 충전 실패 이후 전기차의 충전 재시작 시퀀스를 활용하여, 시나리오 5와 같이 사용자 인증 이후 제어 파일럿의 공칭 데터 사이클을 출력함으로써 충전을 제공하는 방식이 적절할 것으로 판단된다. 그러나 이 방식은 충전 시작까지 상당한 시간이 소요되어 사용자 불편을 초래할 수 있다. 이러한 복잡한 과정을 피하기 위해서는, 시나리오 1 및 3에 해당하는 X2(5%) 방식보다는 시나리오 1 및 4에 해당하는 X1 방식으로 지원하는 것이 보다 적절하다. 매칭 프로세스를 X1에서 시작하는 전기차는 시나리오 4에 대응하여 충전을 제공할 수 있으며, X2(Nominal)에서 매칭을 시작하는 전기차는 시나리오 2에 따라 충전을 제공할 수 있다.

III. 결론

본 연구는 제어 파일럿 5% 트리거 기반 HLC-C 충전 시작 메커니즘이 AC 충전기에 적용될 때 발생할 수 있는 충전 실패 문제를 분석하고, 래거시 전기차 대응 방안을 제시하였다. 현재 국내 대부분의 전기차는 AC 충전 시 HLC-C를 지원하지 않기 때문에, 해당 방식 도입 시 충전 세션이 반복적으로 종료되는 문제가 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위한 재시작 시퀀스 기반 방식은 기술적으로 가능하지만, 충전 시작까지 지연이 발생해 사용자 불편이 클 수 있다. 따라서 X2(5%)보다는 X1 방식으로 매칭을 시작하는 방식을 선택하는 것이 더욱 적절하며, 향후에는 다양한 충전 시나리오를 고려한 유연한 충전 제어 전략이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구 과제 (No. RS-2024-00424413)의 성과임.

참고 문헌

- [1] IEC 61851-1:2010 third edition "Electric vehicle conductivecharging system- Part1 : General requirements
- [2] Road vehicles –Vehicle to grid communication interface –Part3: Physical and data link layer requirements, ISO/IEC 15118-3,2015.
- [3] Road vehicles –Vehicle-to-Grid Communication Interface –Part2: Network and application protocol requirements, ISO/IEC15118-2, 2014.
- [4] 국토교통부 “2024년 자동차 등록 현황”, https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_35045/dtl.jsp?id=95090756&lcmspage=1&utm_source=chatgpt.com