

비면허 대역을 이용한 LTE 기술

황승훈, 이성형, 홍인기*

동국대학교, 경희대학교*

요약

본고에서는 현재 급증하고 있는 모바일 트래픽을 수용하기 위하여 제안된 LTE-U기술의 개념 및 특성, 요구사항 등을 살펴보고자 한다. 비면허 대역을 이용한 LTE-U 혹은 LTE-LAA 기술은 WiFi와 동일한 주파수 대역을 이용하기 때문에 두 방식 간의 공존문제가 중요하게 다루어져야 한다. 또한 주파수 정책과 기술의 밀접한 관련성을 고려하여 다양한 LTE-U 기술 채용 시나리오와 후보 주파수 대역을 비교, 분석하여 5G 이동통신시스템 개발 및 연구에 있어서 비면허 대역을 이용한 기술 관련현황 및 시사점을 도출해보고자 한다.

I. 서론

기존의 음성 전화나 문자 서비스에 만족하던 셀룰러 네트워크 사용자가 이동 중에도 인터넷을 통해 뉴스를 보고 소셜 네트워크 서비스를 사용하고 동영상 스트리밍 서비스를 즐길 수 있게 되면서, 그림1의 모바일 트래픽 증가 추세에서 보듯이 각국의 모바일 트래픽은 매년 2배 이상씩 급증했으며 향후 몇 년간 이러한 추세가 지속될 것으로 예상된다[1]. 따라서 통신 사업자 및 제조업체들은 향후 10년 후까지 모바일 네트워크의 데이터 용량을 1000배로 늘리기 위한 논의를 시작하여 연구 개발을 진행 중이다[2].

데이터 용량을 획기적으로 늘리기 위한 해결책으로 고려되고 있는 대표적인 기술로는 소형 셀 (small cell) 들을 이용한 용량 개선이나 다중 안테나 등을 이용한 주파수 효율 (spectral efficiency) 증가 기술 등이 활발하게 논의되고 있고, 주파수 측면에서는 기존 주파수 대역을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 방법 및 새로운 주파수 대역 확보를 위한 방안이 논의되고 있다. 면허 대역을 이용하는 모바일 브로드밴드 사업자는 독점적으로 대역을 점유하여 높은 신뢰도와 좋은 품질의 서비스를 사용자들에게 제공하기 위하여 기존에 확보한 대역 이외에도 추

가로 주파수 경매 등을 통하여 보다 넓은 주파수 대역을 확보하고 하고 있다. 그러나, 6GHz 이하의 대역에서 새로운 이동통신 주파수 대역을 찾기 어렵기 때문에 이동통신 이외의 다른 서비스에서 사용하고 있는 주파수 대역이지만 지역적/시간적으로 사용이 없을 때 이를 이동통신 주파수로 활용하기 위한 공유 기술인 주파수 공유 접속 (LSA: Licensed Shared Access) 기술이나 FDD를 고려한 상하향 링크 쌍을 수용하기 위한 주파수 대역 (paired band) 확보가 어려워 일반적으로 트래픽이 더 많은 하향 링크용 대역만 확보하고 이를 주파수 집성기술 (CA: Carrier Aggregation)로 활용하는 SDL (Supplemental Down Link) 기술들이 고려되고 있다.

또한 면허 대역 주파수 자원이 한정적이고 주파수 대역 확보를 위해 높은 비용이 요구되어 많은 사업자들이 5G이동통신 시대를 대비하여 비면허 대역 (unlicensed band)에서 LTE-A 방식을 이용하는 LTE-U기술을 고려하고 이에 대한 연구를 개발 중에 있다[1][2]. 최근 3GPP 에서는 비면허 대역을 이용한 LTE-U 기술을 면허대역에서 동작하는 무선 기술의 성능을 향상시키기 위한 비면허 대역 활용 무선기술이라는 뜻을 강조하기 위하여 LTE-LAA (Licensed-Assisted Access)로 명명하기로 하였다. LTE-LAA 관련해서 이동통신 사업자들은 WiFi hotspot 구축에 대대적인 투자를 했는지의 여부에 따라 Verizon Wireless, NTT DoCoMo, China Mobile 등의 이동통신 사업자들은 적극 찬성하는 분위기에 비하여 AT&T 등 사업자는 소극적인 대응을 하고 있다. 반면 WiFi 진영에서는 WiFi는 간섭이 있다고 감지하면 back-off 등을 통하여 간섭을 일으키지 않으려는 기술들이 채택되어 있지만 LTE는 간섭이 발생하더라도 이를 극복하기 위한 간섭제거기술로 해결하려고 하기 때문에, LTE-LAA가 도입되면 간섭이 증가할 뿐만 아니라 상대적으로 무선자원을 활용할 수 있는 기회가 줄어들 것이라는 측면에서 찬성하지 않는 분위기이다.

본 고에서는 이와 같이 급증하고 있는 모바일 데이터 트래픽 문제점을 해결하기 위해 제안된 LTE-LAA기술의 개념 및 특성, 요구사항 등을 주파수 관점에서 살펴보고, 또한 주파수 정책과 기술의 밀접한 관련성을 고려하여 다양한 LTE-LAA 기술

채용 시나리오와 후보 주파수를 조사하여 비교, 분석하여 5G 이동통신시스템 개발 및 연구에 있어서 주파수 관점에서의 시사점을 도출해보고자 한다.

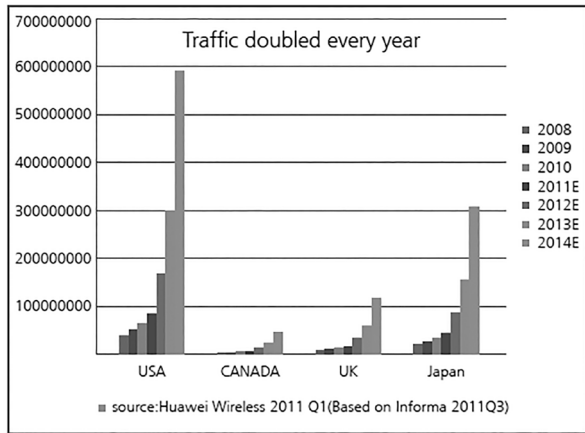


그림 1. 모바일 트래픽 추이[1]

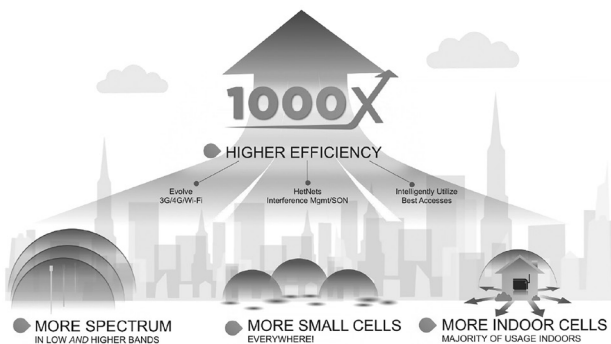


그림 2. 1000x 모바일 데이터를 위한 기술[2]

II. 본론

1. LTE-LAA 기술의 개념 및 특성

LTE-LAA란 LTE-A 기술을 비면허 대역에 적용하는 방식으로 트래픽 증가 문제를 해결할 수 있는 가장 효과적인 방법으로 각광받고 있다[1]. 본 논문에서는 LTE-A의 구체적인 기술에 대한 소개를 제외하고 있으며 LTE-LAA의 개념적인 이해를 돕기 위해 장단점을 표1에 정리하였다[3]. LTE-LAA의 장점으로서는 LTE-A가 이미 4G 이동통신 방식으로 서비스되고 있는 기술인 바 면허 대역에서 이미 그 기술의 신뢰성, 이동성, QoS가 검증되었다는 점이다. 이외에도 높은 품질과 용량을 제공할 수 있으며 면허대역과 비면허 대역에서 동일한 RAT (Radio Access Technology)을 사용할 수 있어 호환성도 보장된다. 그

리고 비면허 대역에서 이미 채용되고 있는 WiFi와 비교해볼 때 부가적인 기술들이 포함되어 보다 우수한 주파수 효율성을 보이게 된다. 이와 별도로 고려할 사항도 몇가지 있다. 비면허 대역에서 원래 사용되고 있던 WiFi와의 LTE-LAA가 공존해야 하므로 이에 대한 검토가 필요하다. 또한 기존의 주파수 정책이 그대로 유지되어도 되는지 아니면 비면허 대역에 대한 새로운 정책이나 규제가 필요한지 검토가 필요하며 또한 이는 전세계적인 비면허 대역 주파수에 대한 분배 및 정책에 대한 통합적인 시각이 요구되어질 수도 있다. 예를 들면 현재 비면허 대역 정책은 주로 송신 출력만 제한하고 있는데 이럴 경우 무선 접속 방식에 따라 LTE-LAA가 지속적으로 주파수 대역을 점유할 수 있어 이에 대한 규제나 정책이 준비되어야 한다.

표 1. LTE-LAA의 특성[3]

| LTE-LAA를 통한 이득(Benefits) |
|---|
| 면허대역의 신뢰성, 이동성, QoS 보장 |
| 높은 Quality와 Capacity |
| 동일한 RAT를 사용 |
| LTE의 특성을 가지면서 Wi-Fi보다 좋은 주파수 효율성 |
| - Hybrid ARQ |
| - Wi-Fi의 간섭 회피가 아닌 간섭 management / cancellation / suppression을 실행 |
| LTE-LAA 수용을 위한 고려사항(Concerns) |
| WLAN(무선랜)을 위한 비 면허대역에 대한 새로운 정부 규제가 필요 |
| 지역적으로 분열되어 있는 주파수 규제에 대한 통합된 해결책 필요 |
| Wi-Fi와 LTE의 공존에 대해 고려 |
| 새로운 면허대역에 대한 의도하지 않은 결과에 대한 대비 |

2. LTE-LAA 기술의 기본 시나리오

일반적으로 LTE-LAA 기술의 채용 시나리오로는 Licensed Assisted Access를 고려한다. 즉 면허 대역의 지원을 위한 접속이라는 말로 비면허 대역만의 독립된 접속 시나리오는 현재 고려되지 않고 있다. 다른 말로 하면 LAA란 기존의 면허대역의 LTE-A와 비 면허대역의 LTE-LAA와의 캐리어 집성 기술을 이용하는 방식을 의미한다.

Primary Component Carrier (PCC)는 면허대역의 LTE-A를 사용하고, Secondary Component Carrier (SCC)는 비 면허 대역의 LTE-U를 사용한다. 면허대역의 PCC는 uplink (UL)와 downlink (DL)에 모두 사용되며 Signaling, Mobility, User data를 제어하고 신뢰성 높은 연결을 제공한다. 반면 비 면허대역의 SCC는 단지 사용자 데이터율의 증가를 위해 서만 사용된다. TDD와 FDD에 따라 LTE-LAA는 다음과 같이 활용될 수 있다[1][4]. FDD 방식에서는 <그림 3>과 같이 비면허 대역을 DL로만 이용하여 SDL이라고 부르고, TDD 방식에서는 비면허 대역을 DL과 UL로 모두 이용한다.

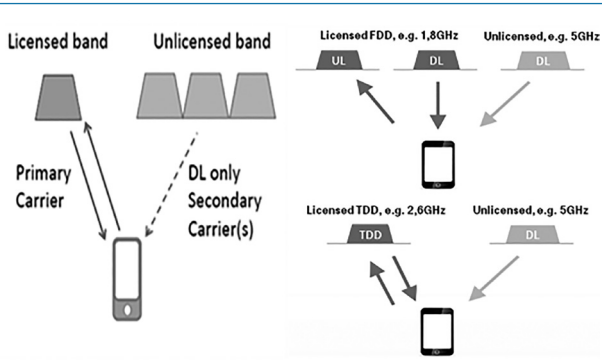


그림 3. FDD를 이용한 SD-LTE 시나리오[1][4]

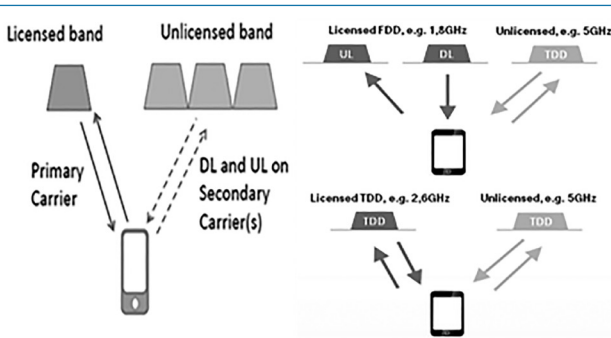


그림 4. TDD를 이용한 CA 시나리오[1][4]

이상적으로 LTE-LAA 를 이용하기 위해서는 <그림 5>에서와 같이 면허대역에서 20MHz 대역 5개까지 최대100MHz의 대역폭이 지원되는 것으로 생각하고 있으며, 비면허 대역에서 20MHz 대역 4개인 최소 80MHz의 대역폭이 고려되며 4*4 MIMO가 지원되는 것으로 생각하고 있다[4].

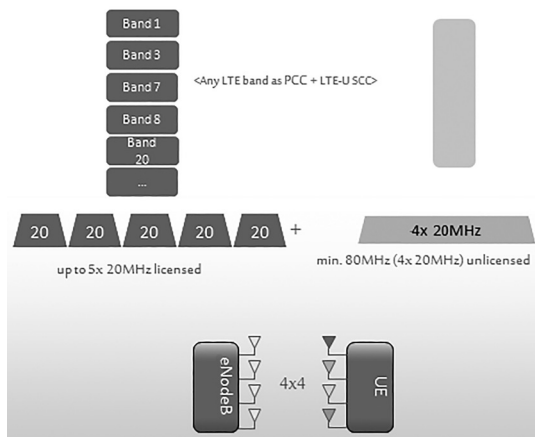


그림 5. 이상적인 LTE-LAA를 위한 조건[4]

앞에서 간단히 언급되었던 RAT간의 공존 (coexistence) 시나리오에 대해 좀 더 살펴보고자 한다. 여기서 공존이란 비면허 대역에서 RAT들 간의 공존을 의미하며 다음 두가지 요소가

요구된다[5]. LTE-LAA 와 WLAN사이의 공존의 요구사항으로는 공정성 (Fairness)가 고려되며, LTE-LAA 들 사이의 공존의 요구사항으로는 효율성 (Efficiency)이 요구된다. 그런데 LTE-LAA 사이의 공존은 면허대역의 LTE-A를 함께 사용하는 LTE-LAA 의 공유와 LTE-A없이 LTE-LAA 만을 사용하는 시나리오를 고려할 수 있는데 현재는 LTE-A와 LTE-LAA 를 함께 사용하는 LTE-LAA 경우만 고려한다. 공존 문제는 뒤에서 좀 더 다뤄보고자 한다.

3. LTE-LAA 후보 주파수

LTE-LAA 후보 주파수로 고려되고 있는 5GHz 대역은 2.4GHz 대역보다 상대적으로 혼잡하지 않고 실내/외 구축에 사용 가능하며 60GHz 대역보다 경로손실이 적고 전 세계가 공통적으로 사용할 수 있는 harmonized spectrum이라는 이유로 주목을 받고 있다[6]. 구체적으로는 5150~5350MHz, 5470~5725MHz, 5725~5850MHz가 고려대역이며, 최근에 급부상되는 대역은 5.4GHz, 5.8GHz 대역이다[7][8]. <표 2>에서 보면 여전히 지역간 분열되어있는 주파수 일원화 및 조화의 필요성이 숙제로 남아있지만 6GHz이하에서 글로벌 주파수 대역의 확보가 가능함을 알 수 있다. 용도가 실내 (indoor)와 실외 (outdoor)로 구별되어있는데 실외에서는 실내와는 달리 전파 거리가 길어야 하므로 실내보다 큰 전력이 보장되어야 한다. 아래 표에서는 표시하지 않았지만 해당 5GHz 대역이 기존 면허대역의 LTE-A 신호와 inter-modulation 간섭의 영향도 함께 고려되어야 할 사항이다.

표 2. 국가별 5GHz 주파수 사용

| Sub-bands | 5150-5250MHz | 5250-5350MHz | 5470-5590MHz | 5650-5725MHz | 5725-5850MHz |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| US/Canada | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor |
| EU | Indoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | NA |
| Korea | Indoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor |
| Japan | Indoor | Indoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | NA |
| China | Indoor | Indoor | NA | NA | Indoor/Outdoor |
| Australia | Indoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor | Indoor/Outdoor |
| India | Indoor | Indoor | NA | NA | Indoor/Outdoor |
| Brazil | Indoor | Indoor/Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor |
| Mexico | Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor |
| Taiwan | NA | Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor |
| Singapore | Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor | Outdoor |

일부 사업자들은 이미 비면허 대역에서 WiFi를 이용하여 데이터 트래픽을 분산시키는 off-loading을 이용하여 트래픽 급증을 해결하고 있다. 하지만 <표 3>과 <그림 6>에서 보듯이 표준의 차이에서 오는 LTE-LAA의 장점이 WiFi보다 많기 때문에 높은 주파수 효율을 확보할 수 있기 때문에 LTE-LAA가 더 많은 관심을 받을 것으로 예상된다.

표 3. Wi-Fi와 LTE-LAA의 특성 비교[9]

| | WiFi | LTE-LAA |
|---------------------|------------------|-------------------|
| 성능 | 좋지 않다 | 좋다 (CA를 통한 이점) |
| 주파수 효율 | 좋지 않다 | 좋다 |
| 주파수 범위 | 좁다 | 넓다 |
| Link/System Level | 낮다 | 높다 |
| 유지보수(OAM) | 비효율적 | 용이하고 효율적 |
| 시스템간 상호작용 | IMT와 상호작용이 좋지 않다 | EPC와 결합이 쉽다 |
| Traffic off-loading | 좋지 않다 | 좋다 |
| User Experience | 낮은 제공 | 높은 제공 |
| Radio 특성 | 좋지 않다 | 좋다 |

*EPC : Evolved Packet Core, LTE망에서의 코어네트워크 구조

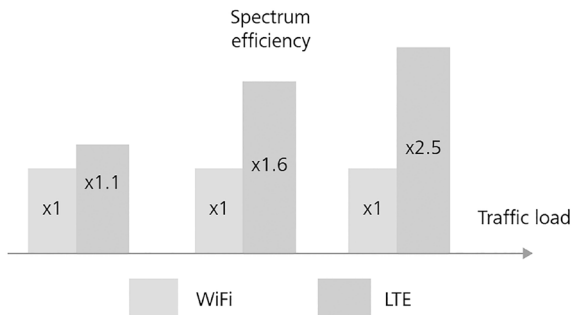


그림 6. WiFi와 LTE의 스펙트럼 효율[10]

LTE-LAA 채용 방식[11]

CA (Carrier Aggregation)

- 안정성과 이동성이 PCell과 같은 면허 대역으로부터 보장될 수 있다
- 코어 네트워크와 표준화에 미치는 영향이 적다

DC (Dual Connectivity)

- 안정성과 이동성이 MeNB와 같은 면허대역으로부터 보장될 수 있다.
- 동기화는 면허대역과 비면허 대역 사이에 필요하다

Standalone (독립)

- 면허 대역과 비면허 대역 사이에 동기화가 필요하지 않다
- 면허 대역 범위 바깥에서도 적용될 수 있다

표 4. CA/DC/Standalone의 특징 비교

| Scheme | eNB deployment | 장점 | 단점 |
|-------------|------------------|---|--|
| CA | Co-located C-RAN | <ul style="list-style-type: none"> • Mobility, Reliability • Can be operated with SDL • Dynamic traffic control • Less CN impact • Less standardization impact | <ul style="list-style-type: none"> • Ideal backhaul • Synchronization with LS • No benefit for CN offload • In-coverage only |
| DC | Non-co-located | <ul style="list-style-type: none"> • Mobility, Reliability • Bearer level traffic control • Non-ideal backhaul • Asynchronous operation with licensed band | <ul style="list-style-type: none"> • UL is necessary • UL CA capability • Large standardization impact • No benefit for CN offload • In-coverage only |
| Stand-alone | Non-co-located | <ul style="list-style-type: none"> • Non-ideal backhaul • Asynchronous operation with licensed band • Benefit for CN offload • Both in- and out-of-coverage | <ul style="list-style-type: none"> • UL is necessary • Mobility, Reliability • Inflexible traffic control • Large standardization impact |

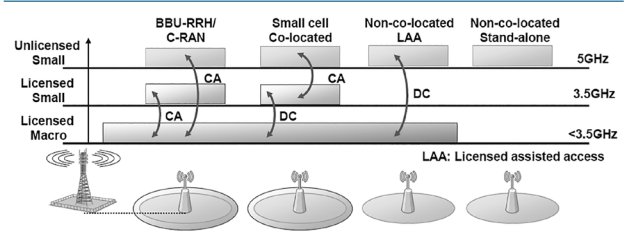


그림 7. CA/DC/Standalone[11]

LTE-LAA 공존

LTE-LAA에서 해결해야 하는 대표적인 문제들로는 복수의 통신 사업자가 LTE-LAA를 활용할 때 발생하는 통신 사업자 간의 간섭 문제 (inter-operator 공존)와 WiFi와 같은 타 무선 접속 시스템과의 공존 문제 (다른 RAT간의 공존)를 꼽을 수 있다. 통신사업자 간의 공존 문제는 각 사업자가 비면허 대역에 LTE-LAA 서비스를 실시할 경우, 상호 사전 협의 없이 독립적 을 기지국을 구축하게 됨으로써, 커버리지가 중첩되거나 근접한 거리에 기지국이 설치되어 간섭영향이 심각할 수 있는 가능성이 있다. 이를 해결하기 위하여 사업자간 협약을 맺거나 상호 간의 연동된 스케줄링을 사용할 수 있겠으나 이는 LTE-LAA 이외의 타 기기에 대한 과점 현상이 발생할 수 있어 규제 문제가 발생할 수 있다. 다른 해결 방식으로는 비면허 대역을 이용한 신호 송출 전에 사용하지 않고 있는 대역을 찾는 Listen-Before-Talk (LBT) 방식 등이 거론되고 있다. WiFi와 같은 타 무선접속 기기와의 공존을 확보하기 위해서는 상호간의 적절한

간섭 제어가 필수적인데, 상호간의 간섭 제어를 위하여 LTE/LTE-A에서 사용하던 간섭 완화 기술을 모두 고려하고 있다.

III. 결론

본고에서 기술한 바를 바탕으로 다음과 같은 LTE-LAA 관련 주파수 정책 사안들을 정리해볼 수 있다.

- ▶ 기존의 비면허 대역 (WiFi 사용)을 LTE-LAA 로 활용 가능하게 할 것인지
- ▶ 새로운 비면허 대역 (예를 들어 5GHz)에서 WiFi와 LTE-LAA 에 대한 공존의 규제를 해야 할지 (예를 들어 WiFi와 LTE-LAA 공존, LTE-LAA 간의 공존)
- ▶ LTE-LAA 채용 시나리오에 따른 FDD와 TDD 모드 관련한 주파수 분배 문제
- ▶ LTE-LAA 가 최적의 성능을 보여줄 수 있는 비면허 주파수 대역 산출 (예를 들어 20MHz x 4 =80MHz)
- ▶ LTE-LAA 후보 주파수에 대한 국제적인 동향 파악을 통한 국제 조화된 주파수 대역 선정
- ▶ 주파수 정책상에 고려되지 못한 요소 반영을 위한 LTE-LAA 제조업체 및 서비스 사업자의 요구사항 청취
- ▶ 공존을 가능하게 하는 다양한 방식에 대한 연구와 파라미터 (예를 들어 전력) 값에 대한 검토

앞으로 주파수 규제, 시나리오 등 LTE-LAA 관련 연구되어야 할 과제는 다양하지만 위에서 정리된 사항에 대한 우선적인 연구가 선행되어야 한다고 생각한다. 참고로 3GPP 에서 진행 중인 LTE-LAA에 대한 표준화 일정은 study가 2015년 6월까지 진행될 예정이며 work 아이템화되어 2016년 6월까지 표준화를 마무리할 예정으로 되어있다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.

[14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술 개발]

참고 문헌

[1] 3GPP Tdoc: RWS-140020 Verizon, CMCC,

Huawei, Ericsson, "Use Cases & Scenarios for Licensed Assisted Access".

[2] Whitepaper, Qualcomm, "Rising to Meet the 1000x Mobile Data Challenge".

[3] 3GPP Tdoc: RWS-140012 Texas Instruments, "LTE Operation in Unlicensed Spectrum".

[4] 3GPP Tdoc: RWS-140007 T-MOBILE, "USA View on LTE Carrier Aggregation with Unlicensed Spectrum".

[5] 3GPP Tdoc: RWS-140024 KDDI, "Proposals on Technology Requirement Clarification".

[6] 3GPP Tdoc: RWS-140006 InterDigital, "A look at the requirements for LTE in the Unlicensed Bands".

[7] 3GPP Tdoc: RWS-140012 Texas Instruments, "LTE Operation in Unlicensed Spectrum".

[8] 3GPP Tdoc: RWS-140015 Alcatel-Lucent, "Review of Regulatory Requirements for Unlicensed Spectrum".

[9] 3GPP Tdoc: RWS-140011 TeliaSonera, "An operator view on LTE in unlicensed spectrum".

[10] Whitepaper, Huawei, "U-LTE: Unlicensed spectrum utilization of LTE", 2014.

[11] 3GPP Tdoc: RWS-140017 Hitachi, "Perspectives on LTE-U".

[12] Whitepaper, Qualcomm, "Qualcomm Research LTE in Unlicensed Spectrum: Harmonious Coexistence with Wi-Fi".

[13] Whitepaper, Nokia, "LTE for unlicensed spectrum".

약 력



황 승 훈

1992년 연세대학교 공학사
1994년 연세대학교 공학석사
1999년 연세대학교 공학박사
1999년~2005년 LG전자 이동통신기술연구소
책임연구원
2005년~현재 동국대학교 전자전기공학부 부교수
관심분야: 무선 및 이동통신, spectrum
engineering, cognitive radio,
광무선통신



이 성 형

2014년 2월: 동국대학교 학사
2014년 3월 ~ 현재: 동국대학교 전자전기공학과
석사과정
관심분야: 5G이동통신, 광무선통신, 차량통신



홍 인 기

1989년 2월: 연세대학교 공학사
1991년 2월: 연세대학교 공학석사
1995년 8월: 연세대학교 공학박사
1995년 9월 ~ 1999년 2월: SK Telecom
중앙연구원 선임연구원
1999년 3월 ~ 현재: 경희대학교 전자전파공학과
교수
관심분야: 이동통신, Cross-layer Optimization,
Spectrum Engineering