

글로벌 Broadcast ATSC 3.0 전문가 양성과정 참가기 I

- Digital Terrestrial Broadcast Planning Training

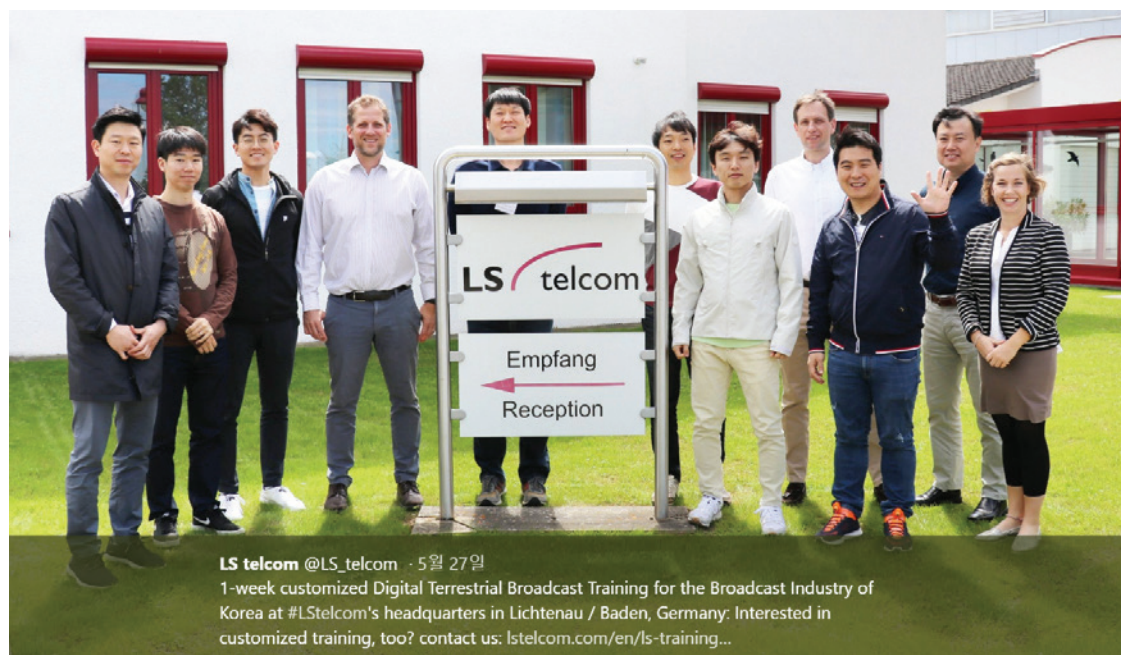
글. 이주용 대구MBC 기술국 방송인프라부

교육지원. 과학기술정보통신부 방송통신발전기금

교육 개요

과학기술정보통신부가 주최하고 방송기술교육원이 주관한 ‘글로벌 Broadcast ATSC 3.0 전문가 양성과정’에 2019년 5월 12일부터 19일까지 6박 8일간의 일정으로 참석하였다. 교육은 독일 Lichtenau에 소재한 LS telcom 본사의 Training Academy에서 진행되었다. LS telcom은 전파 계획, 관리, 측정 및 컨설팅을 제공하는 회사로 1992년에 설립되어 현재 세계 여러 나라에 자회사 및 계열사, 지원사무소를 두고 있다. LS telcom Training Academy에서는 방송, 통신 스펙트럼 관리 및 모니터링과 관련된 다양한 교육 과정을 제공하고 있는데 이번 교육은 ATSC 3.0 방송망 구축을 주제로 한 맞춤형 교육으로 진행되었다.

교육에서는 Wave Propagation Model, Interference Theory 등과 같은 전파 기초이론으로부터 DVB-T2, ATSC 3.0 Physical Layer에 대한 이해, SFN 방송망 설계에 대한 내용이 주로 다루어졌으며, LS telcom의 시뮬레이션 툴인 CHIRplus_BC를 이용하여 각종 설계변수의 선택과 적용이 방송망에 나타나는 영향을 직관적으로 확인할 수 있었다. 이외에도 AM, 디지털 라디오, 드론을 이용한 안테나 측정, 5G Broadcast와 같은 트렌드 기술도 일부 소개되었다.



사진제공 : LS Telcom Twitter

LS telcom @LS_telcom · 5월 27일

1-week customized Digital Terrestrial Broadcast Training for the Broadcast Industry of Korea at #LSStelcom's headquarters in Lichtenau / Baden, Germany: Interested in customized training, too? contact us: lstelcom.com/en/lst-training...

ATSC 3.0 OFDM Parameters

Parameter		8K FFT	16K FFT	32K FFT
Number of carriers NoC	$C_{red_coeff} = 0$	6913	13825	27649
	$C_{red_coeff} = 1$	6817	13633	27265
	$C_{red_coeff} = 2$	6721	13441	26881
	$C_{red_coeff} = 3$	6625	13249	26497
	$C_{red_coeff} = 4$	6529	13057	26113
Duration T_U		8192 T	16384 T	32768 T
Duration T_U (μs) (see note 1 and 2)		<i>1185.185</i>	<i>2370.370</i>	<i>4740.741</i>
Carrier spacing $1/T_U$ (Hz) (see note 2)		843.75	421.875	210.9375
Spacing between carriers 0 and $NoC - 1$ ($NoC-1$)/ T_U (MHz) (see note 2)	$C_{red_coeff} = 0$	5.832	5.832	5.832
	$C_{red_coeff} = 1$	5.751	5.751	5.751
	$C_{red_coeff} = 2$	5.670	5.670	5.670
	$C_{red_coeff} = 3$	5.589	5.589	5.589
	$C_{red_coeff} = 4$	5.508	5.508	5.508

Note 1: Numerical values in italics are approximate values.

Note 2: Values are for **bsr_coefficient**=2 and **system_bandwidth**=6 MHz.

표 3. ATSC 3.0 OFDM Parameters / 자료: ATSC Standard: Physical Layer Protocol (A/322)

위의 [표 3]에서 각 FFT size 별 서브캐리어의 수와 서브캐리어 간 간격, Symbol duration 등을 확인할 수 있으며 6MHz, 8K FFT 신호는 [그림 1]과 같이 표현할 수 있다.

■ ATSC 3.0 - 8k (6 MHz)

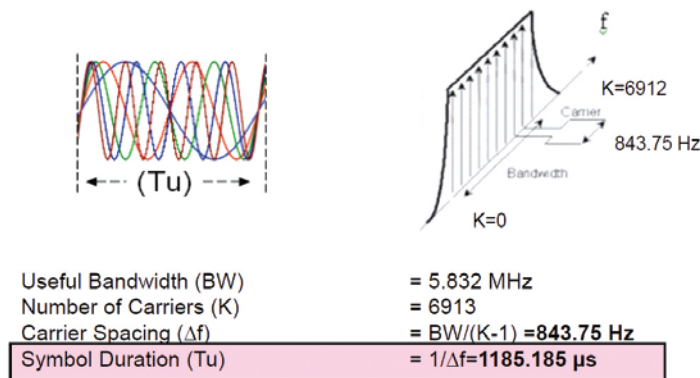


그림 1. ATSC 3.0 OFDM Description

Elementary Period

ATSC 3.0에서는 6MHz, 7MHz, 8MHz 이상의 3가지 채널 대역폭을 사용 가능하며, 채널 대역폭은 Baseband Sampling Rate에 따라 결정된다. BSR은 $0.384 \times (16 + bsr_coefficient)$ [MHz]로 계산되고 채널 대역폭이 6MHz인 경우 $bsr_coefficient$ 는 2의 값을 가진다. (ATSC Standard: Physical Layer Protocol (A/322) Table 9.1 Defined Value of $bsr_coefficient$ 참조)

6MHz 대역의 경우 Baseband Sampling Rate는 6.912MHz가 되며, Elementary Period T는 BSR의 역수인 $0.1447 \mu s$ (근사치)이다.

Guard Interval 선택

OFDM 방식에서는 다중경로에 의한 심볼 간 간섭(Inter Symbol Interference)을 방지하기 위해 연속된 심볼 사이에 채널의 최대 지연확산보다 긴 Guard Interval을 삽입한다.

[표 4]에서는 ATSC 3.0에서 정의하고 있는 12가지의 Guard Interval을 위의 Elementary Period로부터 절대 시간과 거리로 표현하였다. SFN 방송망 설계 시 SFN을 구성하는 송신기 간 최대 간격을 기준으로 Guard Interval을 설정해야 한다.

■ GI Parameter

$$\text{Distance} = (\text{speed of light}) [\text{m/s}] \times (\text{GI time}) [\text{s}]$$

$$\text{Speed of light} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

GI Patten	No in Sample	8K FFT			16K FFT			32K FFT		
		Fraction	GI [us]	Distance[km]	Fraction	GI [us]	Distance[km]	Fraction	GI [us]	Distance[km]
GI1_192	192	3/128	27.8	8.3	3/256	27.8	8.3	3/512	27.8	8.3
GI2_384	384	3/64	55.6	16.7	3/128	55.6	16.7	3/256	55.6	16.7
GI3_512	512	1/16	74.1	22.2	1/32	74.1	22.2	1/64	74.1	22.2
GI4_768	768	3/32	111.1	33.3	3/64	111.1	33.3	3/128	111.1	33.3
GI5_1024	1024	1/8	148.1	44.4	1/16	148.1	44.4	1/32	148.1	44.4
GI6_1536	1536	3/16	222.2	66.7	3/32	222.2	66.7	3/64	222.2	66.7
GI7_2048	2048	1/4	296.3	88.9	1/8	296.3	88.9	1/16	296.3	88.9
GI8_2432	2432				19/128	351.9	105.6	19/256	351.9	105.6
GI9_3072	3072				3/16	444.4	133.3	3/32	444.4	133.3
GI10_3648	3648				57/256	527.8	158.3	57/512	527.8	158.3
GI11_4096	4096				1/4	592.6	177.8	1/8	592.6	177.8
GI12_4864	4864							19/128	703.7	211.1

표 4. ATSC 3.0 Guard Interval Parameter

Source : ATSC Standard Physical Layer Protocol

송신기 Delay 조정

여기서는 두 대의 송신기로 구축된 단순한 SFN 환경을 가정한다. 송신기 간 거리는 56.5km이고 Guard Interval은 56 μ s로 거리로 환산하면 16.8km가 된다. 목표로 하는 방송구역은 [그림 2]의 City A와 City B이다.

[그림 2]의 주황색 영역은 송신기 A의 신호가 도착한 후 송신기 B의 신호가 Guard Interval을 초과하여 도착하는 영역이고, 녹색 영역은 그 반대의 경우이다. 가운데 흰색 영역은 두 송신기의 신호의 도착 지연이 Guard Interval보다 짧은 영역이다.

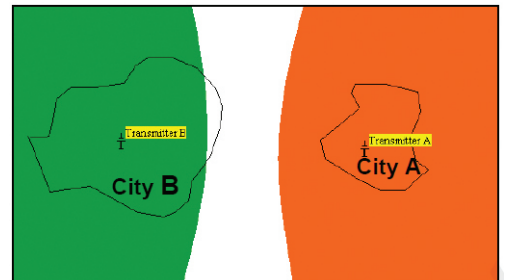


그림 2. Strongest Interferer Result

커버리지는 두 송신기로부터의 신호 도착 지연, C/I Ratio에 따라 [그림 3]과 같이 형성된다. City A는 전체가 커버리지에 포함되는 데 반해 City B는 Self-Interference로 인해 100%의 커버리지를 확보하지 못한다. 문제가 되는 지역의 신호 도착 지연은 [그림 3]의 그래프와 같이 송신기 B의 신호가 먼저 도착하고 GI를 초과하여 송신기 A의 신호가 도착하게 된다.

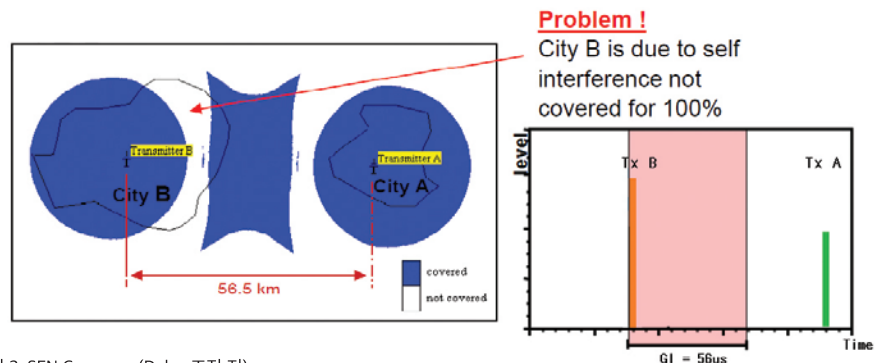


그림 3. SFN Coverage (Delay 조정 전)

이러한 문제를 해결하기 위해서는 Guard Interval을 늘릴 수도 있지만 GI의 증가는 전송용량의 감소로 이어진다. 전송용량을 동일하게 유지하면서 Self-Interference로 인한 난시청 지역을 해소하기 위해서는 먼저 도착하는 송신기 B의 신호를 지연시켜 두 신호의 도착 지연을 GI 이내로 만들면 된다. [그림 4]는 송신기 B의 신호를 $50\mu s$ 지연시킨 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 송신기 B의 Delay 조정으로 City B의 난시청 지역을 해소한 것을 볼 수 있다.

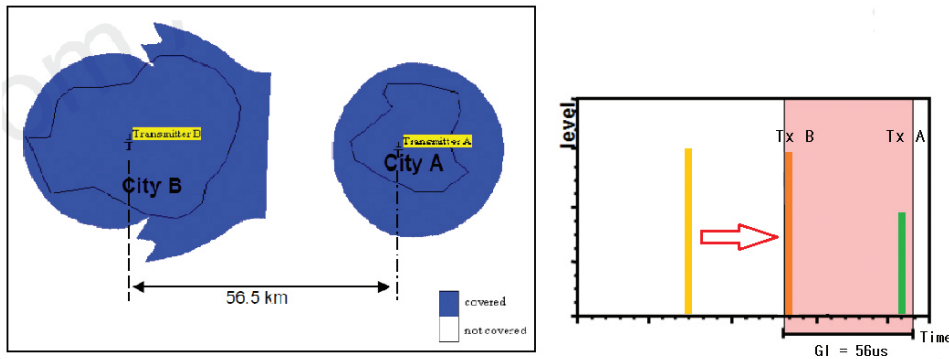


그림 4. SFN Coverage (Delay 조정 후)

실제 ATSC 3.0 SFN 방송망 구축 후 CIR(Channel Impulse Response) 측정과 TxID 검출을 통해 개별 송신기들로부터의 신호 도착 지연을 확인할 수 있다.

Alternative Broadcast Content Distribution

FeMBMS(Further evolved Multimedia Broadcast & Multicast Service)

스마트폰이 보급된 이후 모바일 환경에서의 동영상 콘텐츠 소비량이 급격히 증가하면서 멀티미디어 전송이 이동통신 서비스의 큰 부분을 차지하게 되었다. 하지만 [그림 5]와 같이 이동통신은 기본적으로 일대일 전송방식인 유니캐스트(Unicast)를 기반으로 하기에 이용자가 동시에 몰릴 경우 서비스가 원활하지 못할 수 있다.

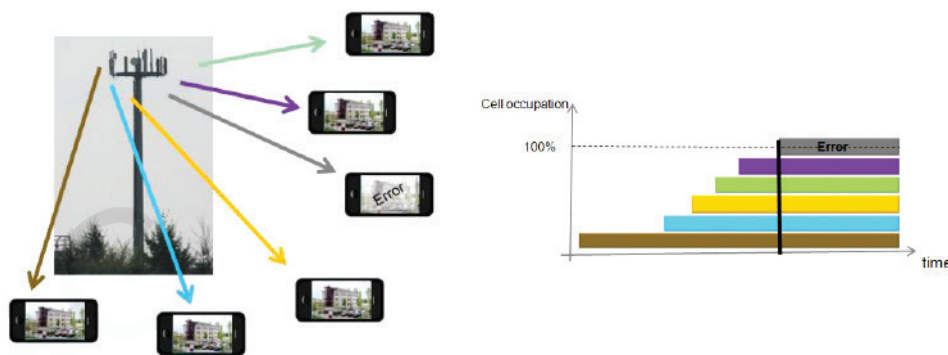


그림 5. Mobile Unicast

이동통신 관련 단체 간의 공동 연구 프로젝트인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 이러한 멀티미디어 전송의 한계를 극복하려는 방안으로 eMBMS(evolved Multimedia Broadcast & Multicast Service) 기술을 2009년 3GPP Release 9에서 제안하였다. eMBMS는 일대다 전송방식인 브로드캐스트(Broadcast)에 기반한 것으로[그림 6 참조] LTE 네트워크를 통해 동일한 데이터를 불특정 다수의 사용자에게 전송할 수 있는 기술이다. eMBMS 기술은 스포츠, 콘서트, 시상식 등 다양한 이벤트의 실시간 중계, 모바일 TV와 같은 서비스에 적용이 가능하다.

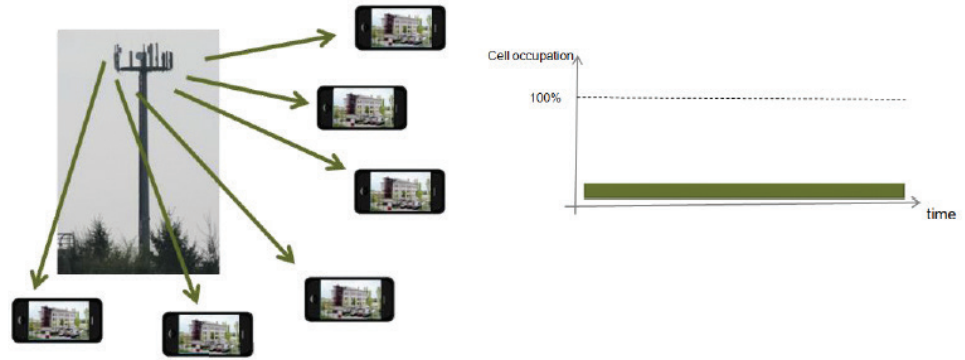


그림 6. Mobile Broadcast

3GPP는 2017년 Release 14에서 Guard Interval(cyclic prefix) 증가, 새로운 SFN 서브 프레임 유형, 새로운 코덱과 미디어 포맷 등의 내용이 포함된 더욱 발전된 형태의 FeMBMS(Further evolved Multimedia Broadcast & Multicast Service) 기술을 제시하였다.

IRT(Institute für Rundfunktechnik)의 주도하에 2017년 7월부터 2019년 10월까지 바이에른 지역에서 5G 네트워크 FeMBMS 테스트 필드를 구현한 ‘5G TODAY’ 프로젝트가 진행 중이다. 프로젝트에는 콘텐츠 제공자인 바이에른 방송(Bayerischer Rundfunk), 이동통신사인 Telefonica, 송신기 제조사인 Rohde&Schwarz, 안테나 제조사 Kathrein이 파트너로 참여하고 있으며 테스트 필드의 구성은 다음과 같다.

- Channel 56 (754MHz)
- Bandwidth 5MHz (later 10MHz)
- SFN Network
- Wendelstein (ERP 100kW, 해발고 1838m)
- Ismaning (ERP 87kW, 해발고 483m)



TOoL +(Tower Overlay over LTE-Advanced+)

지속적으로 증가하고 있는 모바일 트래픽에 대응하기 위한 다른 방안으로 Tower Overlay가 있다. Tower Overlay의 기본 개념은 인기 있는 서비스, 특히 라이브 비디오를 셀룰러 네트워크에 오버레이 된 형태의 HTHP(High Tower High Power) 방송 인프라에서 전송하는 것이다.

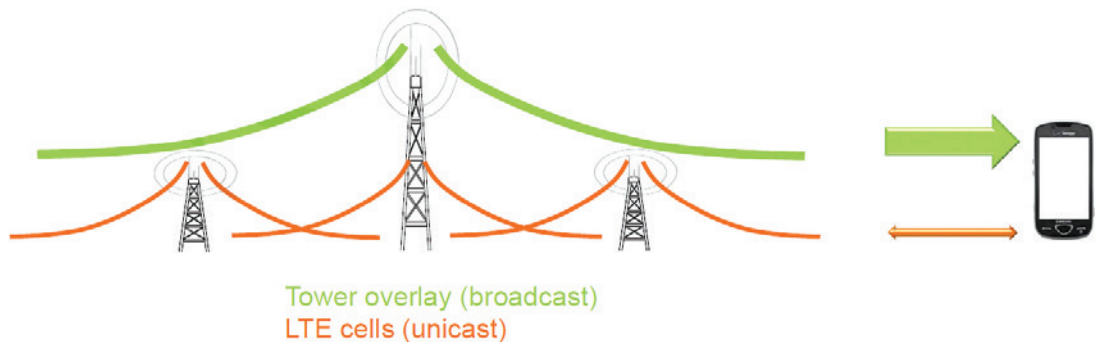


그림 7. Tower Overlay 개념도

LTE-A는 셀룰러 네트워크의 LTLP(Low Tower Low Power) 환경에 최적화되어 있기 때문에 HTHP 환경을 사용하려면 LTE-A 표준을 일부 수정해야 한다.(LTE-A +)

LTE-A+ 신호를 DVB-T2 송신하기 위해서는 Hybrid Modulator가 필요하며 DVB-T2의 FEF(Future Extension Frame)를 이용하여 시분할 다중화 방식으로 전송한다.(ATSC 3.0 규격에서도 FEF를 제공한다.) 이렇게 전송된 HTHP 신호는 Carrier Aggregation 메커니즘을 이용하여 셀룰러 네트워크에 통합된다.

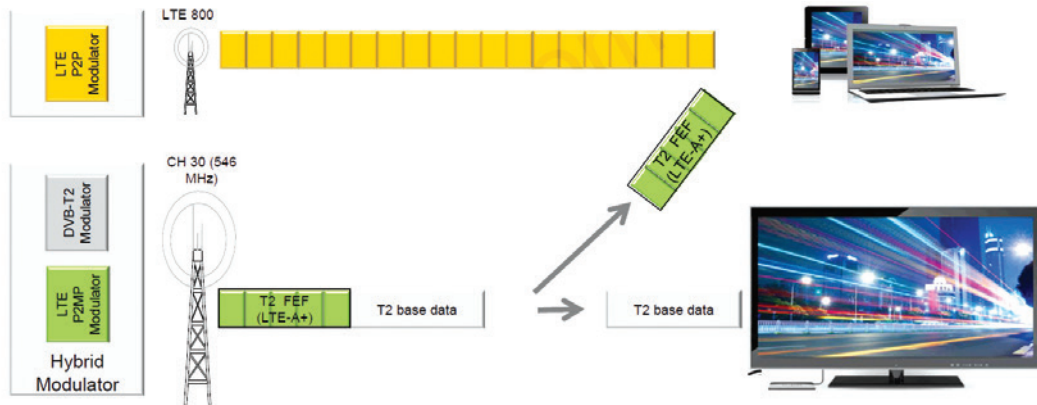


그림 8. TOOL+ 송수신 계통도

Tower Overlay 기술은 현재 프랑스 파리와 이탈리아 Aosta Valley의 테스트 필드에서 커버리지 및 모바일 수신 성능 검증 중이다.

마치며

수도권은 UHD 방송망 확장 중이며 광역권에서도 UHD 방송의 단계적 SFN 구축 시점이 도래함에 따라 물리계층 및 각종 설계변수에 대한 더욱 높은 수준의 이해도가 요구될 것으로 생각된다. 그러한 점에서 이번 교육과 같은 지상파 방송기술인을 대상으로 하는 RF 관련 교육의 기회가 더욱 많이 제공되었으면 한다.

마지막으로 소중한 교육의 기회를 제공해주신 방송기술교육원과 과학기술정보통신부에 감사의 뜻을 전한다. 🙏

글로벌 Broadcast ATSC 3.0 전문가 양성과정 참가기Ⅱ

- 송신기획 프로세스와 CHIRplus를 활용한 시뮬레이션

글. 임형진 EBS 네트워크기술부

교육지원. 과학기술정보통신부 방송통신발전기금

앞서 MBC 이주용 차장님의 글에 이어서, 교육의 핵심 내용이었던 송신기획 프로세스와 CHIRplus라는 시뮬레이션 툴을 활용한 분석 방법을 소개하고자 합니다.

저는 현재 EBS에서 송출시스템 관리를 담당하고 있기에 송신기획 업무에 대해서는 지식과 경험이 부족한 상태로 교육에 참가하였습니다. 걱정이 많았지만 LS telcom의 교육 내용이 기초부터 실무적인 내용까지 체계적으로 구성되어 있었고 강사의 교육스킬과 툴을 활용한 시각자료의 서포트가 훌륭하였기에 이해하는데 큰 어려움이 없었습니다.



송신기획 프로세스는 아래와 같습니다.

1. 기초 데이터 입력
2. 시뮬레이션 영역 설정
3. 시뮬레이션
4. 결과 분석

하나씩 단계별로 살펴보겠습니다.

기초 데이터 입력 (지도 정보, 송신기 정보)

지도와 송신기 정보가 정확할수록 시뮬레이션 결과를 신뢰할 수 있으므로 매우 중요한 과정입니다. 지도는 지형, 건물 정보, 지표면의 종류(숲, 초원, 도시, 강, 호수 등), 행정구역, 인구분포 등 다양하게 제공되고, 시뮬레이션 정확도와 관련하여 해상도를 설정할 수 있습니다. 당연히 해상도를 높일수록 계산에 소요되는 시간이 길어지지만 정확한 분석을 할 수 있습니다.

Maps (essential)

- Map selection: Topo data, morpho data
- The resolution should be minimum 100 m, better 50 m



지형 정보 지도

Maps (nice to have)

- Map selection: Street map, population map, community map

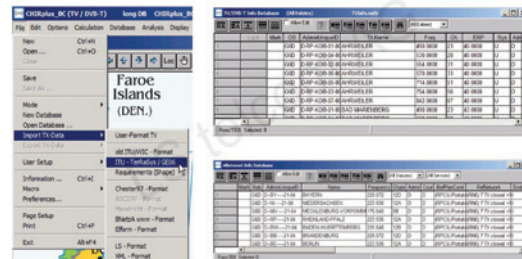


행정구역 및 인구밀도 지도

송신기의 정보는 세밀하고 정확하게 설정해야 합니다. 특히 산봉우리 정상에 위치한 송신기의 좌표를 100m만 잘못 설정해도 음영지역이 완전히 바뀌기 때문에 매우 주의 깊게 설정해야만 했습니다. 송신기가 설치된 좌표는 구글 맵과 연동하여 실제 송신소 사진을 보고 정확하게 설정할 수 있는 기능이 있어 매우 편리했습니다. 송신기의 높이, 안테나 방사패턴, 각도, 출력, 주파수 등을 DB에 한 번 입력해놓고 시뮬레이션마다 필요한 송신기만 불러와서 사용할 수 있습니다.

Transmitter data

- Import G06D Plan assignments and allotments



송신기 정보를 DB에 입력

Transmitter data quality



송신기 세부 설정 화면

시뮬레이션 영역 설정

커버리지 분석, 음영지역 해소, 주파수 재배치 등 시뮬레이션 목적에 따라 적절한 영역을 설정해야 합니다. 기본 사각형뿐 아니라 자유도형으로 지역을 설정할 수 있습니다.

User defined area

- Define desired area Planning area



파라미터 정의

시뮬레이션에 필요한 파라미터를 입력하는 단계입니다. 주파수 대역폭, 수신 환경(고정형/이동형/실내/실외 등), 최소 수신 전계 강도, 높이에 따른 손실 등 세부적인 설정이 가능합니다.

Network Processor – Planning parameter

Annotations for the DVB-T2 Network Analysis dialog box:

- Limitation of receiver
- Height loss
- Required 50% loc. FST
- Assumed distribution in the pixel (location)
- Location probability
- Required equivalent FST for desired loc. probability
- Bandwidth
- Antenna/Polarization Discrimination on/off
- User protection ratios (LSProtectionRatio.xls) on/off
- Method for the combination of the different signals
- Receiving condition
- Model for receiver synchronisation
- T2 System

시뮬레이션 파라미터 설정 화면

- System variant (Modulation scheme / Code rate / PP)
 - Trade off between data rate, robustness and minimum field strength
- Designator (FFT and Guard interval)
 - Trade off between SFN network size, Doppler effects and guard

물리계층 설정 화면

Reception mode

- Fixed
- Portable indoor
- Portable outdoor
- Mobile outdoor
- Mobile inside

수신환경 설정 화면

시뮬레이션

데이터 입력과 파라미터 설정이 모두 완료 되면 시뮬레이션을 시작합니다. 이때 시뮬레이션 목적에 따라 어떤 결과값을 계산할 것인지 선택할 수 있습니다.

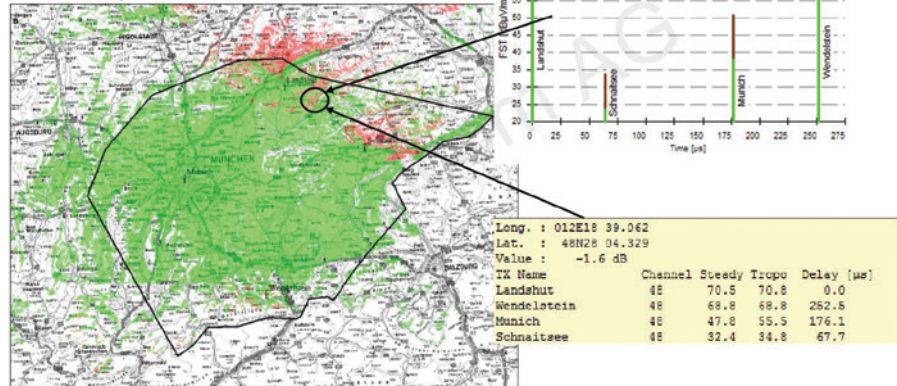
Network Processor – Results

계산할 결과값 선택하는 화면

독일 뮌헨 지역을 샘플로 계산한 결과는 우측과 같습니다. 빨간색이 전계 강도가 약하여 수신이 어려운 지역입니다. 해당 지역에 마우스 커서를 올려보면 툴팁으로 송신소마다 전계 강도를 확인할 수 있습니다. 특정 지점에 커서를 올려보니 4개의 송신소에서 전파가 오고 있으며 가드인터벌 내에 모여있지 않다 보니 전파 간섭으로 인한 음영지역임을 확인할 수 있습니다. 이를 보완하려면 먼저 도착하는 송신기에 딜레이를 주어야 합니다. Landshut과 Schnaitsee라는 송신기가 해당하겠네요.

Network Optimization

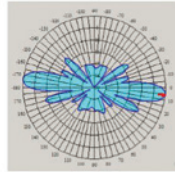
Tool tips



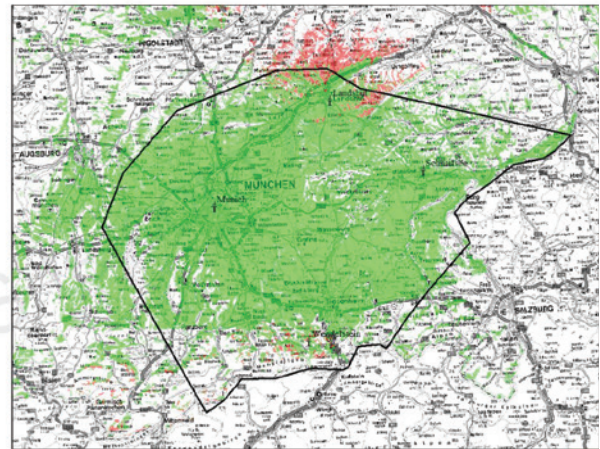
50μs의 딜레이를 준 결과는 우측과 같습니다. 위의 결과와 비교했을 때 붉은색 영역이 초록색으로 변했네요. 목표한 지역보다 우측 하단의 영역 또한 초록색으로 변했습니다. 적절한 딜레이값 설정이었습니다. 딜레이 설정 외에도 안테나의 방사 패턴을 변경하여 특정 지역에 대한 송신기의 영향도를 변경하는 등의 수정을 할 수도 있습니다.

Network Optimization

- Enter delays
- Adapt Ant. Pattern
- Adapt ERP



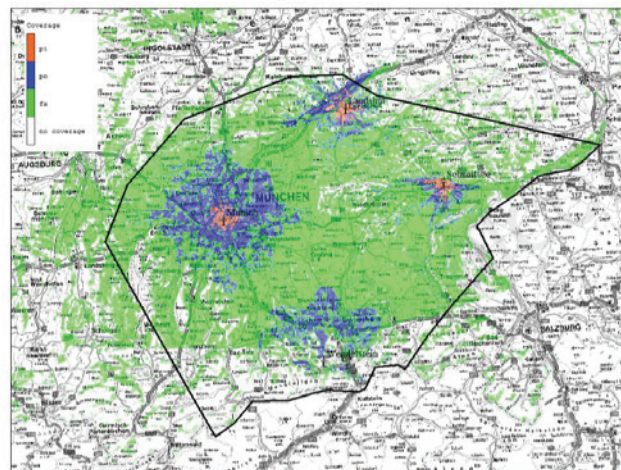
TX Name	Freq	Ch	Time Del
Wendelstein	650.0000	48	0
Schnaitsee	650.0000	48	50
Munich	650.0000	48	0
Landshut	650.0000	48	20



결과 분석

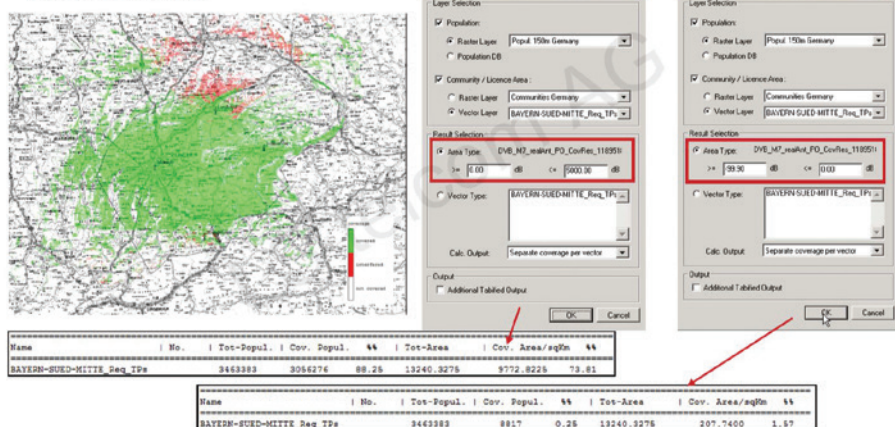
시뮬레이션 결과는 활용 목적에 맞게 다양한 종류의 자료로 시각화하여 분석할 수 있습니다. 우측 화면은 행정구역 지도를 바탕으로 수신환경에 따른 커버리지를 나타낸 결과입니다. 초록색은 안테나를 통한 일반 TV가 수신 가능한 지역, 파란색은 실외 포터블 기기가 수신 가능한 지역, 주황색은 실내 포터블 기기가 수신 가능한 지역을 의미합니다.

Overlay on Street map

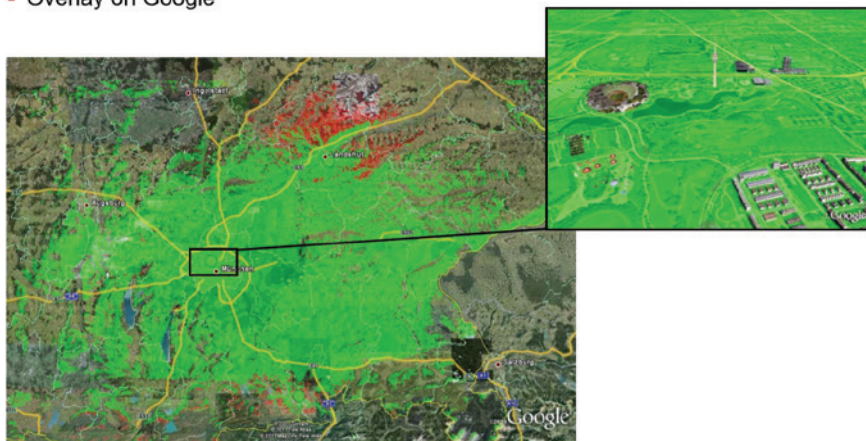


Post analyze

Population analyse



Overlay on Google



전체 인구 중 수신 가능한 인구에 대한 분석도 가능합니다. 물론 맵 데이터에 인구정보 들어가 있어야 합니다. 좌측 화면을 보면 뮌헨지역의 인구 중에 88.25%만이 방송을 수신할 수 있는 환경입니다.

구글 지도와의 연동 기능이 매우 훌륭합니다. 확대해서 보면 커버리지 내에서도 작은 동산이나 언덕, 혹은 건물에 가로막혀 수신이 어려운 지역들을 확인할 수 있습니다. 하지만 그 정도의 시뮬레이션 결과를 얻으려면 매우 정밀한 해상도의 지도를 사용해야 하고 계산 시간이 매우 오래 걸린다고 합니다.

마치며

EBS는 하반기에 UHD 송출시스템 구축을 앞두고 있습니다. ATSC 3.0이라는 새로운 표준을 공부하면서 물리계층 파라미터 설정이나 SFN에 대한 내용 등 궁금한 부분이 많았는데 이번 교육을 통해 상당 부분을 해소할 수 있었습니다. 특히 LS telcom의 교육 내용 구성이 전문적이고 실무에 직접적인 도움이 된다고 느꼈습니다. 앞으로 이러한 전문 교육기관을 통해 더욱 양질의 교육 기회가 방송기술인들에게 많이 주어졌으면 합니다. 좋은 교육을 받을 수 있게 도와주신 방송기술교육원과 함께했던 기술인 선배님들께 감사의 말씀을 전하며 마칩니다.

