

---

# 글로벌 전파정책 전문 교육 참가 및 전문가 네트워크 구축 국외출장 결과보고

2023. 9. 17.[일] - 9. 24.[일] / 영국 런던

---

2023. 9.

## □ 출장 개요

- (목적) 국제 전파정책에 관한 뉴스·연구·교육기관 Policy Tracker가 주최하는 심층 전파관리 정책 교육 프로그램인 '현대 전파관리 정책의 이해(Understanding Modern Spectrum Management)' 과정 참가 및 전문가 네트워킹
- (배경) 6G 이동통신, 저궤도 위성통신 등 정책적 이슈 대응을 위한 무선통신 및 주파수 분야의 전망과 글로벌 트렌드 파악 필요
- (출장기간) 2023. 9. 17.(일)~9. 24.(일) / 6박 8일
- (출장장소) 영국 런던 워크스페이스(Workspace The Leather Market)
- (출장자) 전파자원정비팀 5급 최정미, 전파자원기획팀 6급 김소현

## □ 주요 일정

| 일자                          | 출발지 | 도착지 | 업무수행내용   | 비고                                |
|-----------------------------|-----|-----|--|-----------------------------------|
| 9. 17.(일)                   | 인천  | 런던  | ○ 인천 → 런던  | 항공편 : OZ521                       |
| 9. 18.(월)<br>~<br>9. 22.(일) | 런던  |     | ○ Understanding Modern Spectrum Management 교육 참가 | 런던 (Workspace The Leather Market) |
| 9. 23.(토)~24.(일)            | 런던  | 나주  | ○ 런던 → 인천 → 나주                                   | 항공편 : KE908                       |







## II



## 교육 개요

### □ 개요

- 교육명 : Understanding Modern Spectrum Management
- 일시 및 장소 : '23. 9. 18.(월) ~ 9. 22.(금), Workspace The Leather Market

### □ 강사소개

| 강사  | 경력   |
|---|--|
| <br><b>Martin Cave</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現 영국 임페리얼 칼리지 런던 비즈니스 스쿨 방문교수</li> <li>• '02년 영국 주파수 정책 리뷰를 통해 주파수 거래제도 도입 유도</li> <li>• World Bank, 경쟁위원회(Competition Commission) 등 근무</li> <li>• 최근 저서 : Spectrum Management('15년)</li> </ul>                       |
| <br><b>Saul Friedner</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• LS telcom의 Spectrum Servies 이사</li> <li>• 방송, 고정링크, 개인 모바일 라디오 부문 전문</li> <li>• 2007년 컨설팅회사에서 규제 및 기술관련 연구 수행</li> </ul>  |
| <br><b>Francesco Liberatore</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Squire Pattom Boggs 파트너</li> <li>• 통신법 기반 기술 중심 부문에서 경쟁법 적용 컨설팅</li> <li>• 최근저서 : International Telecommunications Law Handbook</li> </ul>  |
| <br><b>Marja Matinmikko-Blue</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現 Infotech Institute 연구소장</li> <li>• 現 핀란드 오울루 대학 스펙트럼 관리 겸임교수               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6G 플래그쉽에서 지속가능성 및 규제책임자</li> </ul> </li> <li>• 미래 이동통신 시스템 기술, 비즈니스, 규제 측면 연구 수행</li> </ul>     |
| <br><b>Gerard Pogorel</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telecom ParisTech 명예교수</li> <li>• 비경매 및 혼합 할당절차에 대한 연구 수행</li> <li>• 일본 및 영국 할당 정책 전문가</li> <li>• The Radio Spectrum : Managing Strategic Resource 공동저자</li> </ul>  |
| <br><b>Mohamed El-Mogh</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現 WRC-23 준비회의 부의장 및 아랍 스펙트럼 관리 그룹 WP1 회장</li> <li>• 통신정책 분야 연구원을 위한 비영리 그룹 GTPRN 창립자</li> <li>• 최근저서 : The International Radio Regulation, Towards a Future-Proof International Spectrum Management Policy</li> </ul> |

| 강사   | 경력   |
|--|--|
| <br><b>Martin Sims</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現 전과정정책전문 뉴스레터 Policy Tracker 전문이사</li> <li>• 주파수분야 다수의 연구 및 컨설팅 수행</li> <li>• 나이지리아 주파수 경매('14년, '16년) 컨설팅 및 소프트웨어 개발</li> </ul> |
| <br><b>Richard Haas</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現 PolicyTracker 분석가 및 기자</li> <li>• 무선통신 및 주파수 정책 연구, 유럽연합(EU)을 위한 5G 전망 프로젝트 업무 수행</li> <li>• 글로벌 데이터 수집 및 구현 전문</li> </ul>      |

## □ 일자별 교육 프로그램

| 1일차 프로그램 : 9.18.(월) |               |  |                          |
|---------------------|---------------|--|--------------------------|
| 시간                  | 주제            | 세부내용   | 강사                       |
| 13:30-14:00         |               | 등록   |                          |
| 14:00-14:30         |               | 교육 프로그램 설명   | Martin Sims              |
| 14:30-15:30         | 6G 주파수 정책     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6G 개념</li> <li>- 6G R&amp;D 주요 유인책</li> <li>- 유스케이스</li> <li>- 비즈니스 생태계 변화</li> <li>- 6G 시대의 새로운 주파수 관리</li> </ul>                    | Marja<br>Matinmikko-Blue |
| 15:30-15:45         |               | 휴식   |                          |
| 15:45-17:00         | 주파수 특성        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주파수 양</li> <li>- 무선 주파수가 이동하는 방식</li> <li>- 안테나 필요성</li> <li>- 노이즈와 간섭</li> </ul>   | Saul Friedner            |
| 2일차 프로그램 : 9.19.(화) |               |  |                          |
| 시간                  | 주제            | 세부내용   | 강사                       |
| 14:00-15:00         | 정보 전달         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 아날로그 및 디지털 모듈레이션</li> <li>- 에러 정정 및 코딩</li> <li>- 주파수 효율적 이용을 위한 도구</li> <li>- 주파수 변조방식 : QAM, CDMA, OFDM</li> </ul>                  | Saul Friedner            |
| 15:00-15:45         | 커버리지 및 서비스 계획 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 커버리지에 영향을 미치는 요인</li> <li>- 서비스 지역 예측방법</li> <li>- 예측과 측정의 역할</li> <li>- 주파수 간섭과 간섭이 미치는 영향</li> </ul>                                |                          |
| 15:45-16:00         |               | 휴식   |                          |
| 16:00-17:00         | 주요 기술 발전      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안테나의 확산 및 기기 간 통신</li> <li>- 고대역 주파수 활용</li> <li>- 5G 및 미래 무선 네트워크</li> <li>- 저궤도 위성 및</li> <li>- 위성을 통한 Direct-to-handset</li> </ul> | Saul Friedner            |

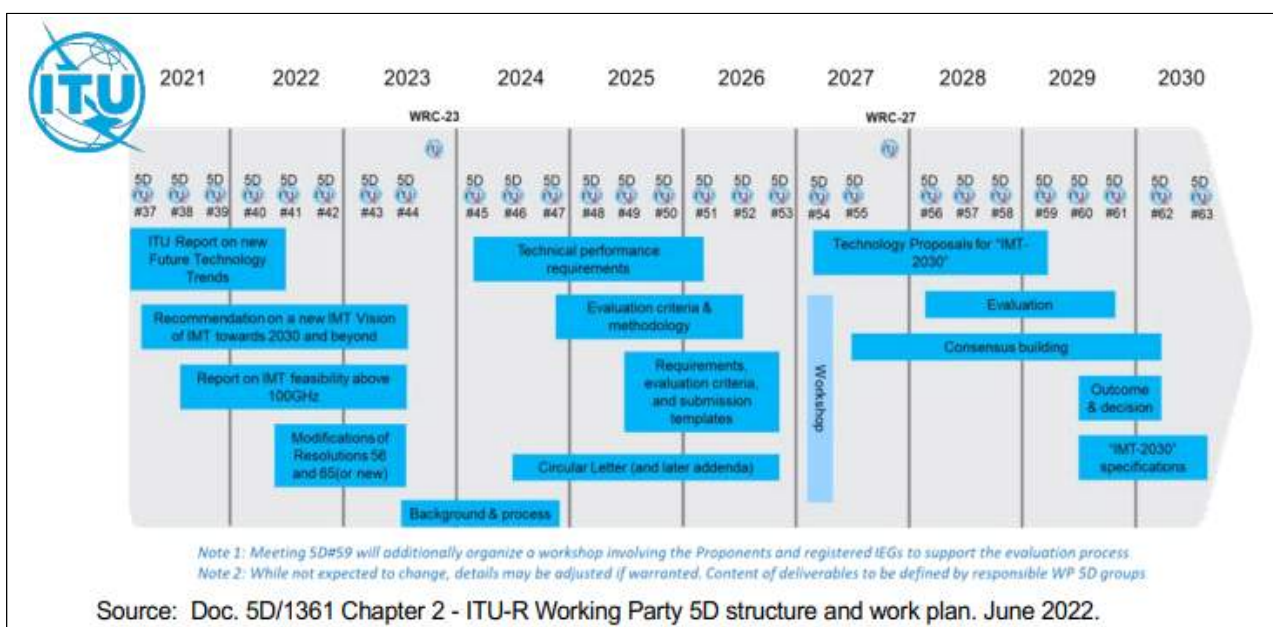
| 3일차 프로그램 : 9.20.(수) |                   |   |                      |
|---------------------|-------------------|---|----------------------|
| 시간                  | 주제                | 세부내용  | 강사                   |
| 14:00-15:15         | 주파수 관리의 패러다임 변화   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주파수가 정책 이슈 중심에서 멀어진 이유</li> <li>- 주파수 시장화(liberalisation)의 성공과 실패</li> <li>- 용량 초과에 영향</li> <li>- 주파수 시장의 구조적 약점</li> <li>- 주파수 공유에 대한 새로운 패러다임</li> </ul> | Martin Sims          |
| 15:15-15:30         | 휴식                |   |                      |
| 15:30-17:00         | 5G 영역의 규정         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5G의 상용화 기대</li> <li>- 고정 광대역</li> <li>- 정부의 5G 출시에 대한 독려 방법</li> <li>- 버티컬을 위한 5G 접속</li> <li>- 공유 요인</li> </ul>   | Martin Sims          |
| 4일차 프로그램 : 9.21.(목) |                   |   |                      |
| 시간                  | 주제                | 세부내용  | 강사                   |
| 14:00-15:45         | 주파수 관리의 경제적 관점    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현존하는 경제모델로의 주파수 관리</li> <li>- 주파수 2차 시장의 발전</li> <li>- 공공주파수</li> <li>- 개발도상국의 정책수립</li> <li>- 경쟁 이슈</li> </ul>  | Martin Cave          |
| 15:45-16:00         | 휴식                |   |                      |
| 16:00-17:00         | 모바일 트래픽 성장의 예측    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 소스 및 트렌드</li> <li>- 성장지수의 문제</li> <li>- MNO를 위한 상용화의 중요성</li> <li>- 균형잡힌 관점의 개발</li> </ul>   | Ricahard Haas        |
| 5일차 프로그램 : 9.22.(금) |                   |   |                      |
| 시간                  | 주제                | 세부내용  | 강사                   |
| 14:00-15:00         | 주파수 관리의 법적 관점     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 법적 및 규제적 프레임워크</li> <li>- 면허 타입 및 절차</li> <li>- 규제절차에서의 주요 참여자</li> <li>- 경쟁 이슈</li> </ul>   | Francesco Liberatore |
| 15:00-15:45         | 주파수 할당 조정 및 공공 정책 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광대역의 경제적 중요성</li> <li>- 투자에 대한 인센티브</li> <li>- 적절한 경매 시기</li> </ul>  | Gerard Pogorel       |
| 15:45-16:00         | 휴식                |   |                      |
| 16:00-17:00         | ITU 및 국제 주파수 정책   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ITU 및 WRC 업무</li> <li>- 절차가 너무 느린 것인지</li> <li>- 수정을 위한 제안</li> </ul>  | Mohamed El-Moghazi   |

## 1일차 (2023.09.18.)

## □ 6G 주파수 정책

- (핀란드 세계 최초 6G 백서) 핀란드 오울루 대학교의 6G 플래그십 연구프로그램으로 “6G 무선 유비쿼터스의 주요 요인 및 연구과제” 발표
  - 6G 네트워크의 추진 요인, 연구과제 및 문제점 분석과 6G 기술 측정을 위한 여러 가지 주요 지표 제공
  - 6G 이해관계자의 협업 및 학계, 산업계 공공 부문의 상호작용 강조 및 비즈니스 생태계 변화 예측
  - 고대역 주파수로의 전환과 도시·실내 공간 네트워크의 역할 증가로 인한 로컬사업자 패러다임 촉진
- (유럽 Hexa-X 프로젝트) 6G 표준기술 및 비전과 인간, 물리적, 디지털 세계를 연결하는 지능형 기술 개발 프로젝트 추진

## &lt; IMT-2030에 대한 ITU-R WP 5D 타임라인 &gt;



- (6G 환경의 전파이용관리) 희소한 주파수 자원을 둘러싼 경쟁은 심화되고, 복잡해짐에 따라 새로운 주파수 이용방식이 필요
    - 5G와 마찬가지로, 6G에서 사용하는 주파수 대역의 범위가 늘어나 다양한 주파수 대역에서의 기술 활용이 예상됨
    - 혁신 및 비즈니스 중심의 기술 개발로 변화하고 있으며, 지역적 이용부터 글로벌 범위까지 다양한 기회를 제공하는 유연한 전파관리가 필요
    - 동일 대역 내 주파수 공유는 효율적인 스펙트럼 이용을 위한 적절한 간섭 관리 기술을 통해 수직 및 수평적 주파수 공유\*가 가능
- \* 수직 및 수평적 주파수 공유 : 수직적 공유는 낮은 수준의 권한을 가진 사용자가 더 높은 권한을 가진 사용자와 대역을 공유, 수평적 공유는 동일한 수준의 사용자 간의 대역 공유

#### < Hexa-X- II 프로젝트의 지속가능성 관점 >

| 환경적 지속가능성  | 사회적 지속가능성   | 경제적 지속가능성   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 다양한 자원(탄소, 물, 토지 등) 소비 및 균형 고려</li> <li>· 종합적인인 생애주기평가 방식(LCA) 채택</li> <li>· 유해물질 방지</li> <li>· 하드웨어 수명연장</li> <li>· 폐기물 발생 감소</li> <li>· 에너지 소비 최소화</li> <li>· 재생가능하고 화석연료가 불필요한 전기에너지 통합</li> <li>· 에너지 순환의 실천</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 신뢰성 : 안전, 보안, 개인 정보보호 및 탄력성 기반</li> <li>· 가용성 : 커버리지 및 용량</li> <li>· 디지털 포용성 : 모든 사람이 언제 어디서나 디지털 기술과 서비스를 사용하고 설계할 수 있는 공정하고 의미있는 접근</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회에 문화적·환경적·사회적 부정적인 영향을 주지 않으며, 장기적인 경제성장 지원</li> <li>· 장기적인 관점에서 오래 살아남는 조직이나 국가를 말하며, 이는 지출보다 수입이 더 많음을 의미</li> </ul> |

#### < 6G 지속가능성에 대한 전파관리 원칙 >

|   |
|---|
| · 독점적인 주파수 라이선스에 대해서는 지속가능성 의무가 수반되어야 함               |
| · 지속가능성에 대한 주요 문제해결을 위해서는 새로운 공유기반 스펙트럼 접근 모델이 필요     |
| · 항상 지속가능한 최적의 전송 솔루션을 선택해야 함                         |
| · 지속가능한 전파이용을 위해 적절한 측정 기준과 방법을 정의하고 개발해야 함           |
| · 다양한 이해관계자가 무선 시스템을 배포할 수 있도록 스펙트럼 관리 모델의 적절한 조합이 필요 |
| · 조력자로서의 주파수 공동사용에 대한 역할을 인지하고 개발해야 함                 |
| · 스펙트럼 관리에 대한 의사결정에 이해관계자 관점의 적절한 고려가 필요              |

## □ 전파의 특성

- (특성) 모든 전파는 동일하지 않으며, 전파의 특성은 특정 응용 분야에서의 주파수 가치를 결정하는 데에 중요한 역할을 함
  - 자유공간 경로손실(Free Space Path Loss) : 송신기와 수신기 사이의 거리가 멀어질수록 신호가 감쇄하는 것을 말하며, 송수신기 간의 거리, 지형(도심 또는 교외 등), 사용 반송파 주파수 등에 영향을 받음
- (커버리지) 높은 주파수 대역일수록 신호가 약하며, 커버리지 또한 좁음

### < 전파의 범위 >

| 10km 기준 대역별 경로손실   | 대역에 따른 커버리지<br>(동일 출력 조건)   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10MHz(HF) 대역에서 72dB 손실</li> <li>• 100MHz(VHF) 대역에서 92dB 손실</li> <li>• 1000MHz(UHF) 대역에서 112dB 손실</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10MHz(HF) 대역에서 1km<sup>2</sup></li> <li>• 100MHz(VHF) 대역에서 0.01km<sup>2</sup></li> <li>• 1000MHz(UHF) 대역에서 0.0001km<sup>2</sup></li> </ul> |

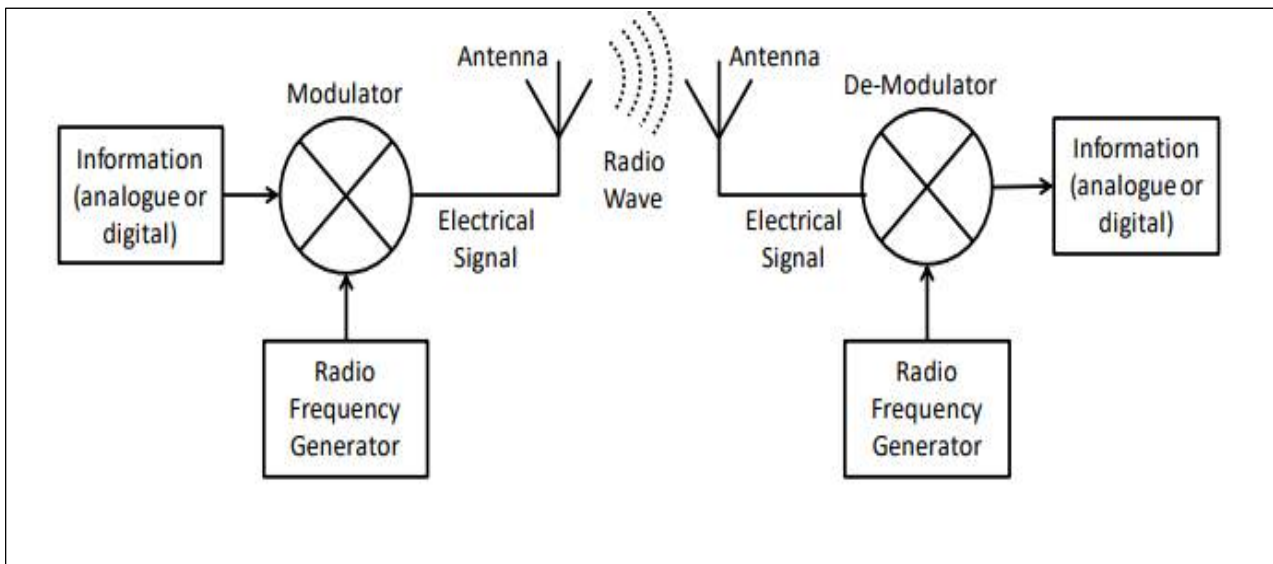
- 동일한 조건에서 2600MHz대역 주파수는 700MHz대역 주파수 커버리지에 비해 1/14 수준이며, 동일한 커버리지 구축을 위해서는 약 14배 이상의 기지국 수가 요구됨
- 이외에도 현실세계에서는 전파와 물질과의 상호작용으로 인해 굴절, 반사, 산란, 흡수, 회절 등의 현상이 발생
- 커버리지에 영향을 미치는 요소는 지형, 안테나 높이, 송신기 출력, 수신감도, 서비스 유형, 혼신 등임
- (송신의 조건) 성공적인 정보 전달을 위해 전송 경로, 신호의 세기, 주파수 요인에서 조건이 요구됨
  - 다른 요인에 방해받지 않도록 정해진 경로 또는 신호를 왜곡하지 않는 다른 경로를 통해 송신
  - 노이즈를 극복할 수 있을 만큼의 강한 신호의 세기로 송신
  - 특정 용도에 적합한 최적의 특정 주파수로 송신



### □ 정보 전송

- (변조) 정보(음성, 그림, 데이터 등)를 무선 신호로 부호화하는 과정이며, 무선 신호의 크기(진폭) 및 주파수(위상)는 쉽게 변경할 수 있음

#### < 변조 및 복조 과정 >



- 진폭변조(AM) : 신호의 크기(진폭)가 변경되며, AM 오디오 방송 또는 아날로그 지상파 TV방송, 모스부호 등에 사용됨
  - 주파수변조(FM) : 신호의 주파수(위상)이 변경되며, AM보다 더 많은 주파수가 필요, FM 오디오 방송, 아날로그 위성 TV방송에 사용됨
  - 직교진폭변조(QAM) : 신호의 크기와 주파수를 동시에 변조하며, AM, FM보다 적은 주파수로 더 많은 데이터 용량 제공
  - 직교주파수분할다중화(QFDM) : 하나의 데이터를 직교하는 여러 개의 작은 신호로 나누어 전송하는 기법
- (확산스펙트럼) 보내고자 하는 신호를 넓은 주파수 대역으로 분산시켜 전송하는 방식으로, 주파수 당 세기가 작아져 타 통신에 혼신 영향을 적게 준다는 이점이 있음

## □ 커버리지 및 서비스 계획

- (커버리지 예측) 커버리지 예측은 특정 수준의 가능성 또는 확률을 생성하는 통계학적인 방법에 의존하며, 정확한 예측은 불가능

### < 경로손실 모델의 종류 >

| 물리적 모델  | 경험적 모델   | 혼합 모델   | 포물선방정식 모델  |
|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기본 및 심화 물리학을 사용하여 신호레벨 예측</li> <li>· 자유공간경로손실</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 측정에서 얻은 결과를 수학적으로 재현하여 예측</li> <li>· Okumura-Hata 모델</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 측정값과의 연관성을 향상시키기 위한 물리적 모델의 변형</li> <li>· Longley-Rice 모델</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 맥스웰 파동방정식의 단순화된 근사치</li> <li>· 정확도는 입력 데이터에 의존</li> </ul> |

- 경로손실을 예측하는데 사용되는 정보
  - 사용 주파수
  - 송신기 및 수신기 위치
  - 안테나 높이
  - 지형 정보
  - 기타 특수 계산 및 분석 정보
- (안테나의 역할) 지향성 안테나의 사용은 원하는 방향으로의 송신을 원활하게 하여 간섭 발생 최소화와 전파사용의 효율성을 높임
- (커버리지 예측과 규제) 커버리지 예측 도구는 규제에 매우 유용할 수 있으나, 주파수의 희소성이 커지고, 최적의 전파사용을 위해 정확한 커버리지 예측 도구의 필요성이 커짐
- (비용과 시간) 커버리지 예측 도구의 비용은 다양하나, 고가의 도구일수록 더 많은 기능 보유 및 정확한 예측을 제공하고, 선택할 수 있는 예측 알고리즘이 더 많음

## □ 주요 기술 개발

- **(MIMO)** 하나 이상의 송수신 안테나를 사용함으로써 신호가 서로 다른 경로로 도착할 수 있도록 하는 기술로, 안테나를 많이 사용할수록 같은 주파수에서 전송할 수 있는 데이터의 양이 많아짐
  - MIMO는 LTE와 New Radio에 필수적인 요소이며, 버전1-LTE 표준 (3GPP Release 8)은 다운링크와 업링크 모두 (2x2) MIMO 지원
  - LTE-Advanced 표준(3GPP Release 11)은 다운링크에 (8x8) MIMO, 업링크에 (4x4) MIMO 지원과 일부 상용 5G에는 (32x32) MIMO 지원
- **(M2M 기술)** M2M(Machine to Machine) 기술에는 서비스 범위별 Wide, Local, Personal 세가지로 분류됨

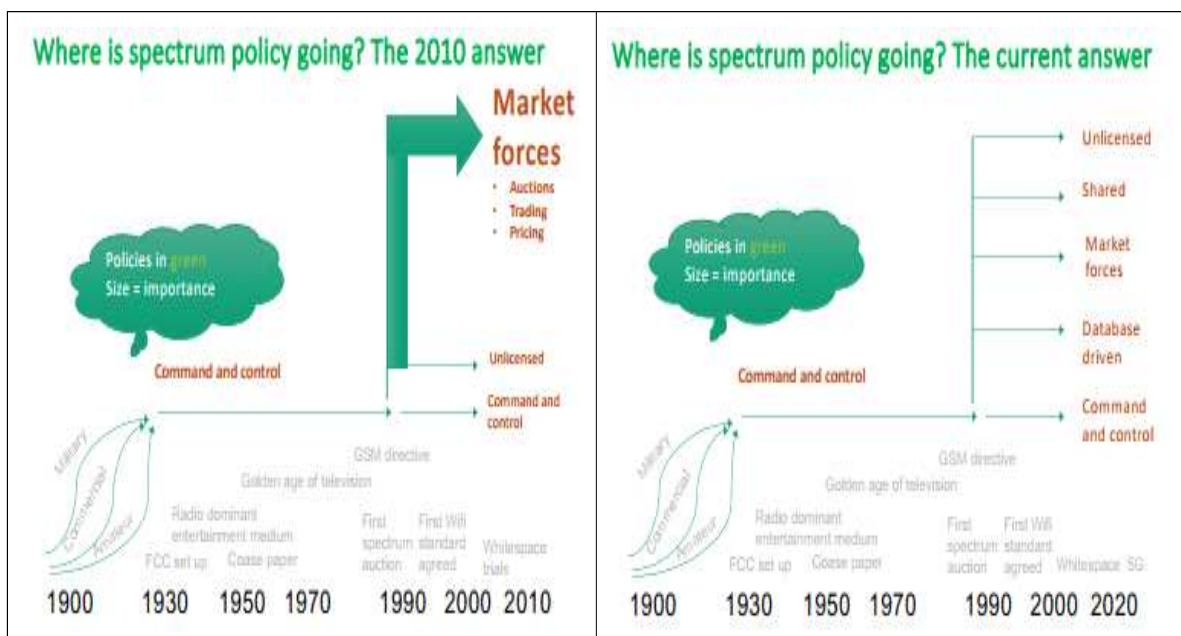
| Wide Area   | Local Area   | Personal Area   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2G/3G/4G/NB-IoT/LTE-M</li> <li>• 위성</li> <li>• 저전력 광역 네트워크 (LoRa/Sigfox/Ingenu)</li> <li>• Weightless-N</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi</li> <li>• Bluetooth</li> <li>• Zigbee</li> <li>• RFID</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6LowPAN</li> <li>• Bluetooth Low Energy</li> <li>• Z-Wave</li> <li>• Zigbee</li> <li>• NFC/RFID</li> </ul> |

- **(저궤도 위성)** 크기가 작고, 지구로부터 200-2,000km 고도에 위치하며, 지상의 고정 및 모바일 사용자에게 고속 연결을 제공함
  - GEO 위성에 비해 제작비용이 저렴하고, 더 낮은 대기시간을 제공
  - 대표적으로는 스타링크(Space X), OneWeb, Iridium 등이 있음
  - 글로벌 서비스를 제공하기 위해서는 지구 주위에 수 백개의 위성이 필요하며, 스타링크는 약 5,000개의 LEO 위성을 배포함
  - 최근 위성을 통한 Direct-to-handset, 어디서나 글로벌 서비스를 제공할 수 있다는 장점이 있지만 잠재적인 간섭, 제공할 수 있는 서비스의 제한 등이 해결해야 할 문제

## □ 전파관리정책의 패러다임 변화

- (주파수 자유화(Liberalisation)) 주파수 이용기술, 용도의 변화와 이용자 간 간섭 문제 협상 및 변경을 허가하는 것
  - Ronald Coase(1959) : 주파수 할당을 위한 시장 메커니즘의 사용에 대해 최초의 포괄적인 사례를 만든 자유주의자
    - 1926년의 문제는 시장의 본질적인 혼란이 아닌 재산권의 부족
    - 희소성이 많은 경제 부문에서 흔히 발생
    - 희소성은 가격을 통해 규제되어야 함
    - 방송은 시장에 참여하지 않는 이유로 문화적 의미가 보여짐
  - 주파수는 자유화를 통해 ICT와 경제성장을 이루었고, 현재 방송사가 아닌 모바일 사업자가 주파수 시장의 큰 이용자가 됨
  - 주파수의 최대 가치를 얻으려면 과도한 간섭을 방지한 주파수 공유를 통해 최대한 많은 사용자를 허용하여 사회적 가치를 극대화

### < 전파관리정책 패러다임의 변화 >



## □ 5G 영역의 규제

- (주파수 시장의 문제점) 전파정책관리의 관점에서 현대 주파수 시장의 문제점을 4가지로 분석
  - 현재 주파수 시장의 범위가 글로벌 시장으로 확장됨에 따라, 국경을 넘는 간섭문제로 인해 국제적인 조정이 필요
  - 완전시장의 형태에서는 고객의 요구를 신속히 충족시켜 줄 수 있지만, 주파수 할당의 변화의 경우 국제적인 동의가 필요하며, 관련 기술의 개발로 인해 시간이 많이 소요
  - 주파수 거래가 거의 없기 때문에 주파수는 쉽게 현금화 되지 않음
  - 완전시장의 형태에서는 수요와 공급이 활발하지만, 모바일 시장은 진입장벽이 높아 소수 기업들 간의 경쟁적인 시장이 형성되어있음
- (5G 상용전망) 고성장, 고수익의 산업이었던 모바일 시장의 수익이 현재 계속 감소하고 있으며, 5G 활용으로 새로운 목표에 대처 필요

### < mmWave 국제 동향 >

| 한국                          | 크로아티아          | 몬테네그로          | 북마케도니아         | EU         |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| · 28GHz 허가철회<br>· 상용 목표 미달성 | · 26GHz 경매 미포함 | · 26GHz 경매 미입찰 | · 26GHz 경매 미입찰 | · 26GHz 할당 |

- 미국에서 Verizon은 고정 무선 서비스를 출시했으며, 국제적으로 고정 무선 서비스의 전망은 좋을 것으로 판단
- 5G 이상의 대역은 4G에 비해 최대 부하 관리에 효율적이므로 4G는 결국 5G로 대체될 것으로 전망
- 5G로 인해 미국의 CBRS 등 주파수 공유 기술의 진전이 가속화 되었으며, 주파수 공유를 통해 효율적인 주파수 사용을 보장해야 함

## □ 전파 관리의 경제적 측면

- (전파관리 방안) 주파수를 관리하는 세 가지 방식으로 명령과 통제, 시장 기반, 면허 면제가 있음

### < 전파관리 적용방법 및 특징 >

| 방법 | 명령과 통제<br>(Command and Control) | 시장 기반<br>(Market Forces Zone)              | 면허 면제<br>(Licence-exempt Zone)     |
|----|---------------------------------|--|------------------------------------|
| 주체 | 규제기관(Regulator)                 | 기업   | 없음(Nobody)                         |
| 특징 | 현재 대부분의 주파수에 적용되는 접근 방식         | 주파수 거래 및 자유화<br>(Liberalisation)를 통한 접근 방식 | 현재 일부 주파수에 적용,<br>일부에서는 급격한 증가를 주장 |

- (주파수 경매) 경매는 ①더 많은 비용을 지불할 수 있는 가장 효율적인 사용자에게 직접 주파수를 제공하고, ②(정부가 매각하는 경우) 국가의 희소가치를 점유하는 작업을 수행
  - 클락(clock)경매, SRMA, 혼합경매 등 경매방식이 다양해졌으며, 복잡한 경매 디자인이 조금 더 높은 수익을 창출한 것으로 판단
- (경매가격의 영향) 높은 경매 가격이 높은 서비스 가격으로 이어지는지, 높은 서비스 가격에 대한 기대가 경매 가격을 높이는지 검토
  - 최근 연구에서는 경매가격이 서비스 가격에 미치는 영향은 나타나지 않았지만 커버리지에 대한 영향은 보고됨
  - 정책 입안자는 주파수 경매에 대한 다양한 위험을 평가하고 주파수 낙찰자가 지불하는 커버리지/수익 균형을 만들어야 함
- (5G 경매) 고대역의 경매, 업종(vertical)에 직접 할당, 지역적 공유 촉진(예: 영국), 분납 결제 증가(예: 최근 태국 경매)의 특징을 보임
  - 5G 경매는 영토 커버리지 및 스몰셀 설치를 촉진하기 위해 어느 정도 수익을 희생할 수 있음

※ 독일과 이탈리아 경매에서 98/99% 인구 커버리지, 주요 도로 및 철도 경로에 대한 커버리지가 요구됨. 그럼에도 불구하고 두 국가 모두 높은 경매 가격을 기록

○ **(주파수 거래 및 자유화)** 주파수 거래를 통해 언제든지 주파수 접근 권한을 사고 팔 수 있으며, 주파수 이용에 더 많은 유연성을 제공

- 주파수 경매 및 거래는 기술 중립성(technological neutrality)\*과 서비스 중립성(service neutrality)\*\*을 결합할 수 있음

\* 면허권자가 사용하려는 기술(예 : 3G 또는 4G)을 자유롭게 선택할 수 있음

\*\* 면허권자가 원하는 서비스를 제공할 수 있음

- 서비스 중립성을 위해서는 현재의 장치 면허부터 지리적 및 주파수 경계에서의 방출 제어에 이르기까지 간섭 관리가 필요

○ **(주파수 공유)** 주파수 공유를 통한 권리 할당에 대해 두 가지 시장 기반 접근 방식 존재

- ①단일 면허 사용자에게 지리적 및 주파수 범위 내에서 모든 접속 권한이 할당, 그 후 해당 권리를 원하는 대로 분할할 수 있음

※ 면허권자는 순수한 '밴드매니저'가 되거나 일부 권리는 '사적 공유지(private commons)'로 할당될 수 있음

- ②단일 면허 사용자에게 장치 면허(모든 주파수 권리를 쓰지 않음)를 할당, 오버레이 면허가 발급되면 그 둘 사이의 코아시안 교섭\*이 이루어짐

\* 경제학 이론으로, 민간경제의 주체들이 자원의 배분 과정에서 정부의 개입없이 아무런 비용을 치르지 않고 협상할 수 있다면 외부효과의 문제를 해결할 수 있음

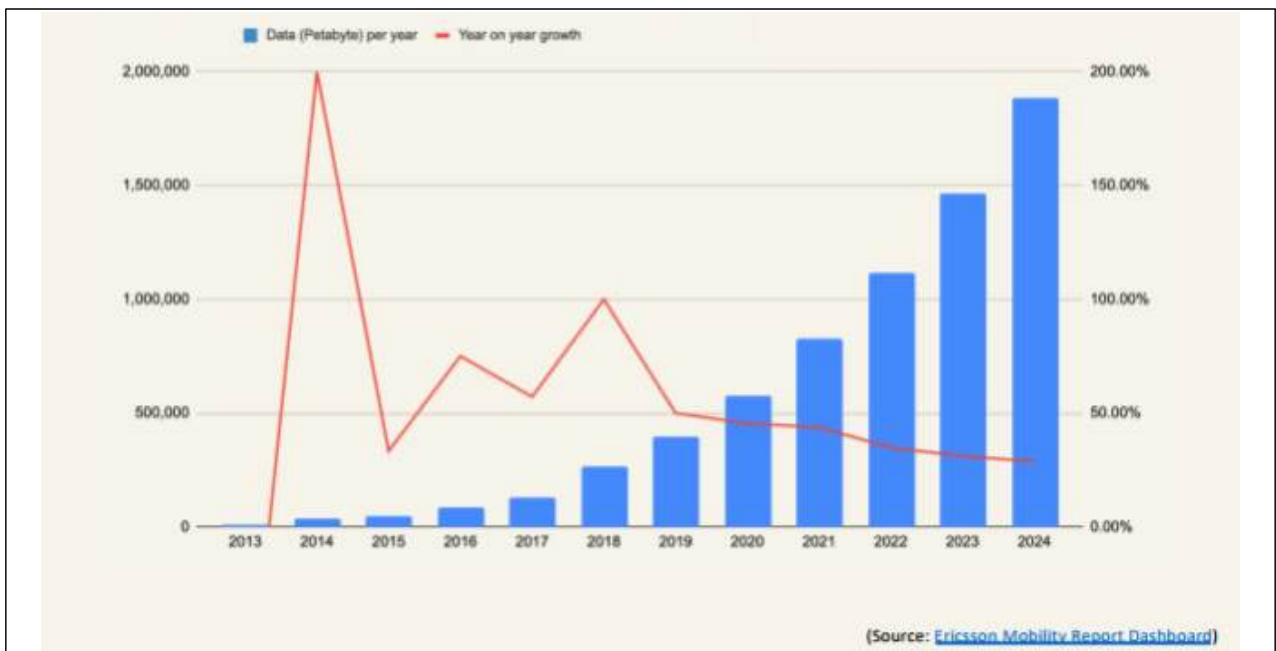
○ **(제언)** 효과적인 주파수 관리 및 주파수 경매를 위한 제언

|   |
|---|
| 정책 목표에 맞춰 주파수 가격을 책정(예: 커버리지 및 다른 의무사항들을 가격 목표에 포함)                   |
| 합리적이고 경쟁력 있는 입찰을 지원하기 위해 주파수를 작은 로트(lot)로 패키지                         |
| 봉인입찰을 피함으로써 복잡성을 줄이고 투명성을 보장  |
| 단기 재정 목표를 위해 주파수 공급을 제한하지 말 것   |
| 경쟁 할당에서 특정 사용자 또는 용도를 위해 주파수를 따로 마련하기 전에 신중할 것                        |
| 자산 수명을 늘리고 투자 기간을 단축하기 위해 면허 기간을 최대화하고, 투자에 대한 불확실성을 줄이기 위해 갱신 기준을 설정 |
| 중장기적으로 주파수 할당에 대한 명확한 로드맵을 제공하여 예측 가능성을 보장하고 예산 계획을 허용                |
| 제3자에게 주파수 재임대를 포함하여 주파수 면허의 2차 거래를 허용                                 |



## □ 모바일 데이터 증가 예측

- (모바일 데이터 중요성) 이동통신 상태를 측정하는 중요한 지표로서 주파수 수요의 정당성을 부여하며, 규제기관이 주파수 할당을 결정하는 데 도움을 줌
- (모바일 데이터 증가) 2007~2019년 데이터 소비가 급증하다가 '19년부터 성장세 둔화, 그러나 총 GB 증가율은 여전히 상당함
  - 모바일 데이터 트래픽은 지역별, 국가별로 크게 다르나, 전년 대비 성장률은 모든 지역에서 하향 추세를 보이고 있음

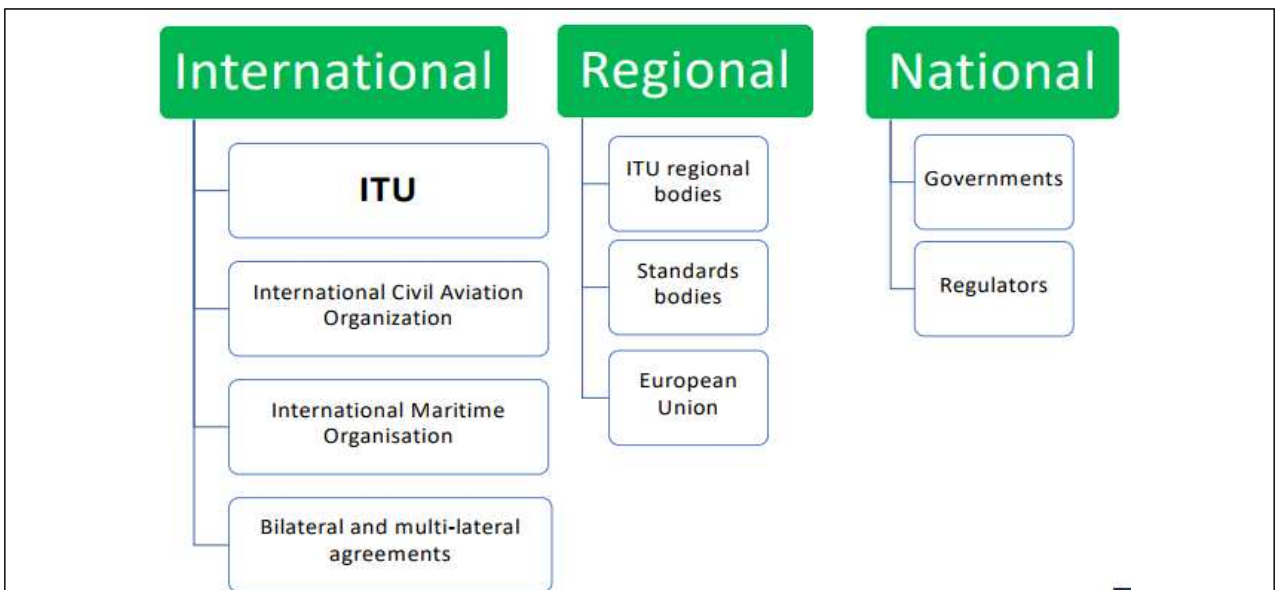


- (미래 수요 예측) GSMA, 노키아, 에릭슨 등에서 6G 등으로 인해 트래픽이 증가할 것으로 예측하고, MNO는 더 많은 스펙트럼을 요구
  - 하지만 6G로 인한 데이터 폭등을 의심하는 사람들도 있으며, 실제 6G 예상 서비스(VR, AR, 홀로그램, 환경감지 등)는 대부분 실내사용으로 예상됨에 따라 Wi-Fi에 의존할 가능성이 높음
  - MNO는 아직 사용 가능한 모든 주파수를 활용하지 못하고 있으며, 규제기관은 주파수 할당 시 이러한 추세를 고려해야 함



## □ 전파 관리의 법적 측면

- (법률 및 규제 수준) 전파자원 관리를 위해 국제적/지역적/국가적 규제로 구분 가능
  - (국제적) ITU에서 약 4년마다 열리는 WRC를 통해 무선 국제조약 협의
  - (지역적) ITU 지역기구(CEPT, CITEL, ASMG, ATU, APT, CANTO), 표준 기관(ETSI, FCC, IEEE), 유럽은 유럽연합에서 전파 관리 논의
  - (국가적) 주파수는 국가 소유로서 할당, 반경쟁적 조치 등을 통해 면허 발급



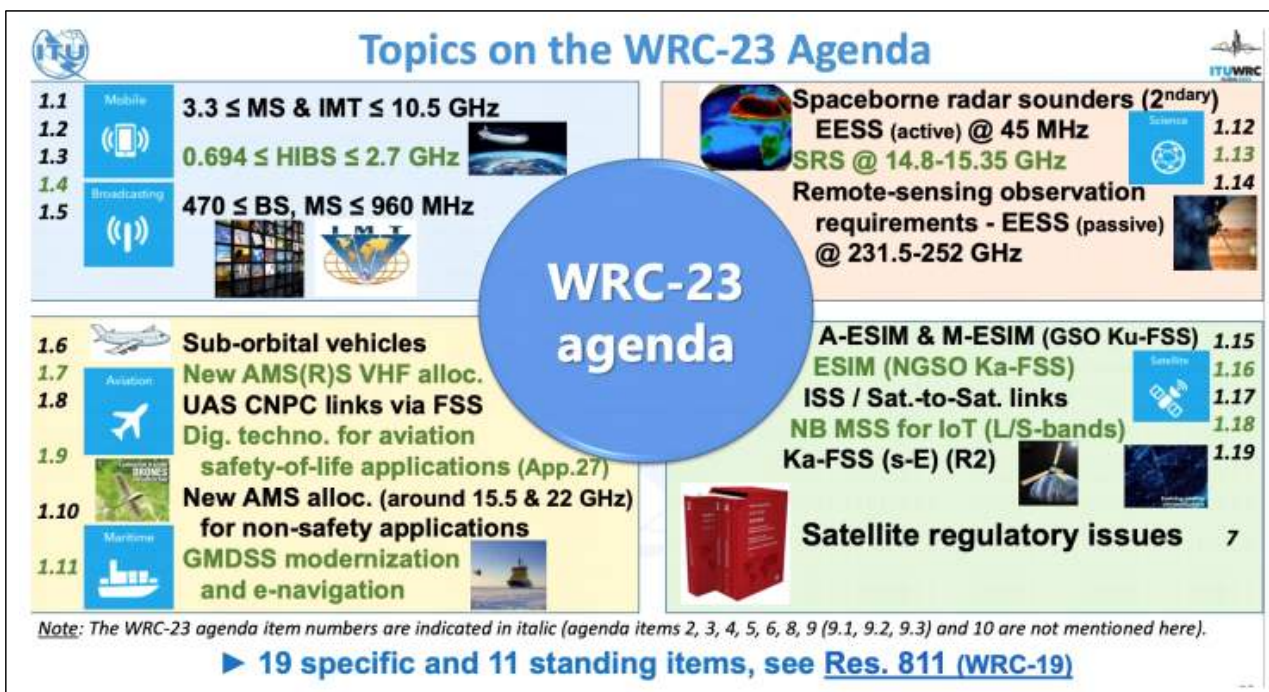
## □ ITU 및 국제 주파수 정책

- (ITU) 정부와 민간 부분의 네트워크 및 서비스 개발의 중심을 맡으며, 정보통신 기술 문제를 다루는 UN 산하의 국제 기구
  - 약 145년 동안 전 세계 무선 스펙트럼의 공유 사용을 조정
- (ITU-R) 무선통신 부문으로서 정지궤도 위성 및 기타 위성 궤도 서비스를 포함하여 모든 무선 통신 서비스에서 무선 주파수의 합리적, 효율적, 경제적인 사용을 보장

- (RR) 전파규정(Radio Regulation)에는 모든 부록, 결의안, 권장사항 (ITU-R 권장사항 포함) 및 세계전파통신회의(WRC)의 결정이 포함됨



- (WRC-23) WRC-23에서는 고정, 모바일, 방송, 위성 등 무선통신 서비스의 이용에 관한 주제를 다룰 예정



## IV

## 출장 기대효과

- 국제 최신 전파정책 동향과 6G, 위성주파수 공유 등 기술적 트렌드를 파악하여 향후 국내 전파정책 수립 업무에 적용
- 주파수 2차 시장, 공동사용, 저궤도 위성 등 다양한 전파관리 정책 자료를 습득하여 국내 제도 개선에 활용
- 소규모(15인) 집중 교육을 통해 Martin Cave, Martin Sims 등 국제 전파 정책·기술 전문가 및 전파규제기관, 사업자 등과 네트워크 구축

### < 현대 전파관리 정책의 이해 교육 참가자 명단 >

| 이름   | 소속  | 국가      |
|--|---|---------|
| Oisín O'Neill  | Commission for Communications Regulation, Ireland           | 아일랜드    |
| Yasser Alhejaili   | Communications and Information Technology Commission (CITC) | 사우디아라비아 |
| Chia-I Cheng   | Institute for information industry                          | 대만      |
| Juan Peirano   | Internet Society  | 영국      |
| Paul Butcher   | Ministry of Defence Whitehall                               | 영국      |
| Emelie Skoglund  | PTS - Swedish Post and Telecom Authority                    | 스웨덴     |
| Parasto Kazemi Vala  |   |         |
| Farshad Moradi   |   |         |
| Cecilia Stenhols   |   |         |
| Henrik Carlborg  |   |         |
| Katarina Schyberg  |   |         |
| Mahmood Khalifa<br>Mohammed Al-Sikiti<br>AWS AL MUSHARRAFI | TRA - Oman  | 오만      |