

듀얼 스티어 서비스 지원을 위한 5G 단말 정보요소 확장 및 검증

박미룡, 고남석

한국전자통신연구원 모바일코어네트워크연구실

mrpark, nsko@etri.re.kr

Design and Validation of DualSteer IE Extensions in 5G UE

Miryong Park, Namseok Ko

Mobile Core Network Research Section, ETRI

요 약

본 논문은 지상망과 비지상망을 연동하는 듀얼 스티어 서비스 지원을 위해 5G 단말 정보요소 확장을 제안한다. 5GS network feature support IE에 DS-Support Indicator 플래그를 추가하고, PDU Session Establishment Request에 DualSteer Request IE를 정의했으며, 5GSM Capability IE를 확장해 DS-Support와 PMFP 사용 여부를 표현하였다. 제안된 기능은 Open5GS와 PacketRusher 시험망에서 구현·검증되었다. 이러한 결과는 듀얼 스티어 서비스 실현 가능성을 입증하며, 향후 URSP 연계, 로밍 확장, NTN 특성 반영 등 3GPP 표준화 기여의 기반을 제공한다.

I. 서 론

3GPP는 단일 단말이 서로 다른 접속망을 동시에 활용할 수 있도록 세션 스위칭·스티어링·스플릿을 지원하는 ATSSS(Access Traffic Steering, Switching, and Splitting) 표준을 정의하였다. 예를 들어 LTE와 Wi-Fi 간 N3IWF를 통해 데이터 경로를 유연하게 선택할 수 있다[1][2].

최근 저궤도 위성(LEO) 등 비지상망(Non-Terrestrial Network; NTN)이 3GPP 표준 논의에 포함되면서, 지상망과 비지상망을 통합 활용하는 듀얼 스티어 서비스가 새로운 요구로 부상하였다. TR 23.700-54는 이를 위한 다중 접속·다중 가입자 기반 세션 관리 방안을 다루고 있다[3].

본 논문은 듀얼 스티어 서비스 지원을 위해 5G 단말 정보요소 확장을 제안한다. TS 24.501에 DS-Support 플래그를 추가하고, *DualSteer Request* IE를 정의하여 세션 간 상관관계를 표현하였다. 또한 PacketRusher[4]와 Open5GS[5]로 구성된 시험망에서 구현·검증을 통해 실제 동작 가능성을 확인하였으며, 향후 3GPP 표준화 추진의 기반으로 활용할 수 있음을 보인다.

II. 듀얼 스티어 서비스를 위한 UE 확장

듀얼 스티어 서비스는 단일 단말이 두 개의 3GPP 망(지상/비지상)에 동시에 접속하여 세션을 스위칭·스티어링할 수 있도록 하는 기능이다. 이를 위해서는 (1) 등록 단계에서 두 가입자 간의 상관관계가 인지되어야 하고, (2) 세션 단계에서 첫 번째와 두 번째 세션이 연관되어 동일한 SMF에서 일관되게 관리될 수 있어야 한다. TR 23.700-54에서는 이러한 문제를 다중 가입자 기반 세션 관리 방안으로 제안한 바 있으며, 본 연구에서는 이를 단말 확장 설계에 반영하였다. 듀얼 스티어 서비스를 지원하기 위하여 고려된 망은 HR(Home Routed)로밍을 기본으로 하고 있으며, HPLMN의 H-UPF에서 두 세션의 관리와 함께,

UE에서의 두 세션의 관리가 이루어져야 한다. UE에서는 아래 그림 1과 같은 다양한 로밍의 구조를 고려하고 있다. 그림 1 망 구조에서 UE와 H-UPF 간의 세션 연결 관리는 HPLMN의 모바일코어에서 진행되어야 한다.

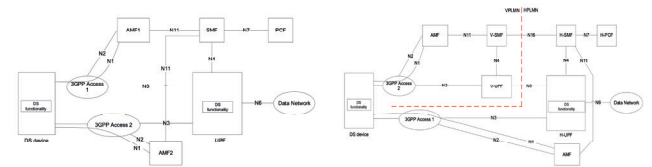


그림 1. 듀얼 스티어 서비스를 위한 네트워크 구조 예

1. UE 확장 설계

본 연구는 Home-Routed(HR) 로밍 구조를 가정하였다. HPLMN의 H-UPF가 두 세션을 앵커링하며, 단말과 HPLMN 코어망이 이를 관리한다.

듀얼 스티어 서비스를 지원하기 위해 단말은 (1) 망에서의 기능 지원 여부를 확인하고, (2) 두 세션 간 연관성을 망에 전달해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 세 가지 주요 정보요소 확장을 제안한다.

첫째, *5GS network feature support* IE에 DS-Support Indicator 플래그를 추가하며, AMF는 등록과정에서 망의 듀얼 스티어 서비스 지원 여부를 표시한다. 이를 통해 단말은 등록 과정에서 네트워크의 듀얼 스티어 서비스 지원 여부를 확인할 수 있다.

둘째, PDU Session Establishment Request 메시지에 새로운 *DualSteer Request* IE를 포함시켰다 (그림 2). *DualSteer Request* IE에는 세션이 첫 번째(First)인지 두 번째(Second)인지를 나타내는 필드가 정의되어 있으며, 두 세션은 동일한 Session ID를 공유함으로써 하나의 듀얼 스티어 PDU 세션 그룹으로 연관 관리된다. 따라서 Session ID는 그룹 단위의 연관성을 보장하고, *DualSteer Request* IE의 First/Second 필드는 그룹 내 개별 세션의 순서를 식별한다. 이 구조를 통해 AMF는 동일 Session ID를 가진 두 세션을 하나의 그룹으로 인식하고, 각

요청을 동일한 SMF 인스턴스로 연계하여 일관되게 관리할 수 있다.

Octet	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1
octet1	DualSteer Request IE							
octet2							Second	First

그림 2. DualSteer Request IE

셋째, 단말이 세션 특성을 표현할 수 있도록 5GSM Capability IE를 확장하였다. 확장된 IE에는 듀얼 스티어 세션 지원 여부를 표시하는 DS-Support 비트와, 성능 측정 기능 프로토콜 PMFP(Performance Measurement Function Protocol) 사용 여부를 나타내는 비트가 포함된다. AMF는 이 정보를 해석하여 듀얼 스티어 가능한 세션인지 여부를 판별하고, DualSteer Request IE의 First/Second 구분과 결합해 SMF 선택 및 세션 라우팅을 수행한다. 또한 비정상적인 세션 연결의 경우에는 듀얼 스티어 전용 오류 메시지를 반환하도록 확장한다.

Octet	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1
octet1	5GSM Capability IE							
octet2	Length of 5GSM Capability Contents							
octet3	TPMIC		ATSSS-ST		EPT-S1		MH6-PDU	
octet4	MPQUIC-IP		MPQUIC-UDP		MPTCP		ATSSS-LL	
octet5	DS-PMFP		DS-Support		0		0	

그림 3. 듀얼 스티어 서비스를 고려한 5GSM Capability IE 확장

2. 구현 및 검증

제안된 정보요소들은 free5GC NAS 스택에 반영하였으며, 자동 코드 생성기를 통해 PDU Session Establishment Request 메시지에 DualSteer Request IE가 포함되도록 구현하였다.

검증은 PacketRusher UE 에뮬레이터와 YAML 기반 USIM 설정을 통해 수행되었다. YAML 파일에는 DualSteer Request IE의 First/Second 구분과 5GSM Capability IE의 DS-Support/PMFP 비트가 정의되었다. 그림 4는 이러한 USIM 정의 예시를 보여주며, DualSteer Support Indication(dsIndication) 필드를 통해 Steer/Switch, PMFP 활성화 여부, Primary/Secondary 세션 구분이 설정됨을 확인할 수 있다.

```
# The UE's security capabilities that will be advertised to the AMF
integrity:
  nia0: false
  nia1: false
  nia2: true
  nia3: false
ciphering:
  # For debugging Wireshark traces, NEA0 is recommended, as the NAS messages
  # will be sent in cleartext, and be decipherable in Wireshark.
  nea0: true
  nea1: false
  nea2: true
  nea3: false
dsIndication: 15 # Steer/switch, pmfp_enable, Primary(1)

# The UE's security capabilities that will be advertised to the AMF
integrity:
  nia0: false
  nia1: false
  nia2: true
  nia3: false
ciphering:
  # For debugging Wireshark traces, NEA0 is recommended, as the NAS messages
  # will be sent in cleartext, and be decipherable in Wireshark.
  nea0: true
  nea1: false
  nea2: true
  nea3: false
dsIndication: 14 # Steer/switch, pmfp_enable, Secondary
```

그림 4. DualSteer Indication USIM 정의 예

시험망은 GNS3 기반으로 구성되었으며, HPLMN(예: 999-70)과 VPLMN(예: 262-74)을 구분하여 각기 다른 gNB를 통해 두 세션을 수립하였다(그림 5). 두 단말은 모두 VPLMN에 접속되어 있고, UE-999에는 듀얼 유심을 포함한 단말로서 두 개의 gNB에 연결되며, 두 gNB는 VPLMN 모바일 코어에 연결된다.

실험 결과, 단말은 gNB1-33과 gNB2-34를 통해 각각 첫 번째와 두 번째 세션을 설정하였으며, 두 세션은

HPLMN의 동일 H-UPF에서 앵커링되어 H-DN으로 IP를 할당받고 정상적으로 데이터 송수신을 수행함을 확인하였다.

또한 비정상 시나리오(예: DualSteer IE 누락, 잘못된 First/Second 구분)에서는 확장된 오류 메시지가 반환되어, 망이 세션 재시도나 독립 세션으로의 폴백을 지원할 수 있음을 확인하였다.

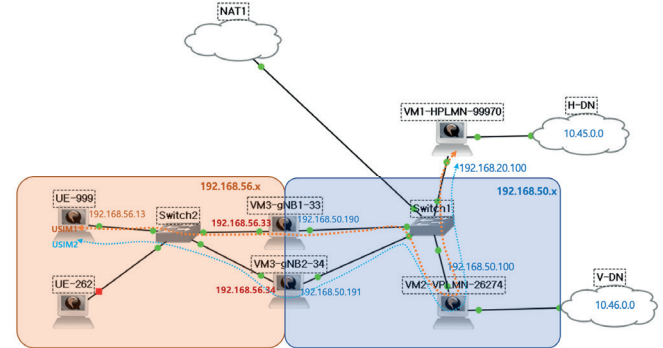


그림 5. 듀얼 스티어 시험 망 구성

III. 결론

본 논문은 지상망과 비지상망 연동을 위한 듀얼 스티어 서비스 지원 방안으로 5G 단말의 정보요소 확장을 제안하였다. 이를 위해 망의 듀얼 스티어 서비스 지원 여부를 제공하기 위해 5GS network feature support IE에 DS-Support Indicator 플래그를 추가하고, PDU Session Establishment Request에 DualSteer Request IE를 정의하여 세션 간 상관관계를 표현하였다. 또한 5GSM Capability IE를 확장해 DS-Support와 PMFP 사용 여부를 나타내는 필드를 포함하였다. 제안 기능은 Open5GS와 PacketRusher 시험망에서 구현·검증되었다. 이를 통해 듀얼 스티어 서비스의 실현 가능성을 입증하였다.

향후에는 URSP 정책 연계, 로밍 확장, NTN 특성 반영 검증이 필요하며, 본 연구는 3GPP 표준화 과정에서 듀얼 스티어 지원 기능 확장의 기여 기반이 될 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국전자통신연구원의 연구개발사업의 일환으로 수행하였음 [25ZR1100, 자율적으로 연결·제어·진화하는 초연결 지능화 인터넷 기술 연구].

참고 문헌

- [1] 3GPP TS 23.501: "System Architecture for the 5G System; Stage 2", Mar., 2025.
- [2] 3GPP TS 23.502: "Procedures for the 5G System; Stage 2", Mar., 2025.
- [3] 3GPP TR 23.700: "Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Multi-Access", Dec. 2024.
- [4] PacketRusher, github repository. [Online]. Available: <https://github.com/HewlettPackard/PacketRusher>
- [5] Open5GS, github repository. [Online]. Available: <https://github.com/open5gs/open5gs>