



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

방송통신 테스트베드 운영을 위한  
제주지역 테스트코스 발굴에 관한 연구

濟州大學校 大學院

에너지應用시스템學府 電子工學科

金 亨 珍

2014年 2月



방송통신 테스트베드 운영을 위한  
제주지역 테스트코스 발굴에 관한 연구

指導教授 都 良 會

金 亨 珍

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2014年 2月

金亨珍의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 고 석 준 印

委 員 고 성 택 印

委 員 도 양 회 印

濟州大學校 大學院

2014年 2月

# Study on the test course in Jeju for broadcasting and telecommunications Test-bed

Hyung-Jin Kim  
(Supervised by professor Yang-Hoi Doh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for  
the degree of Master of Engineering

2014. 2.

This thesis has been examined and approved.

.....  
Thesis director, Seok-Jun Ko, Prof. of Electronic Eng.

.....  
Thesis director, Sung-Taek Ko, Prof. of Electronic Eng.

.....  
Thesis director, Yang-Hoi Doh, Prof. of Electronic Eng.

February 2014

Faculty of Applied Energy System  
Major of Electronic Engineering  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

I. 서론 .....	1
II. 제주의 테스트베드 기반 환경	
1. 우리나라의 디지털TV 주파수활용 현황 .....	4
2. 테스트를 위한 제주의 전파 환경 .....	6
3. 제주의 테스트베드 인프라 .....	13
4. 제주 테스트베드 활용 사례 .....	17
III. 필드 테스트를 위한 추가 코스 발굴	
1. 코스 발굴 방법 .....	20
2. 실험국을 중심으로한 환경 코스 발굴 .....	22
IV. 타 국가에서의 테스트 사례 비교	
1. 해외의 필드테스트 사례 .....	33
2. 제주 코스와 해외 코스의 유사점 .....	36
V. 단거리 코스 발굴	
1. 단거리 코스 #1 - 직선코스 .....	37
2. 단거리 코스 #2 - 방사형 코스 .....	39
3. 발굴 코스의 활용 .....	40
IV. 결론 .....	41
[부록]측정 포인트별 테스트 환경 .....	43
[참고문헌] .....	52

## 표 목차

<Table 1. TV broadcast channel frequencies> .....	4
<Table 2. Measurements in northern Jeju broadcasting> .....	9
<Table 3. Measurements in southern Jeju broadcasting> .....	11
<Table 4. Jeju test bed utilizing Status> .....	17
<Table 5. Test excavation process of course> .....	20
<Table 6. Transmission point(T) with distance> .....	23
<Table 7. The measuring point(R) of the height> .....	24
<Table 8. Transmission point(T) and reception point(R) actual distance> .....	25
<Table 9. Reception point(R) of the free-space field strength> .....	25
<Table 10. Each point by a unique name> .....	28
<Table 11. The location and distance of each point> .....	29
<Table 12. Predictions and actual field strength at each point> .....	31
<Table 13. Short stretch of the simulation results> .....	38

## 그림 목차

<Figure 1. Channel relocation> .....	5
<Figure 2. Set Course and the transmitting station, relay station position> ...	6
<Figure 3. Equipment for measuring the spread> .....	7
<Figure 4. Measurement location> .....	8
<Figure 5. Measurement locations in northern Jeju> .....	8
<Figure 6. Measurement locations in southern Jeju> .....	10
<Figure 7. JTP Broadcasting & Telecommunications Convergence Center> ..	13
<Figure 8. Building System - ATSC broadcast system> .....	14
<Figure 9. Building System - ISDB-T broadcast system> .....	14
<Figure 10. Building System - DVB-T2 broadcast system> .....	14
<Figure 11. Building System - 3D Content equipment> .....	15
<Figure 12. Building System - DVB certification system> .....	15
<Figure 13. TV broadcasting Antenna> .....	16
<Figure 14. TV broadcasting equipment> .....	16
<Figure 15. Grid for the simulation settings> .....	22
<Figure 16. Receiving point specified by the grid points> .....	23
<Figure 17. Calculation the actual distance> .....	24
<Figure 18. Display brightness according to signal strength> .....	26
<Figure 19. Cyclic structure of the road test match point> .....	26
<Figure 20. Regional zoning of course> .....	27
<Figure 21. By order of the measuring point gives> .....	28
<Figure 22. The distance between measuring and transmission point> ...	30
<Figure 23. Measured point elevation changes> .....	30
<Figure 24. Comparison of measured data and simulation results> .....	32
<Figure 25. The synthesis of strength and guidance received> .....	33
<Figure 26. Field test course in Toronto> .....	34
<Figure 27. Field test course in Brazil> .....	34
<Figure 28. Brazil Field test results> .....	35
<Figure 29. Field test course in New York> .....	35
<Figure 30. Field test course in Berlin> .....	36
<Figure 31. Berlin field test results> .....	36
<Figure 32. Short straight course> .....	37
<Figure 33. Short straight course divided into a grid> .....	37
<Figure 34. Radial wolak short course> .....	39

## I. 서론

2012년 아날로그 지상파 방송의 디지털화와 2013년 방송 주파수의 재배치 등 최근 우리나라에서는 지상파 방송과 관련한 많은 변화가 일어나고 있다. 한 개의 방송 채널에서 여러 가지 방송을 볼 수 있는 다채널 방송과 현재 HD(High Definition) 방송보다 고해상도의 영상을 볼 수 있는 UHD(Ultra High Definition) 방송 등 곧 시작될 서비스 또한 여러 가지다. 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로도 지상파 방송과 관련한 기술이 빠르게 발전하며 다양한 제품들이 출시되고 있다.[1]

모든 이용자가 언제 어디서나 적절한 요금으로 양질의 서비스를 제공받을 수 있도록 해야 하는 보편적서비스로서의 지상파 방송은 신규 기술의 시장 진입이 까다롭다. 개발된 기술이 충분한 검증을 거치지 않은 상태에서 시장에 공급된다면 타 서비스에 불필요한 영향을 가해 불특정 다수에게 피해를 입힐 수 있음은 물론, 사회적 혼란을 야기 시킬 수도 있다. 그 한 가지 예로 우리나라 지상파 방송의 디지털 전환 시범서비스를 예로 들 수 있다. 2010년 충북 단양군, 경북 울진군, 전남 강진군의 3개 지역을 대상으로 디지털 전환 시범 사업을 진행하고 2011년 제주도 전 지역을 시범 전환 하였다. 2012년 12월 수도권 지역의 아날로그 방송 종료까지 단계적으로 검증을 거쳐 지상파 방송의 디지털 전환으로 인한 사회적 혼란을 최소화 시킨 것이다.[2]

HD·3D TV 부문에서 우리나라 기업이 세계 시장을 선도하고 있고, UHD 방송 또한 우리나라 방송사가 세계 최초로 실험 방송을 하는 등 우리나라 방송 장비 기술력은 세계적으로 인정받고 있다. 하지만 글로벌 시장을 위해서는 우리나라와 다른 현지 환경에서 동작이 원활하게 진행되고 문제없음을 증명하여야 한다. 그 예로 우리나라 기업이 디지털 방송 수신기(Set Top Box)의 남미 시장 개척을 위해 약 1개월간 현지 테스트를 진행하여 제품의 우수성을 입증하고 아르헨티나 방송사 납품 계약을 체결하는 사례도 있었다.[3]

또한 국가별로 선택한 방송방식이 다른 방송방식과의 경쟁을 유도하기 위해 자

체적인 표준화 그룹을 운영하며 지속적으로 기술을 발전시켜 나가고 있다. 또한 지속적인 전송기술의 발전과 새로운 부가서비스 도입을 위해 끊임없는 연구가 이루어지고 있다. 이러한 변화에 대응하면서 신규 서비스를 개발하기 위한 기업은 개발 단계에서 부터 마케팅 단계까지 꾸준한 테스트를 진행하여야 한다.

하지만 국가별로 지상파 방송에 할당하는 주파수 대역이 다르고 그 대역폭 또한 다르다. 그로 인해서 관련 업체들은 해외 국가에서 사용하는 방식으로 제작된 제품의 개발에 필요한 테스트를 상대 국가를 방문하여 실시 할 수밖에 없다. 이는 장비 개발사 입장에서 경제적, 시간적 손해를 가져올 수 있다. 전 세계 전파 환경을 한곳에 조성해 놓고 해외 수출을 위한 제품의 다양한 테스트를 수행할 수 있게 한다면 산업적, 경제적으로 큰 이득이 될 수 있다. 국내에서 서비스되고 있지 않지만 해외 시장에서 서비스되고 있는 기술에 대한 테스트 환경을 구축함으로써 제품 개발에 소요되는 비용을 획기적으로 줄이는 효과를 볼 수 있다. 또한 방송통신 기술의 테스트베드 거점이 구축되면 방송통신 업체 간의 정보교류장이 자연스럽게 생성되어 협업을 통한 기술 개발의 시너지 효과를 기대할 수 있다. 이를 위하여 다양한 주파수의 사용이 가능하고 유연하게 대역을 할당할 수 있는 국제적인 테스트베드의 조성이 필요하다.

전 세계적으로 큰 시장을 형성하고 있는 휴대전화의 테스트를 위한 테스트베드는 우리나라만 해도 다수 존재한다. 국가로부터 권한을 이양 받아 GSM, WCDMA, LTE 등의 시험 인증을 대행하고 있는 한국정보통신기술협회를 비롯하여 기업 지원을 위한 전국 기관들에서 실내외 테스트를 진행 할 수 있는 환경을 구축하였다. 하지만 지상파 방송을 위한 테스트베드는 우리나라에 제주도가 유일한 지역이다. 2000년대 중반부터 제주에서 지상파 방송 관련 분야의 테스트가 이루어지고 있다. 제주 테스트베드는 국내외 중소기업을 대상으로 디지털 방송에 초점을 맞추어 다양한 방송 방식에 대한 테스트 환경을 제공하고 있다.[4]

전 세계적으로 유일하다고 할 수 있는 지상파 방송을 위한 테스트베드인 제주 테스트베드의 성공적인 활용을 위해서는 테스트환경 분석과 인프라 구축 등 다양한 준비가 필요하다. 현재 전 세계에서 주로 사용되고 있는 지상파 방송 방식은 3가지 방식(ATSC, DVB-T, ISDB-T)으로 압축할 수 있다. 이 3가지 방송 방식의 장비들은 이미 제주 테스트베드에서 구축되어 운영 중이며 각 방식별로 실

제 방송을 송출할 수 있는 시설을 갖추어 놓았다.

제주에 갖추어진 송출 시설과 필드 테스트코스만으로도 해외 현지 테스트와 동일한 결과를 얻을 수 있다면 기업의 제품 개발에 있어서 해외 출장비용 등 소요 비용을 줄일 수 있다. 또한 우리나라 최고의 관광지인 제주에서 편안하게 휴양을 겸한 제품 테스트를 수행 할 수 있을 것이다. 하지만 아직 시작 단계인 제주 테스트베드는 기본적인 코스만을 제공하며 코스의 체계적인 데이터와 해외환경과의 유사성을 제공해 주지 못하고 있다.

아직 테스트베드로서 확고한 입지를 다지지 못한 것은 테스트베드에 대한 체계적인 연구가 부족하기 때문이라고 할 수 있다. 체계적인 테스트베드 발굴 보다는 현지 시장에 어필 할 수 있는 상업적 용도의 현지 테스트를 필요시에만 진행하기 때문이다. 전 세계 방송방식을 갖추어 테스트베드 서비스를 제공하는 곳은 제주가 유일하다. 훌륭한 인프라를 갖춘 제주에서 체계적인 테스트베드 서비스를 제공한다면 국내 장비분야 중소기업의 해외 진출을 도와 국가 경쟁력에 이바지 할 수 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 우리나라와 제주의 전파환경을 살펴보고 제주의 테스트베드 인프라로서 활용 가능한 장비를 조사하였다. 그리고 필드 테스트를 위한 추가 코스 발굴 방법을 제시하고 현재 제공되고 있는 제주의 기존 테스트 코스 이외의 코스를 추가 발굴하였다. 또한 발굴된 테스트 코스가 국제적으로 활용 가치가 있는지 점검하고 추가적인 단거리 코스를 발굴 하였다. 이를 통하여 제주의 환경이 방송통신 분야의 국제적인 테스트베드로 활용 가능함을 검증해 보고자 한다.

## II. 제주의 테스트베드 기반 환경

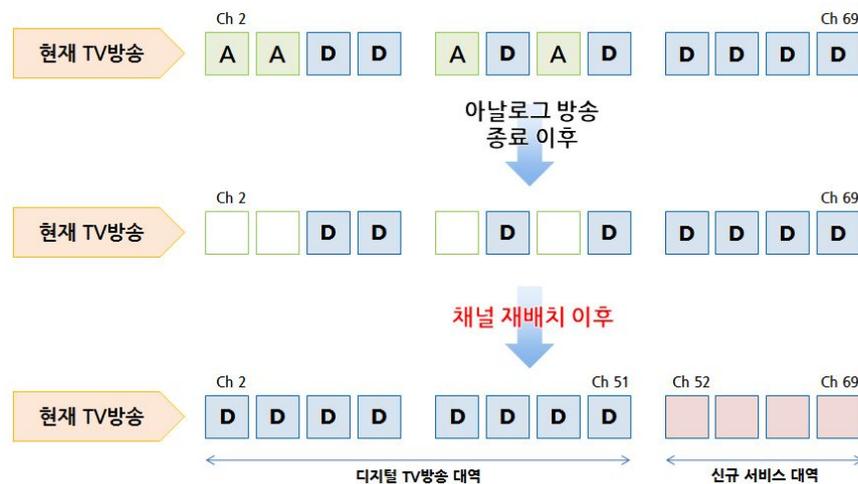
### 1. 우리나라의 디지털TV 주파수활용 현황

저주파대에서 고주파대까지 다양한 주파수의 활용분야가 있지만 본 연구에서는 최근 디지털방송 전환 등으로 활발한 연구가 진행 중인 지상파 디지털TV 주파수를 중심으로 테스트에 관하여 논하고자 한다.

<Table 1. TV broadcast channel frequencies>

채널 번호	주파수대 (MHz)	활 당 주파수	기준주파수(MHz)		채널 번호	주파수대 (MHz)	활 당 주파수	기준주파수(MHz)	
			영 상	음 성				영 상	음 성
2	54-60	57	55.25	59.75	32	578-584	581	579.25	583.75
3	60-66	63	61.25	65.75	33	584-590	587	585.25	589.75
4	66-72	69	67.25	71.75	34	590-596	593	591.25	595.75
5	76-82	79	77.25	81.75	35	596-602	599	597.25	601.75
6	82-88	85	83.25	87.75	36	602-608	605	603.25	607.75
7	174-180	177	175.25	179.75	37	608-614	611	609.25	613.75
8	180-186	183	181.25	185.75	38	614-620	617	615.25	619.75
9	186-192	189	187.25	191.75	39	620-626	623	621.25	625.75
10	192-198	195	193.25	197.75	40	626-632	629	627.25	631.75
11	198-204	201	199.25	203.75	41	632-638	635	633.25	637.75
12	204-210	207	205.25	209.75	42	638-644	641	639.25	643.75
13	210-216	213	211.25	215.75	43	644-650	647	645.25	649.75
14	470-476	473	471.25	475.75	44	650-656	653	651.25	655.75
15	476-482	479	477.25	481.75	45	656-662	659	657.25	661.75
16	482-488	485	483.25	487.75	46	662-668	665	663.25	667.75
17	488-494	491	489.25	493.75	47	668-674	671	669.25	673.75
18	494-500	497	495.25	499.75	48	674-680	677	675.25	679.75
19	500-506	503	501.25	505.75	49	680-686	683	681.25	685.75
20	506-512	509	507.25	511.75	50	686-692	689	687.25	691.75
21	512-518	515	513.25	517.75	51	692-698	695	693.25	697.75
22	518-524	521	519.25	523.75	52	698-704	701	699.25	703.75
23	524-530	527	525.25	529.75	53	704-710	707	705.25	709.75
24	530-536	533	531.25	535.75	54	710-716	713	711.25	715.75
25	536-542	539	537.25	541.75	55	716-722	719	717.25	721.75
26	542-548	545	543.25	547.75	56	722-728	725	723.25	727.75
27	548-554	551	549.25	553.75	57	728-734	731	729.25	733.75
28	554-560	557	555.25	559.75	58	734-740	737	735.25	739.75
29	560-566	563	561.25	565.75	59	740-746	743	741.25	745.75
30	566-572	569	567.25	571.75	60	746-752	749	747.25	751.75
31	572-578	575	573.25	577.75					

<Table.1>과 같이 우리나라 지상파 디지털 TV 방송 대역은 54MHz(채널 2)부터 752MHz(채널 60)의 대역으로 이루어져 있다. 2012년 12월 아날로그 TV방송이 종료됨에 따라 발생한 주파수를 효율적으로 이용하기 위해서 <Fig.1>과 같이 디지털 방송 채널(주파수)을 재배치하게 되었다. 이로 인하여 주파수를 활용한 ‘신규 서비스 대역’이 생겨나게 되었고, 여러 가지 산업분야에서 다양한 활용을 예상하고 있으며, 보다 더 필드 테스트의 중요성이 부각되게 되었다. 때문에 기존 서비스에 영향을 주지 않고 얼마나 효율적인 신규 서비스가 이루어 질 수 있는지에 대한 기준이 필요하다.[5]



<Figure 1. Channel relocation>

[자료 : 한국지상파디지털방송추진협회(www.dtvkorea.org)]

신규 서비스의 상업화를 위해서는 기존 서비스에 대한 주파수 간섭 등의 품질 저하를 야기 시키지 않는 것이 주요한 원칙이다. 이를 위해 사전 테스트를 통하여 타 서비스에 영향이 없는지, 전 세계 혹은 우리나라 표준에 적합한지를 검증해야 한다. 이를 위하여 현재 전국적으로 유일하게 구축되어져 있는 제주 테스트베드를 활용하여 신규 서비스를 시험하고 검증 할 수 있다. 현재 제주테크노파크 실험국을 중심으로 전파를 활용한 제품의 테스트베드를 운영 중이며 다양한 서비스에 대하여 주파수 활용 테스트가 가능하다.

## 2. 테스트를 위한 제주의 전파 환경

주파수 배정의 선결조건은 주파수 상호간 간섭이 없어야하는 것인데, 수도권 지역에서는 기존의 주파수 또는 새로운 주파수를 할당 받아 운영하는 것이 사실상 불가능하다. 테스트베드의 요건으로서 인구가 밀집한 도심 지역과 고속주행 테스트가 가능한 지역이 공존해야 한다. 국제적인 관광지인 제주는 관광객으로 인한 유동인구가 유입되는 도심지역 환경과 한라산 일대를 중심으로 고속의 주행 테스트가 가능한 환경 등 다양한 형태의 전파 환경을 갖추고 있다.



<Figure 2. Set Course and the transmitting station, relay station position>

<Fig.2>는 방송 테스트베드 제공을 위하여 제주특별자치도가 실외 테스트 코스를 지정한 것이다. 코스 A구간은 제주도 도심지역으로서 다양한 전계 강도 패턴 및 수신 단말의 도플러 효과 실험에 유리하다. 코스 B구간은 주송신소(견월악 송신소)의 전파 미 도달 지역으로서 약 전계 테스트 지역으로 활용된다. 코스 C구간은 교통량이 적은 한적한 지역으로서 70Km/h이상의 고속주행 테스트를 가능하게 해준다. 마지막으로 코스 D구간은 주송신소(견월악 송신소)의 신호와 부 송

신소(삼매봉 송신소)의 신호가 공존하는 산악 지형의 경로로서 전계강도의 변화가 심한 구간이다. 이를 소출력 송신소를 다수 설치하여 모든 송신소에서 동일한 주파수로 서비스를 하는 SFN(Single Frequency Network) 테스트 환경으로 활용할 수 있다.[4]

위 <Fig.2>의 A, B, C, D코스는 현재 구축된 방송용 송신소를 중심으로 한 테스트베드로써 상용화된 서비스와 완성단계의 단말기를 테스트하는 것에 초점이 맞추어져 있다. 새로운 서비스의 개발이나 실험적 장비의 테스트를 위해서는 독립적으로 운영되는 송신 시설이 필요한데, 제주테크노파크에서 실험용 서비스 데이터의 송출이 가능한 실험국을 운영하고 있다. 전 세계적으로 다양한 서비스가 빠르게 생겨나고 있어 이 실험국을 통한 테스트의 필요성이 더욱 부각되게 되었다.

하지만 현재 실험국을 중심으로 한 테스트 코스의 준비가 미비한 상황이라 적합한 테스트 코스를 발굴해 내야한다. 비사업용 주파수부터 위성 통신용 주파수까지 다양한 주파수 범위가 있겠지만 근래에 추가적인 서비스로의 활용에 대해 논의되어지고 있는 디지털 방송 대역을 중심으로 테스트 코스를 발굴해 보고자 한다.

제주는 전국에서 최초로 아날로그 방송을 종료하고 디지털방송을 시작하였다. 해당 시기에 맞추어 지난 2013년 4월 제주 전 지역의 주파수 현황을 조사하였다.



<Figure 3. Equipment for measuring the spread>

제주도 북부지역 메인 송신소인 견월악과 남부지역 메인 송신소인 삼매봉을 중심으로 전파의 사용현황이 조사 될 수 있는 지점을 선정하여 측정하였다.



<Figure 4. Measurement location>

<Fig.4>와 같이 제주의 주요 송신소를 중심으로 반경 약 15km의 디지털방송 수신 전력을 조사하였다. 주요 송신소 이외의 소규모 송신소와 중계소의 영향을 많이 받지 않는 구간을 고려하여 반경을 지정하였다. 소규모 송신소의 경우 날씨 등의 환경 영향을 많이 받으며, 테스트베드 운영을 위해서는 주요 송신소를 중심으로 서비스를 검증하기 때문에 반경을 조절하였다.

우선 견월악을 중심으로한 제주 북부 지역의 주파수 현황을 알아보았다.



<Figure 5. Measurement locations in northern Jeju>

<Table 2. Measurements in northern Jeju Broadcasting>

Ch	Start	Stop	Center	위치													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
14	470	476	473														
15	476	482	479														
16	482	488	485														
17	488	494	491														
18	494	500	497														
19	500	506	503														
20	506	512	509														
21	512	518	515														
22	518	524	521														
23	524	530	527					DTV	DTV							DTV	
24	530	536	533														
25	536	542	539														
26	542	548	545														
27	548	554	551	DTV	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV	
28	554	560	557														
29	560	566	563	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV								
30	566	572	569														
31	572	578	575	DTV	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV	
32	578	584	581														
33	584	590	587	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV								
34	590	596	593				DTV										
35	596	602	599	DTV		DTV	DTV	DTV	DTV								
36	602	608	605														
37	608	614	611														
38	614	620	617														
39	620	626	623														
40	626	632	629		DTV		DTV	DTV									
41	632	638	635														
42	638	644	641				DTV	DTV	DTV						DTV	DTV	DTV
43	644	650	647														
44	650	656	653														
45	656	662	659														
46	662	668	665														
47	668	674	671														
48	674	680	677														
49	680	686	683				DTV	DTV	DTV		DTV					DTV	DTV
50	686	692	689	JTP	JTP		JTP	JTP	JTP			JTP			JTP	JTP	
51	692	698	695	JTP	JTP		JTP	JTP	JTP			JTP			JTP	JTP	
52	698	704	701														
53	704	710	707														
54	710	716	713														
55	716	722	719														
56	722	728	725														
57	728	734	731														
58	734	740	737														
59	740	746	743														
60	746	752	749														
61	752	758	755														
62	758	764	761														
63	764	770	767														
64	770	776	773														
65	776	782	779														
66	782	788	785														
67	788	794	791														
68	794	800	797														
69	800	806	803														

<Table.2>의 ‘DTV’표기는 디지털TV 형태의 파형이 측정된 지점을 표기한 것이며, ‘JTP’표기는 제주테크노파크 실험국의 신호가 측정된 지점을 표기한 것이다. 견월악 송신소는 27(KBS1), 29(KBS2), 31(MBC), 33(JIBS), 35(EBS) 채널을 사용하고 제주테크노파크 실험국은 50, 51번 채널을 사용한다. 지정된 주파수 이외의 신호는 전라남도 대둔산 송신소의 주파수로 추측된다. 대둔산 송신소가 활용하는 주파수는 34(KBS1), 42(KBS2), 49(EBS), 23(MBC), 40(KBC)채널인데 34번 채널을 제외하고 제주 북부 지역 해안가를 중심으로 영향을 주고 있음이 나타났다. 이는 제주 북부 지역에서 타 지역 주파수와 혼재한 상황에서의 장비 성능 시험이 가능함을 보여준다.[6]

다음으로 삼매봉 송신소를 중심으로 제주 남부 지역의 주파수 현황을 알아보았다.



<Figure 6. The Southern Jeju measurement locations>

<Table.3>는 서귀포 삼매봉 송신소를 중심으로 제주 남부지역의 주파수 측정 현황이다. 남부 지역의 메인 송신소인 삼매봉 송신소는 14(KBS1), 15(JIBS), 16(KBS2), 17(MBC), 18(EBS) 채널을 사용하고 제주테크노파크 실험국의 신호는 측정되지 않았다. 삼매봉 송신소 신호 이외의 디지털TV 신호는 제주 서부의 음영 지역을 해소하기 위해 구축된 소규모 송신소인 광해악 송신소의 신호이다. 광해악 송신소는 39(JIBS), 41(KBS1), 45(KBS2), 46(EBS), 47(MBC)채널을 사용한다. 알려진 주파수 이외의 주파수는 미약한 세기로 중국의 영향으로 추측되지만 명확한 데이터가 공개되지 않아 현재로서는 확인할 수 없다.[6]

<Table 3. Measurements in southern Jeju Broadcasting>

Ch	Start	Stop	Center	위치				
				1	2	3	4	5
14	470	476	473	DTV	DTV	DTV	DTV	
15	476	482	479	DTV	DTV	DTV	DTV	
16	482	488	485	DTV	DTV	DTV	DTV	
17	488	494	491	DTV	DTV	DTV	DTV	
18	494	500	497	DTV	DTV	DTV	DTV	
19	500	506	503					
20	506	512	509					
21	512	518	515					
22	518	524	521					
23	524	530	527					
24	530	536	533					DTV
25	536	542	539					
26	542	548	545					
27	548	554	551					
28	554	560	557					
29	560	566	563					
30	566	572	569					
31	572	578	575					
32	578	584	581					
33	584	590	587					
34	590	596	593					
35	596	602	599					
36	602	608	605					
37	608	614	611					
38	614	620	617					DTV
39	620	626	623				DTV	DTV
40	626	632	629					
41	632	638	635				DTV	DTV
42	638	644	641					
43	644	650	647					DTV
44	650	656	653					
45	656	662	659				DTV	DTV
46	662	668	665				DTV	DTV
47	668	674	671				DTV	DTV
48	674	680	677					DTV
49	680	686	683					
50	686	692	689					
51	692	698	695					DTV
52	698	704	701					
53	704	710	707					
54	710	716	713					
55	716	722	719					
56	722	728	725					
57	728	734	731					
58	734	740	737					
59	740	746	743					
60	746	752	749					
61	752	758	755					
62	758	764	761					
63	764	770	767					
64	770	776	773					
65	776	782	779					
66	782	788	785					
67	788	794	791					
68	794	800	797					
69	800	806	803					

측정 결과에서 보듯이 제주 북부와 남부는 한라산에 의해서 명확히 구분되어져 있으며, 지상파 방송에 할당되고 나머지 유휴 주파수도 넓은 구간에 걸쳐져 있다. 이러한 유휴 주파수를 활용하여 기존 방송채널에 영향을 최소로 한 상태에서 테스트 진행을 통한 장비의 검증이 가능하다.

또한 제주 북부의 메인 송신소인 견월악 송신소의 신호는 남부지역으로 전파되지만 남부지역의 삼매봉 송신소의 신호는 북부지역으로 전파가 되지 않는 것으로 판단된다.

현재 제주테크노파크가 운영 중인 실험국은 제주 북부의 주요 송신소가 위치한 견월악 인근에 위치해 있다. 견월악 송신소가 사용 중인 주파수와 전라도 지역에서 사용하는 주파수를 제외하고 유휴주파수를 활용하여 테스트를 진행한다면 신규 서비스 및 장비로 인한 기존 방송채널에 간섭을 주지 않고 남부 지역의 영향 없이 안전한 테스트가 가능하다.

기존 코스는 제주의 지상파 송신소를 중심으로 서비스에 대한 테스트는 가능하지만 특정 신호에 대한 테스트 운용은 실험국의 부재로 어려운 상황이다. 따라서, 구축되어 운용 중인 실험국을 중심으로 단일 송출점을 활용한 테스트코스의 발굴이 추가적으로 필요하다.

### 3. 제주의 테스트베드 인프라

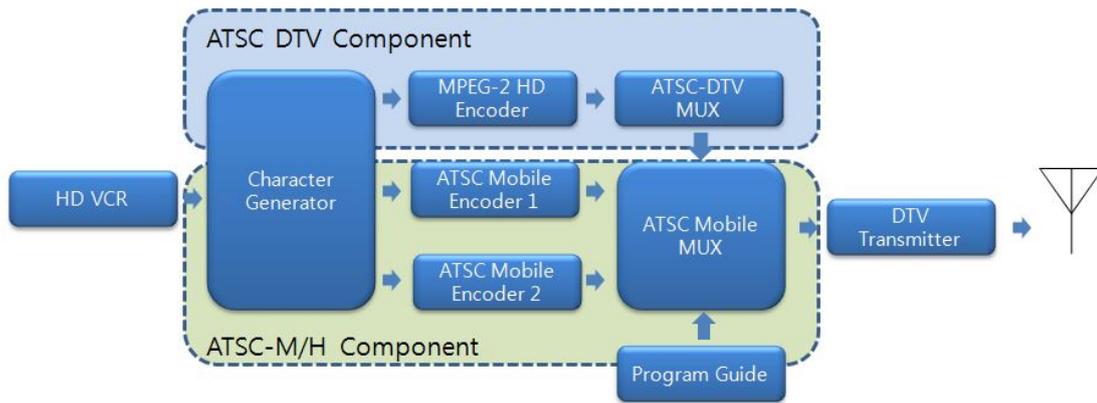
2008년부터 2012년까지 산업통상자원부와 제주특별자치도의 지원으로 건립된 방송통신융합센터는 제주의 우수한 전파자원을 활용한 글로벌 방송통신 테스트베드 역할을 수행하고 있다.

센터에는 LAB-STAY, 송출장비실, 공용장비실, 인증장비실, 테스트베드룸 등의 시설을 갖추고 있다. 또한, 센터에는 각종 방송 송출장비, 방송 인증지원 장비, 영상 콘텐츠 제작 및 편집 장비, 가상스튜디오 등을 구축하여 방송통신융합에 최적의 기술지원 인프라를 확보하고 있다.

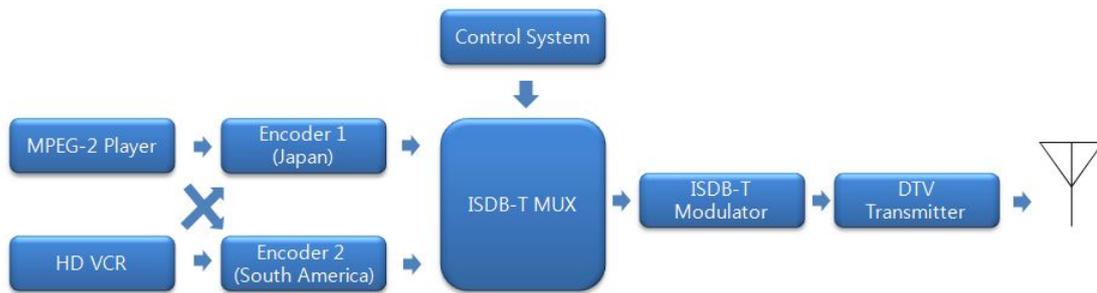


<Figure 7. JTP Broadcasting & Telecommunications Convergence Center>

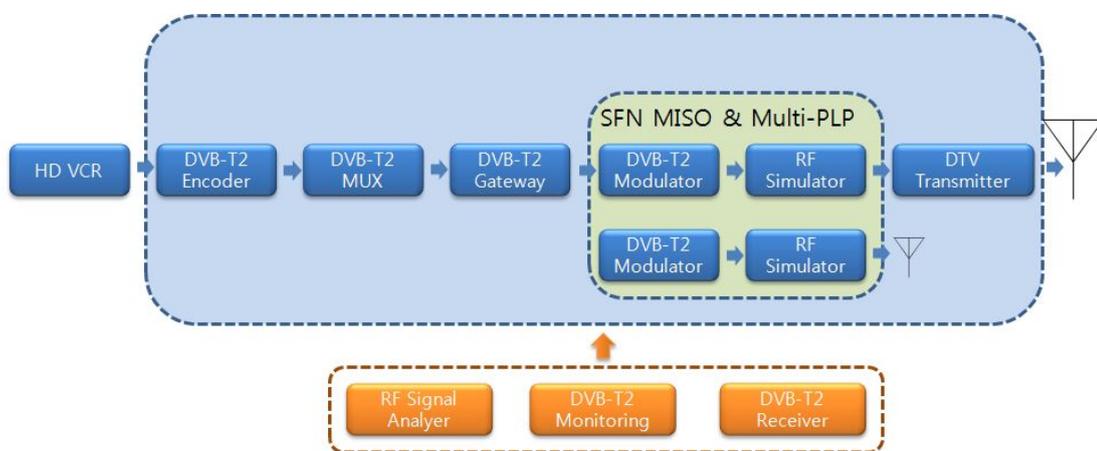
센터에는 전세계 방송방식의 송출시스템이 갖추어져 있다. 미국과 우리나라가 디지털방송 방식으로 활용 중인 ATSC 방식과, 남미와 일본에서 활용중인 ISDB-T, 유럽에서 활용 중인 DVB-T2가 그 시스템이다. 시스템 구성은 아래 그림들과 같다.



<Figure 8. Building System - ATSC broadcast system>

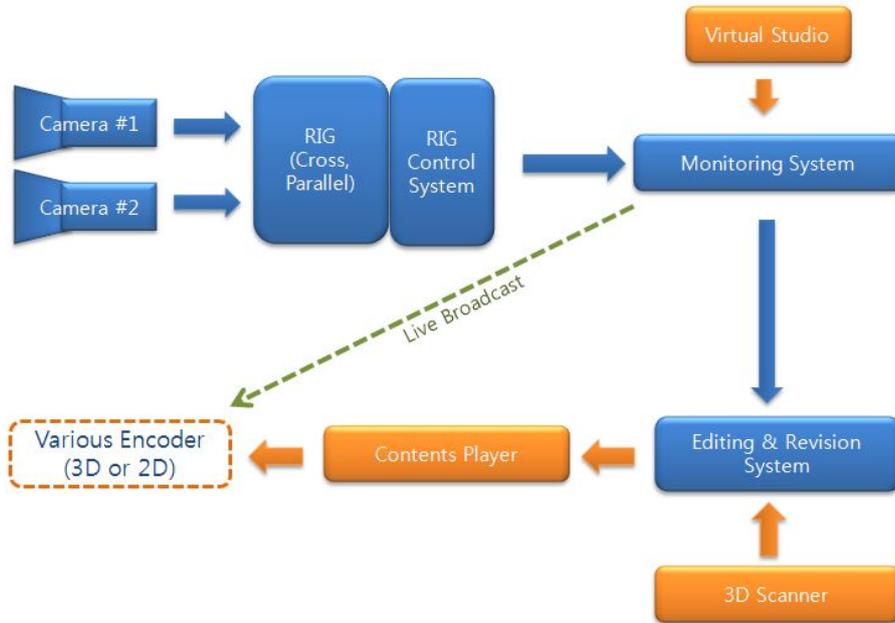


<Figure 9. Building System - ISDB-T broadcast system>

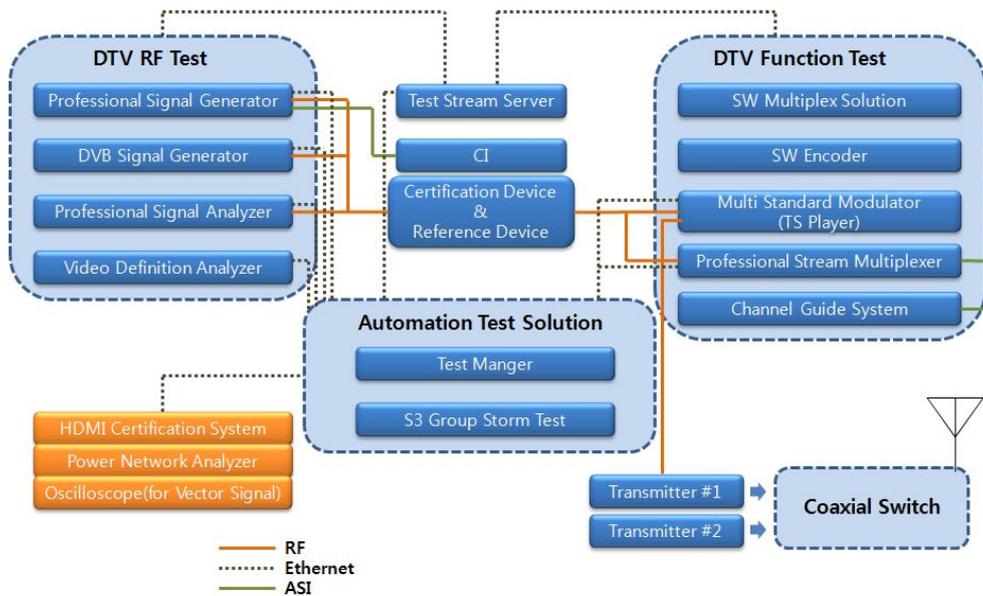


<Figure 10. Building System - DVB-T2 broadcast system>

또한 센터는 방송 전반에 걸친 지원을 위하여 부가적으로 콘텐츠 제작 장비와 수출 지원을 위한 인증장비를 구축하여 운영 중에 있다.



<Figure 11. Building System - 3D Content equipment>



<Figure 12. Building System - DVB authentication system>

방송통신융합센터는 50-51번 디지털TV 채널(686MHz-698MHz)을 사용하는 실험국을 운용중이다. 센터 인근에 있는 건월악 송신소와 비교하여 방송사의 절반 수준인 400W의 송출 파워로 전 세계의 방송방식을 원하는 시간에 송출하여 송수신 장비에 대한 테스트를 지원하고 있다.



<Figure 13. TV broadcasting Antenna>



<Figure 14. TV broadcasting equipment>

이처럼 제주에는 테스트베드 운영을 위한 다양한 방송 인프라가 이미 구축되어져 있어 적합한 테스트코스만 발굴된다면 다양한 기술을 검증할 수 있다.

#### 4. 제주 테스트베드 활용 사례

<Table.4>에서 보는바와 같이 방송통신융합센터를 중심으로 제주에 구축된 인프라를 통한 방송통신 관련 테스트 활동은 2010년 10월 본격적인 인프라 구축을 시작한 이래 40여회 이상의 다양한 서비스를 테스트하였다.

<Table 4. Jeju test bed utilizing Status>

테스트 연도	지원내용
2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>· MMS 송출 테스트</li> <li>· 송출 도달지점 전계 상태 확인</li> <li>· MMS서비스 및 MDTV 동시 송출 실험</li> <li>· MMS 해상 송출 테스트</li> <li>· ATSC Mobile 스트림, EWS, EPG 테스트</li> <li>· 무료지상파 기상 재난방송 필드 테스트</li> <li>· 융합형 3DTV 송수신 정합테스트</li> <li>· 무료지상파 기상 재난방송 필드 테스트</li> </ul>
2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 무료지상파 기상 재난방송 필드 테스트</li> <li>· ISDB-T 융합형 3D송출시스템 테스트</li> <li>· ISDB-T 다중화기 정합테스트</li> <li>· Multiplexer 장비 연동 테스트</li> <li>· ATSC Mobile DTV 스트림 및 데이터 서비스 필드테스트</li> <li>· HomeCast Exciter + Multiplexer 장비 호환성 테스트</li> <li>· ISDB-T 수신기 필드 테스트</li> <li>· ISDB-T 1Seg &amp; FullSeg 필드 정합테스트</li> <li>· ISDB-T용 계측기 정합 테스트</li> <li>· TV유희대역 전파 송수신 실험</li> <li>· TV유희대역 기술기준안 검증 실험</li> </ul>
2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차세대 유럽형 송신장비 테스트</li> <li>· 유럽인증지원 실내시험장비 운용실험</li> <li>· 기상방송콘텐츠 송수신 테스트</li> <li>· DVB-T2 Gateway 정합테스트</li> <li>· DVB-T2 Exciter 정합테스트</li> <li>· DVB-T2 셋탑 PDIF, CVBS output 테스트</li> <li>· DVB-T2 수신기 기본 수신 테스트</li> </ul>

우선 2011년부터 2012년까지 공영방송사인 KBS가 'Korea-View'라는 이름의 디지털TV 셋탑박스를 활용한 멀티모드 송출 서비스를 테스트하였다. 이 실험은 MPEG-2로 압축한 해상도 1080i의 HD급 방송 1편과 함께 MPEG-4로 압축한 480i의 SD급 방송 3편을 동시에 송출하여 공중파 채널의 다변화의 가능성을 실험한 내용이다. 기존 셋탑박스에 영향을 주지 않기 위하여 서브 채널을 Hidden으로 설정하였고, 자체 개발한 셋탑박스에 한해서만 수신이 가능하도록 하여 육상은 물론 해상에서의 수신까지 실험을 마쳤다. 이 실험을 바탕으로 기술을 더욱 집약시켜 서울지역에서의 테스트까지 진행하였고 향후 UHD방송 등과 연계하여 일반 채널에 적용할 수 있는 기술적 토대를 마련하였다.

특히, 2012년 5월에는 우리나라를 비롯한 ATSC 디지털방송을 선택한 국가에 많은 영향을 끼칠 수 있는 ATSC S12 그룹의 표준화 회의를 제주에서 개최하였다. 본 회의에 앞서 제주의 인프라를 활용하여 한국전자통신연구원이 개발한 3D 방송 송출 방법에 대한 시연 행사도 진행되었다. 이 방식은 기존 지상파 방송인 1080i 영상과 ATSC 모바일 방송 방식인 M/H에 480p 영상을 동시에 송수신 하여 3D 효과를 볼 수 있는 방식으로 표준화 협회 회원사들에게 필드에서의 오류 없는 시연을 보여 줌으로써 국내 개발 3D 송출 방식의 국제 표준화를 위한 초석이 되었다. 제주테크파크는 지속적으로 이 개발에 참여하여 테스트베드를 활용한 다양한 실험을 진행하였고 조만간 국제 표준으로 등록될 것으로 보고 있다.

또한, 제주의 전파를 활용하여 TV유휴대역(TV White Space)을 활용한 서비스 발굴을 위한 실험도 꾸준히 진행하고 있다. 공중파 TV의 디지털 전환 및 채널 재배치에 의해 방송 주파수 대역 중 사용하지 않는 대역이 생겨나게 되었고, 이 주파수를 활용하여 새로운 방송·통신 서비스를 발굴하고 검증할 수 있게 된 것이다. TV유휴대역을 활용한 Super-WiFi를 비롯하여 공공 정보를 제공하는 서비스 등 다양한 서비스를 제주에서 실험하였다. 유용한 서비스의 전국 확산을 위하여 전국에서 가장 먼저 디지털 전환을 마친 제주에서 기반 실험이 계속해서 이루어졌고 국내 표준을 어느 정도 정립하기에 이르렀다. 그 이후 전국에서 관련 표준을 근거로 많은 서비스들이 발굴 되어 전파 관련 기술의 최초 실험지로서 제주의 입지를 공고히 하게 되었다.

이 외에도 수많은 기업들이 자체 개발한 장비들의 테스트를 제주에서 진행해

오고 있다. 많은 개발사에서 제주의 전과환경을 활용한 테스트를 통하여 다양한 신기술을 개발하고 있으며, 해외 수출을 위한 검증의 장소로 활용하고 있다.

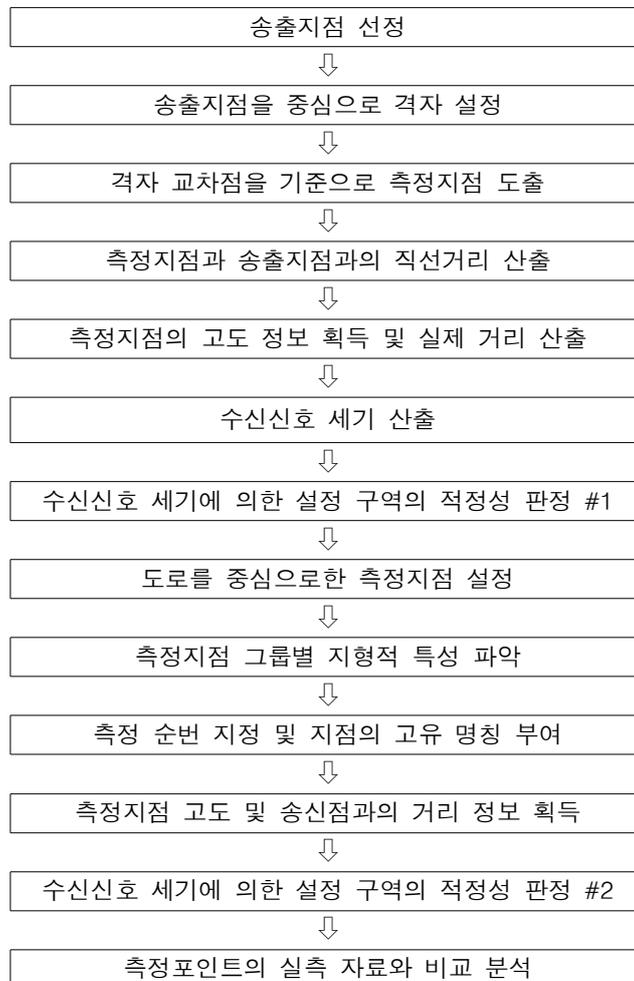
하지만 도입 초반부로 명확한 테스트 방법과 코스는 아직 준비가 미비한 상태이다. 테스트기반의 완성을 위하여 송출점을 중심으로 한 테스트코스 발굴이 필요하다.

### Ⅲ. 필드 테스트를 위한 추가 코스 발굴

#### 1. 코스 발굴 방법

간단한 수식에 의한 전과 세기의 시물레이션을 통하여 송출점의 위치에 따른 적정 테스트 코스를 발굴 할 수 있다. 그 순서는 <Table.5>과 같은데, 우선 송출 위치를 선정해야한다.

<Table 5. Test excavation process of course>



본 연구에서는 기 구축되어져 있는 제주테크노파크 실험국을 송출지점으로 하여 테스트코스를 설계하고자 한다. 전파가시거리 계산법에 의해 약 17km를 반경으로 삼고 전체를 아우를 수 있는 구역을 설정했다.[7]

기본적으로 코스 발굴을 위하여 인터넷 위성지도를 사용하였다. 송출지점을 중심으로 하여 위성지도에 격자를 구성하고 격자의 교차점을 기준으로 측정지점을 도출한다.

측정지점이 정해지면 송출지점과의 직선거리를 산출할 수 있다. 이 과정에서는 평면적인 간단한 계산으로 거리를 산출한다. 직선거리를 산출하면 그에 따른 수신신호의 세기를 알 수 있다. 이를 바탕으로 구역의 적정성을 판단한다.

구역의 적정성이 판정되면 실제 테스트 코스를 만들기 위하여 도로를 중심으로 한 측정지점을 지정한다. 이 과정에서 격자의 교차점과 가까운 도로를 선택하여 기존 시뮬레이션의 반경을 준수하도록 한다. 이때, 도로를 중심으로 하여 측정과 이동이 용이하도록 환형 구조를 생각할 수 있다. 또한 전파 가시거리 반경을 벗어난 지역의 일부 추가를 통해 악 조건에서의 테스트를 준비해야한다.

도로를 중심으로 측정지점이 설정되면 이전의 방법을 반복하여 지역별 특성을 파악하고 측정지점과 송출지점과의 거리 정보를 획득한다. 이때, 도로의 실제 GPS좌표를 위성지도를 통해 얻을 수 있고, 이를 활용하여 지구 반경을 활용한 구 좌표계에서의 거리를 산출하여 오차를 줄여야 한다.

거리가 도출된 후에는 이전 방법과 마찬가지로 구역에 대한 적정성을 판정하고 실제 테스트를 수행 할 수 있는 구간인지를 파악하기 위하여 전계강도 실측을 반드시 진행하여야한다.

이상과 같은 방법으로 손쉽게 테스트코스를 구성할 수 있으며, 도로의 형태에 따라 다양한 형태의 테스트 코스 발굴이 가능하다.

## 2. 실험국을 중심으로 한 환경 코스 발굴

최근 급속도로 정밀화 되어가는 위성지도를 활용하여 전계 분포를 간단한 수식에 의하여 시뮬레이션 할 수 있다. 이러한 과정을 소프트웨어로서 구현 한다면 간단하게 원하는 지점을 중심으로 한 전계 분포를 파악할 수 있다.

본 연구에서는 송출 장비에 대한 명확한 재원을 알 수 있고, 그에 따른 실측이 가능한 제주테크노파크 실험국을 중심으로 필드 테스트코스를 발굴하고자 한다.



<Figure 15. Grid for the simulation settings>

<Fig.15>는 코스의 검증을 위하여 실험국을 중심으로 필드를 격자 형태로 분할한 그림이다. 지도에 명시된 척도를 이용하여 실제거리 가로 3.2km 세로 3.2km 단위로 분할하였다. 이는 필드 테스트를 수행할 때 2mile(3.2km) 마다 측정토록 하는 미국 FCC의 권고를 만족한다.[8]

격자의 교차점을 수신 포인트로 지정하고 위성지도를 이용하여 지형을 분석할 것이다. 송출전력 1KW 이상으로 50km 이상의 범위를 대상으로 방송하는 지상파 방송사를 기준으로 한다면 3km 정도의 간격은 장애물 문제를 제외하면 거의 근접한 거리로 볼 수 있다.

격자의 교차점을 측정 포인트로 지정하기 위해 실측 데이터가 있는 범위를 고려하여 실험국을 중심으로 인접한 44개의 지점을 <Fig.16>과 같이 지정하였다.



<Figure 16. Receiving point specified by the grid points>

각 교차점을 테스트 포인트(R)로 하여 송출 포인트(T)에서의 거리를 구할 수 있다. 반경 약 13km 내에 있는 44개의 테스트 포인트와 송출 포인트(T)와의 직선거리는 <Table.6>과 같다. 전파 가시거리( $\sqrt{2Rh}$ , R=6,370km; 지구반경, h=안테나 높이)의 계산에 의하여 20m 송출점의 가시거리는 약 17km이므로 장애물을 고려하여 설정한 반경이다.[7]

<Table 6. Transmission point (T) with distance (unit: km)>

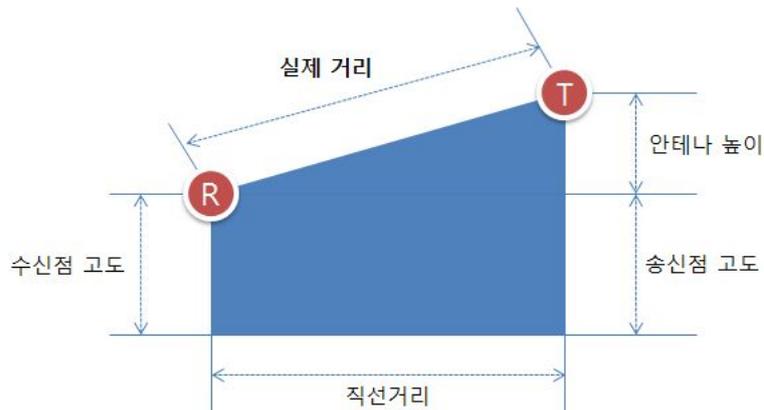
14.3	11.5	9.1	7.2	6.4	7.2	9.1	11.5	14.3
13.2	10.1	7.2	4.5	3.2	4.5	7.2	10.1	13.2
12.8	9.6	6.4	3.2	T	3.2	6.4	9.6	12.8
13.2	10.1	7.2	4.5	3.2	4.5	7.2	10.1	13.2
14.3	11.5	9.1	7.2	6.4	7.2	9.1	11.5	14.3

<Table.6>의 표시된 거리는 평면적인 거리로 실제 거리를 측정하기 위해서는 고도 정보가 필요한데, 이 역시 위성 지도를 통해서 얻을 수 있는 값이다. 본 연구에서는 Google Earth를 활용하였다. 이미지 오버레이 기능을 활용하면 정확한 격자별 좌표를 얻을 수 있다. <Table.7>은 각 포인트의 고도 값을 나타낸다.

<Table 7. The measuring point(R) of the height (unit: m)>

5	45	55	82	93	138	140	162	181
87	119	231	177	227	284	298	305	350
281	320	323	399	417 (T)	493	510	424	370
533	603	662	661	728	724	566	450	371
799	873	1264	1210	1159	892	635	451	368

파동에 의해서 전달되기는 하나 직선 적인 운동을 하는 전파의 전송 방법에 따라 실제 직선거리를 파악해야 전파의 전달 정도를 파악할 수 있다. 송출 포인트 T의 높이는 방송통신융합센터 3층 건물(15.7m)위 철탑(4m)에 설치된 안테나의 높이이며 약 20m 이다. 이때, 고도(417m)와 안테나 높이를 합산하면 437m로 이 수치를 기준으로 수신점(R)과의 실 거리를 계산할 수 있다.



<Figure 17. Calculation the actual distance>

<Fig.17>의 방법에 의하여 실제 거리를 계산해 보면 다음 <Table.8>과 같다. 수신점의 안테나 높이는 약 조건을 적용하여 0으로 계산 하였다.

<Table 8. Transmission point (T) and reception point (R) actual distance (unit: m)>

14,306.5	11,506.7	9,108.0	7,208.7	6,409.2	7,206.2	9,104.8	11,503.3	14,302.3
13,204.6	10,105.0	7,202.9	4,507.5	3,206.9	4,502.6	7,201.3	10,100.9	13,200.3
12,801.0	9,600.7	6,401.0	3,200.2	<b>T</b>	3,200.5	6,400.4	9,600.0	12,800.2
13,200.3	10,101.4	7,203.5	4,505.6	3,213.2	4,509.1	7,201.2	10,100.0	13,200.2
14,304.6	11,508.3	9,137.5	7,241.4	6,440.6	7,214.4	9,102.2	11,500.0	14,300.2

이제 송수신점간 장애물이 없는 자유공간에 의한 전계 강도를 구할 수 있게 된다.[9]

$$E_o = \frac{\sqrt{30P}}{D} [V/m]$$

여기서  $E_o$ 는 자유공간 전계강도[V/m], P는 공중선 실효복사전력[W], D는 송신점으로부터의 이격거리[m]이다. 실험국의 실효복사전력인 400W를 적용 했을 때 전계강도는 다음 <Table.9>과 같이 계산되어진다.

<Table 9. Reception point (R) of the free-space field strength (V / m)>

7.657	9.520	12.027	15.196	17.092	15.201	12.031	9.523	7.659
8.296	10.841	15.208	24.303	34.159	24.329	15.212	10.845	8.299
8.558	11.410	17.114	34.230	<b>T</b>	34.227	17.115	11.411	8.558
8.299	10.845	15.207	24.313	34.092	24.294	15.212	10.846	8.299
7.658	9.519	11.988	15.128	17.008	15.184	12.035	9.526	7.660

계산 결과를 <Fig.18>과 같이 색상의 명도로 나타낼 수 있다. 그림에 나타나는

바와 같이 고도 차이가 크지 않기 때문에 명확한 방사형태의 구역이 나타나고 있다.

7.657	9.520	12.027	15.196	17.092	15.201	12.031	9.523	7.659
8.296	10.841	15.208	24.303	34.159	24.329	15.212	10.845	8.299
8.558	11.410	17.114	34.230	T	34.227	17.115	11.411	8.558
8.299	10.845	15.207	24.313	34.092	24.294	15.212	10.846	8.299
7.658	9.519	11.988	15.128	17.008	15.184	12.035	9.526	7.660

<Figure 18. Display brightness according to signal strength>

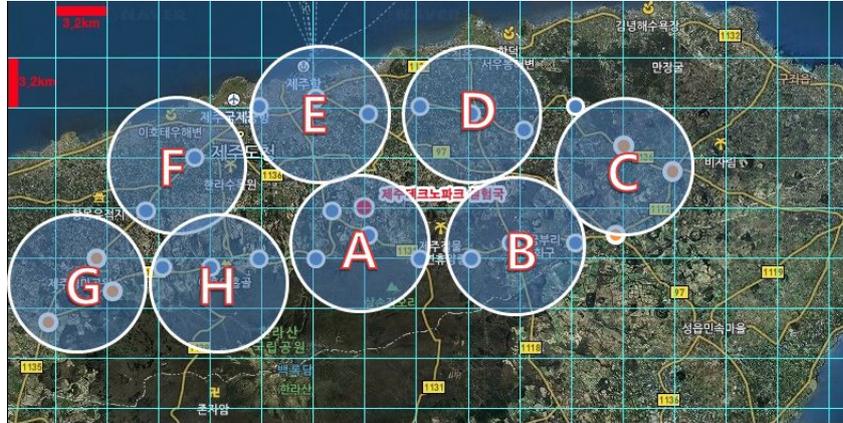
처음 격자로 구역을 정한 지점에 대해 전파가 고르게 전파됨을 확인하였다. 이제 전체 구역을 커버하면서 송신소 근처와 외곽지역을 포함하는 테스트코스를 정해야한다. 또한, 효율적인 테스트 진행을 위하여 출발점과 종점이 가깝도록 환형의 구조로 설계해야한다. 그리고 테스트가 용이한 도로를 중심으로 코스를 지정해야 한다.



<Figure 19. Cyclic structure of the road test match point>

<Fig.19>는 격자에서 멀지않은 지점에 있는 도로와 테스트 포인트를 매치시킨

모습이다. 미약전파 테스트를 위해서는 음영지역을 포함해야하기 때문에 추가로 외곽지역에 6개의 포인트를 추가로 지정하였다. 환형의 외곽 지역에서 테스트를 진행하면 환형 내부는 테스트의 필요성이 적어 내부 격자는 제외 하였다.



<Figure 20. Regional zoning of course>

전체적인 코스를 <Fig.20>과 같이 특성별 구역으로 나눌 수 있다. A구역은 테스트 시작점으로서의 역할을 하면서 송신점과 가장 근접하여 테스트 진행에 앞서 장비의 이상 유무를 우선 점검 할 수 있다. B, H구역은 낮은 산악 지형으로 산림이 우거진 지역이며 송신점보다 높은 고도로 올라가는 방향의 구역으로 자연림에 의한 전파 산란과 안테나 방향각에 따른 상위 지점 전파 도달 여부를 확인할 수 있다. C, G구역은 전파 도달이 미약한 지역이지만 송신점 보다는 고도가 다소 낮은 지역으로 전파 음영지역 도달 및 회피에 대한 테스트가 가능하다. D, F구역은 송신점보다 고도가 낮은 개활지 형태의 구역으로 일반적인 장비 특성을 테스트하기에 알맞은 구역이다. E구역은 타 구역과 다르게 도심 빌딩 지역으로 장애물에 의한 전파 전달 방해가 많은 지역이다. 장비 테스트에 있어서 도심지역 테스트가 중요하므로 반드시 거쳐 가야 하는 구역이다.

전체적으로 A구역에서 출발하여 A-B-C-D-E-F-G-H의 환형 테스트코스를 거쳐 다시 A구역으로 돌아오는 코스이다.



<Figure 21. By order of the measuring point gives>

시계 반대방향으로 순번을 부여하고 각 지점의 고유한 이름을 <Fig.21>과 <Table.10>과 같이 지정하였다. 각 지점은 측정의 용이함을 위하여 차량 주차가 가능한 지역이며 외지인을 위하여 네비게이션으로 검색이 최대한 가능한 지점으로 지정하였다.

<Table 10. Each point by a unique name>

순번	고유명	순번	고유명
1	제주국제대학교 정문	14	제주영락교회 공영주차장
2	제주마방목지 주차장	15	제주종합경기장 주차장
3	명도암입구 삼거리	16	도로교통공단 제주본부
4	가나안기도원 입구	17	제주관광대학교
5	까끄래기오름 입구	18	유수암마을 입구
6	세프라인월드 주차장	19	어음교차로
7	상덕 녹목원 조경공사 앞	20	제주승마공원 입구
8	상덕천마을회관 앞	21	제2광령교
9	목선동 교차로	22	어승생수원지(한밭저수지)
10	와산리 사거리	23	어승생공설공원 입구
11	대흘리 삼거리	24	탐라교육원 입구
12	삼무야영장 입구	25	1131도로 분기점 500m
13	화물자동차 공영차고지	송신점	T. 방송통신융합센터

<Table 11. The location and distance of each point>

순번	위도	경도	고도(m)	송신점과의 거리(km)
1	33°26'19.09"N	126°34'11.02"E	461	1.38(최단)
2	33°25'36.52"N	126°36'13.31"E	616(최고)	3.82
3	33°25'38.52"N	126°38'21.58"E	516	6.32
4	33°25'54.30"N	126°40'11.01"E	432	8.62
5	33°26'3.07"N	126°42'13.38"E	376	11.40
6	33°26'5.68"N	126°43'54.95"E	304	13.77
7	33°27'55.01"N	126°46'19.72"E	235	17.16
8	33°28'58.21"N	126°44'45.20"E	239	15.26
9	33°29'22.77"N	126°43'6.62"E	308	13.23
10	33°29'31.08"N	126°40'55.85"E	161	10.46
11	33°29'54.56"N	126°39'10.13"E	152	8.70
12	33°30'12.63"N	126°36'40.77"E	91(최저)	6.75
13	33°29'50.63"N	126°34'50.72"E	104	5.22
14	33°30'38.07"N	126°32'37.16"E	59	7.06
15	33°29'52.55"N	126°30'51.78"E	61	7.17
16	33°28'29.53"N	126°27'53.55"E	99	9.51
17	33°26'51.04"N	126°26'6.88"E	247	11.66
18	33°25'23.03"N	126°24'28.85"E	338	14.31
19	33°23'16.87"N	126°22'24.79"E	463	18.30(최장)
20	33°24'12.10"N	126°24'30.92"E	503	14.90
21	33°24'50.26"N	126°26'55.33"E	537	11.28
22	33°24'53.24"N	126°29'2.22"E	591	8.51
23	33°25'26.47"N	126°30'12.51"E	545	6.56
24	33°25'33.68"N	126°31'58.73"E	514	4.32
25	33°26'31.73"N	126°33'20.70"E	414	1.69
송신점	33°27'3.36"N	126°34'18.69"E	365	-

각 측정 포인트의 위도, 경도 및 고도, 송신점과의 거리는 <Table.11>과 같다. 고도는 위성지도의 고도정보를 통해 획득한 정보이며, 위성지도의 위경도 좌표 정보를 통해 거리를 산출해 낼 수 있다. 송신점(위경도 :  $[LAT_1, LONG_1]$ )과 측정 포인트(위경도 :  $[LAT_2, LONG_2]$ ) 간의 거리는 아래 수식에 의해 지구 표면의 실제 거리로 계산하였다. 경도 1도의 거리는 111.20km, 위도 1도의 거리는 85.29km로 계산한 결과이다.[10]

$$\begin{aligned}
 DISTANCE_{lat} &= 111.20 \text{ km} \times (LAT_2 - LAT_1) \\
 DISTANCE_{long} &= 85.29 \text{ km} \times (LONG_2 - LONG_1) \\
 DISTANCE &= \sqrt{(DISTANCE_{lat})^2 + (DISTANCE_{long})^2}
 \end{aligned}$$

각 측정 포인트별 송신점과의 거리와 고도를 그래프로 나타내면 <Fig.22>, <Fig.23>과 같다. 최고 고도는 해발 616m, 최저 고도는 해발 59m 이며, 최장 거리는 17.16km, 최단 거리는 1.38km 이다. 이를 통하여 송신점과의 고도 차이, 송신점과의 간격에 따른 장비의 기능을 검증할 수 있다.



<Figure 22. The distance between measuring and transmission point>



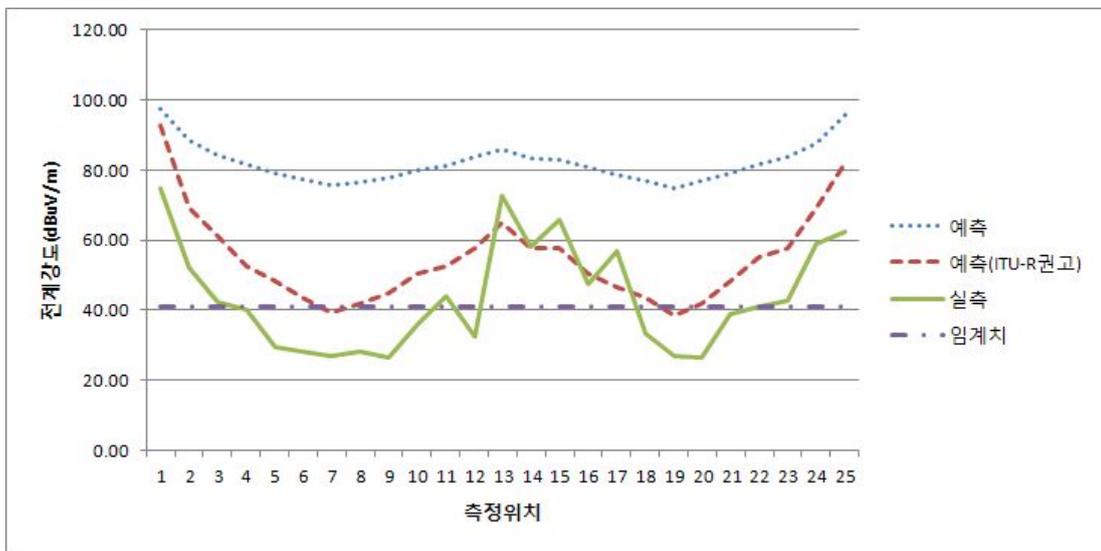
<Figure 23. Measured point-by-point elevation changes>

송신점과의 거리를 통하여 예상 전계강도를 산출하고 실제 환경 적용 가능성을 확인하기 위하여 각 측정 지점별 실측을 진행하였다.

<Table 12. Predictions and actual field strength at each point>

위치	위도	송신점과의 거리(km)	예측 전계 (dB $\mu$ V/m)	ITU-R 예측 전계 (dB $\mu$ V/m)	실측 전계강도 (dB $\mu$ V/m)
1	제주국제대학교 정문	1.38(최단)	97.42	92.788	74.95
2	제주마방목지 주차장	3.82	88.58	69.340	52.06
3	명도암입구 삼거리	6.32	84.19	61.111	42.35
4	가나안기도원 입구	8.62	81.51	52.644	40.15
5	까끄래기오름 입구	11.40	79.07	48.448	29.65
6	세프라인월드 주차장	13.77	77.43	43.459	28.05
7	상덕 녹목원 조경공사 앞	17.16	75.52	39.531	27.15
8	상덕천마을회관 앞	15.26	76.54	42.051	28.15
9	목선동 교차로	13.23	77.78	44.982	26.35
10	와산리 사거리	10.46	79.82	50.438	36.05
11	대흘리 삼거리	8.70	81.42	52.644	44.15
12	삼무야영장 입구	6.75	83.63	57.905	32.65
13	화물자동차 공영차고지	5.22	85.85	64.860	72.65
14	제주영락교회 공영주차장	7.06	83.24	57.905	58.25
15	제주종합경기장 주차장	7.17	83.11	57.905	65.65
16	도로교통공단 제주본부	9.51	80.65	50.438	47.35
17	제주관광대학교	11.66	78.88	46.638	56.75
18	유수암마을 입구	14.31	77.10	43.459	33.15
19	어음교차로	18.30(최장)	74.96	38.398	27.15
20	제주승마공원 입구	14.90	76.75	42.051	26.35
21	제2광령교	11.28	79.17	48.448	39.05
22	어승생수원지(한밭저수지)	8.51	81.62	55.112	40.85
23	어승생공설공원 입구	6.56	83.88	57.905	42.65
24	탐라교육원 입구	4.32	87.50	69.340	58.95
25	1131도로 분기점 500m	1.69	95.67	81.956	62.55

<Table.12>에서 'ITU-R 예측전계'는 ITU-R 권고 P.1546 지상 서비스의 점-대-지역 전파특성 예측 방법을 적용한 데이터 이다. <Fig.24>에서 보는바와 같이 시물레이션 결과와 패턴의 유사함을 볼 수 있다. 실측 데이터가 예상 데이터에 비해 높은 것은 반사파와 굴절파에 의한 영향이며 예상 보다 낮은 것은 안테나 높이를 기준 높이인 9m 이상으로 측정하지 않은 결과로 볼 수 있다.[11]



<Figure 24. Comparison of measured data and simulation results>

우리나라 잡음등급별 방송구역 전계강도의 기준에서 디지털 지상파 텔레비전 방송을 하는 방송국의 전계강도  $41dB\mu V/m$ 를 평가기준으로 채택하고 있어, 이를 임계값으로 설정하였다. ITU 예측치에서는 2개소가, 실측치에서는 13개소가 미약 지역으로 판명된다. 이는 수신 안테나의 높이를 감안하면 보완될 수 있는 데이터 이다.[11]

코스 중간에 오름과 산림지역에 의해 완전히 선형의 실측치가 나오지는 않지만 지속적인 실측 데이터의 수집을 통하여 평균값을 정할 수 있다. 향후 계절별, 날씨별 등의 상황에 따른 표준 데이터를 수집하여 테스트베드 이용자에게 제공되어 지면 안정적인 테스트베드 코스를 제공할 수 있게 된다.

## IV. 타 국가에서의 테스트 사례 비교

이 장에서는 본문에서 제안한 테스트베드 코스가 국제적인 코스로서의 활용 가치가 있는지 타 국가에서 진행되었던 사례를 통해 비교해 보고자 한다. 우선 위에서 검증된 코스를 수신 레벨을 지도에 나타내면 <Fig.25>와 같이 나타낼 수 있다. 코스의 좌우 끝부분이 미약 지역과 수신 불능 지역으로 나타난다.

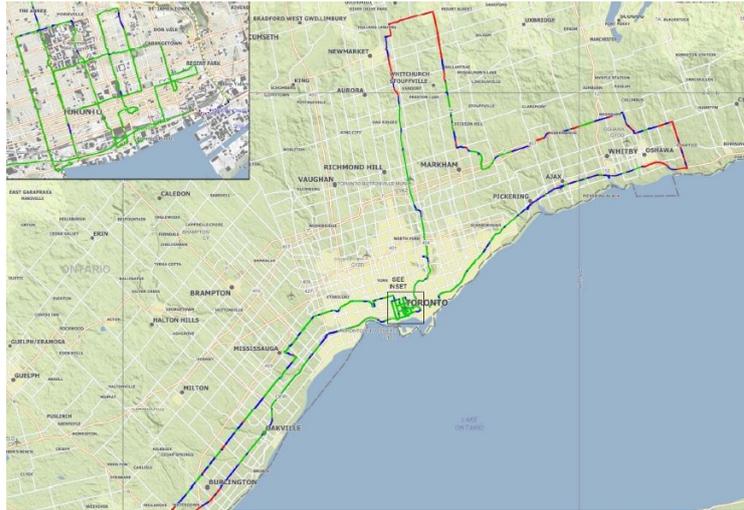


<Figure 25. The synthesis of strength and guidance received>

### 1. 해외의 필드테스트 사례

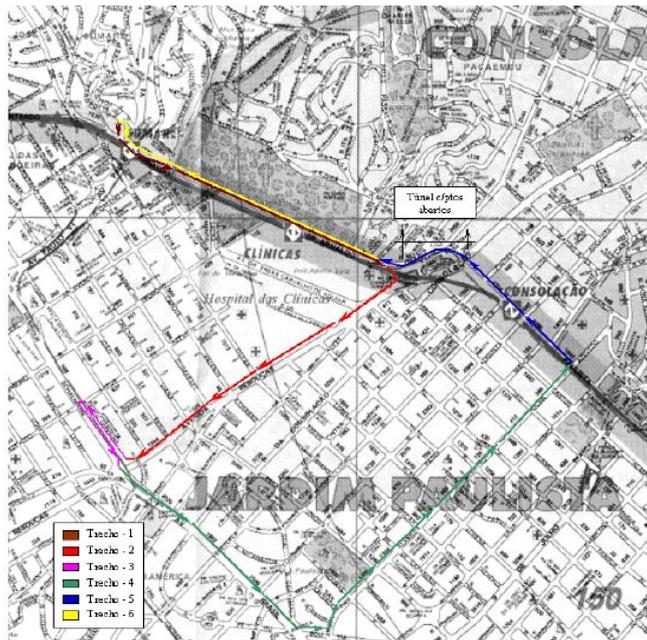
일반적으로 국내외에서의 필드테스트는 명확한 데이터 값을 갖는 테스트를 진행하지는 않는다. 차량을 이용하여 코스를 운행하면서 측정기의 값이 컴퓨터로 보내져 지정된 임계값에 대한 비교를 수행 한다.

국내외에서 필드테스트에 대한 법적인 강제가 없기 때문에 수신 상황에 대한 데이터만을 수집한다. 이는 장비 개발에 있어서의 문제점 파악과 장비 판매를 위한 비즈니스적인 자료로 활용되어 진다.



<Figure 26. Field test course in Toronto>

<Fig.26>은 캐나다 토론토에서 ATSC 방송 방식 중 모바일 방송에 대한 필드 테스트를 수행한 결과이다. 3단계로 나누어 안정적인 서비스지역과 미약지역 그리고 수신 불가지역을 나타내고 있다. [12]



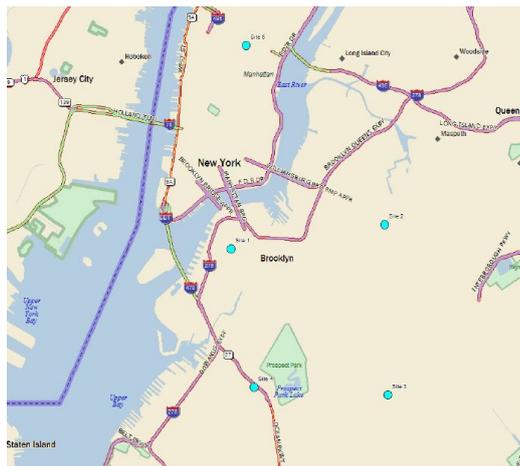
<Figure 27. Field test course in Brazil>

<Fig.27>은 ITU가 브라질에서 ATSC, DVB-2K, DVB-8K, ISDB-4K 방식에 대하여 필드 테스트를 계획한 내용이다. UHF 34ch을 이용하여 2kW로 송출하여 각 방식에 대한 비교를 진행하였다. 그 결과는 <Fig.28>과 같은데 거리에 따른 수신율을 표기하고 있다.[13]



<Figure 28. Brazil Field test results>

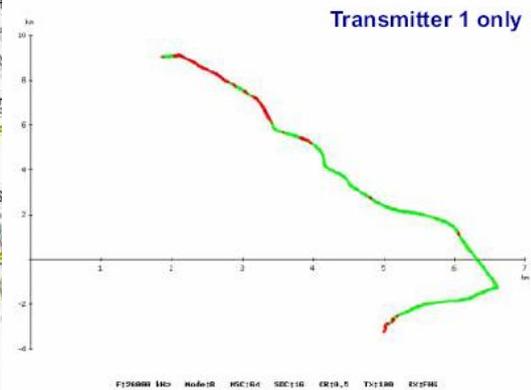
<Fig.29>는 뉴욕에서의 디지털 방송 테스트 구역을 나타내는 지도로 고층빌딩 밀집지역이라 다수의 송출점을 대상으로 코스를 구성한 내용이다.[14]



<Figure 29. Field test course in New York>



<Figure 30. Field test course in Berlin>



<Figure 31. Berlin field test results>

<Fig.30>과 <Fig.31>은 디지털라디오에 대한 필드테스트를 독일 베를린에서 진행한 내용이다. TV 방송은 아니지만 비슷한 형태로 이루어지는 DRM+ 라디오 방식에 대하여 시내 코스를 설정하고 결과를 도출해낸 경우이다.[15]

## 2. 제주 코스와 해외 코스의 유사점

위에서 살펴본 바와 같이 방송 장비의 필드테스트를 위하여 도로를 중심으로 시외지역과 도심지역을 가로지르는 코스를 설계하여 테스트를 진행하게 된다. 뉴욕과 같은 고층빌딩 밀집 지역이 제주에는 존재하지 않지만 테스트만을 위해서는 어느 정도의 장애물만으로도 장비에 대한 검증이 가능하다. 특히 제주의 오염 환경을 이용하면 대형 장애물에 대한 굴절과 반사등에 대해서는 검증이 가능하다. 이를 통해 국내 기업이 해외 테스트를 위해 장비 1기당 약 10회 정도의 해외 출장이 필요하지만 제주에서 간이 테스트를 진행하고 해외에서 최종 테스트를 진행한다면 테스트 비용을 현저히 절감할 수 있다.

## V. 단거리 코스 발굴

본 논문에서 제안한 코스는 약 3~4시간이 소요된다. 간단한 서비스 테스트를 위해서는 1시간 이내에 점검이 가능한 단거리 코스도 필요하다. 그에 따라 실험국과 메인 송신소를 중심으로한 단거리 코스를 III장에서 제안한 방법에 따라 발굴해 보았다.

### 1. 단거리 코스 #1 - 직선 코스

시뮬레이션을 통한 이상적인 전개 환경을 파악한 상황에서 좀 더 상세한 범위의 테스트코스를 추가로 생각해 볼 수 있다.



<Figure 32. Short straight course>

<Fig.32>는 실험국을 중심으로 송출점과 일정한 각도를 유지하면서 선정한 직선에 가까운 코스이다. 코스의 검증을 위하여 <Fig.33>과 같이 우선 필드를 격자 형태로 분할하여 고도 및 주변 환경에 대한 검증을 하였다.



<Figure 33. Short straight course divided into a grid>

송출점(T)에서 테스트코스 시작점(S)까지는 실 거리 약 2km 이며 시작점(S)부터 종점(F)까지는 격자 25분할로 약 10km이다. 시작점(S)은 송출점(T)보다 고도가 약 125m 더 낮은 지점이다. 따라서 본 코스는 송출점보다 코스가 하위 고도에만 위치하게 되는 코스이다.

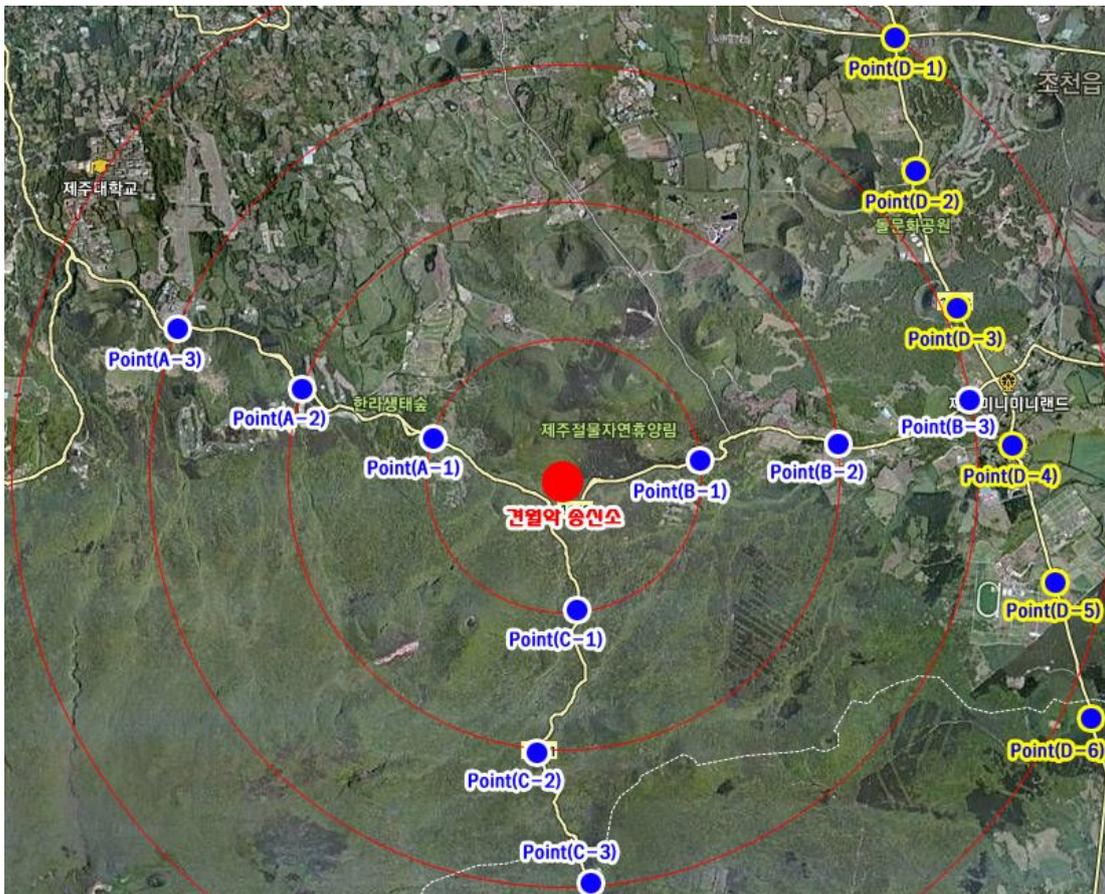
<Table 13. Short stretch of the simulation results>

NO	고도(m)	송출점과의 거리(km)	예측 전계강도(V/m)	비고
1	236	2.0	54.77	S
2	233	2.0	54.77	
3	241	1.8	60.86	
4	240	2.0	54.77	
5	236	2.3	47.63	
6	255	2.3	47.63	
7	248	2.7	40.57	
8	239	3.0	36.51	
9	236	3.4	32.22	
10	225	3.8	28.83	
11	213	4.2	26.08	
12	220	4.6	23.81	
13	219	4.9	22.36	
14	213	5.3	20.67	
15	207	5.7	19.22	
16	207	6.1	17.96	
17	197	6.6	16.60	
18	201	7.0	15.65	
19	228	7.4	14.80	
20	198	7.8	14.04	
21	184	8.2	13.36	
22	165	8.6	12.74	
23	152	8.9	12.31	
24	135	9.3	11.78	
25	121	9.7	11.29	
26	129	10.1	10.85	F

시뮬레이션 결과 전체적으로 송출점 보다 아래쪽 지대에 위치해 있어 전파 도달에는 큰 장애가 없고 거리에 따른 감쇄만이 나타날 것으로 예상된다. 전파의 감쇠 정도와 차량을 이용한 이동간의 품질 테스트 등에 용이한 지역이다.

## 2. 단거리 코스 #2 - 방사형 코스

추가적으로 제주 북부지역의 메인 송신소인 견월악 송신소의 지리적 이점을 활용한 방사형 코스를 제안한다. 제주테크노파크 실험국과의 거리도 멀리 떨어져 있지 않아 동일 환경에서의 테스트도 가능한 구역이다.



<Figure 34. Radial wolak short course>

<Fig.34>에서 제안하는 코스는 견월악 송신소를 중심으로 방사형으로 약 1.5Km 간격으로 3개소의 표준 측정소를 정하는 방사코스 Course A, B, C와 비슷한 전파 환경에서 환경변화를 주어 1.5Km 간격으로 6개소의 표준 측정소를 정하는 Course D로 구성하였다.

Course A는 송신소 보다 고도가 낮은 구간이며 골프장, 목장 등 개활지가 주를 이루는 구간이다. Course B는 송신소와 비슷한 고도에서 주민 주거지역 및 관광지 지역이며, Course C는 송신소보다 높은 한라산을 관통하는 지형으로 산악 지형이 주를 이룬다.

Course D는 송신소에서 약 5Km 떨어진 구간에서 개활지, 관광지, 주거지, 산악지 등이 고른 균형을 이루며, 제주의 전 지역을 고려할 때 전파 혼잡지역에서 전파 청정지역으로 향하는 코스이다.

### 3. 발굴 코스의 활용

발굴된 기본 코스와 추가 코스를 활용하여 다양한 방송통신 테스트가 가능하다. 여러 환경에서 단말기의 성능을 분석하고, 그에 대한 리포팅이 가능하다면 우리나라 전파 활용 산업에 하나의 활력이 될 수 있을 것이다.

고층 건물이 새롭게 생겨나는 등 지형의 변화가 과거보다 빠른 근래의 상황으로 볼 때 테스트코스는 지속적으로 업데이트되어야 한다. 수신 전계 강도 또한 주기적으로 측정하여 코스의 표준화된 데이터를 테스트베드 이용자에게 제공하여야 한다.

본 논문에서 제시한 코스는 단일 송출점을 기반으로 한 코스로 전파의 간섭 등을 위한 테스트를 위하여 2개 이상의 송출점 마련도 필요하다. 그에 따라 테스트 코스는 달라질 수 있으며, 지속적인 업데이트가 필요하다.

## V. 결론

국내의 다른 어느 중소기업과 마찬가지로 방송장비 제조업체도 기술개발과 관련한 문제에 직면하고 있다. 기술 및 시장의 변화에 유연하고 신속하게 대응하는데 어려움을 느끼고 있다. 또한, 현재 매출은 발생하지 않는데 제품개발을 위해 상당규모의 자금이 투자되어야 하는 부담도 갖고 있다. 이 중 큰 비중을 차지하는 것이 현지 테스트이다. 시제품 제작이 완료되는 시점에서 수출을 위하여 현지에서 테스트를 진행하는 것은 비용적으로나 기간적으로 큰 손해를 가져온다.

중소기업들은 기술개발에 대한 집중 투자를 하고 있지만 실제로 기술개발에 활용할 방송 시설장비와 테스트 현장은 매우 부족한 공통적인 문제를 안고 있다. 특히, 방송장비 분야의 기술개발은 시제품 제작, 테스트, 문제수정 및 보완 등의 목적을 위해 전문 장비와 테스트 기반이 필요하지만, 기업 단독으로 이러한 고가의 방송 장비를 구매하기에는 예산이 절대적으로 부족하다.

따라서, 유사한 제품을 제조하는 중소기업들이 기술개발을 공동으로 추진할 수 있는 방송통신 산업 인프라를 구축하게 됨으로써 값비싼 방송 장비 시설을 저렴하게 이용하게 된다. 해외 현지에서 필드테스트 비용도 절감하게 되며 제주 테스트베드에서 시제품의 시험테스트를 하는 과정에서 제품의 기능 및 품질을 검증받아 기술적인 문제점을 조기에 해결할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

제주가 통신·방송 산업에서 필요로 하는 테스트베드 구축이 완료되면 국내 방송장비 기업들이 양산체제에 돌입하기 전에 품질을 보다 세부적으로 관리해 나갈 수 있다. 물론 신기술 시장 진입이 빠른 근래의 상황으로 볼 때 한 번의 구축으로 끝나지 않고 지속적인 신규 인프라 구축이 필요할 것이다.

기반 장비뿐만 아니라 표준적인 테스트 기반인 기준 코스의 준비도 시급한 실정이다. 본 논문에서 논한 테스트코스라면 이러한 요건을 충족시켜 줄 수 있다. 구축되어져 있는 제주테크노파크 실험국을 이용하여 도심, 산악, 평야 지역 등 다양한 환경에서의 제품 검증이 이루어 질 수 있다. 테스트 장비와 테스트 코스가 확립되면 중소기업들의 장비 검증이 지금보다 간편해지고, 해외 출장을 위한

비용 절감에도 큰 도움을 줄 수 있다.

지금까지 테스트를 위한 인프라와 위성 지도를 활용한 시뮬레이션을 통해 필드 테스트코스를 발굴하고 발굴된 테스트 코스의 적합성과 적용 범위를 살펴보았다. 적합한 테스트 코스의 발굴로 산업계에서 이용 가능토록 유도하고 제주 테스트 베드가 국가 표준 제정에 필수 코스로서의 역할을 기대한다.

**[부록1. 측정 포인트별 테스트 환경]**

1. 제주국제대학교 정문 : 제주특별자치도 제주시 영평동 산8-24



2. 제주마방목지 주차장 : 제주특별자치도 제주시 용강동 산14-18



3. 명도암입구 삼거리 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 교래리 산137-25



4. 가나안기도원 입구 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 교래리 산60-11



5. 까끄래기오름 입구 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 교래리 산149



6. 세프라인월드 : 제주특별자치도 제주시 구좌읍 송당리 2635-3



7. 상덕 녹목원 조경공사 : 제주특별자치도 제주시 구좌읍 송당리 1891-1



8. 상덕천 마을회관 : 제주특별자치도 제주시 구좌읍 덕천리 1180



9. 목선동 교차로 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 선흘리 337-23



10. 와산리 사거리 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 와산리 966-5



11. 대흘리 삼거리 : 제주특별자치도 제주시 조천읍 대흘리 2351-5



12. 삼무야영장 : 제주특별자치도 제주시 회천동 2307



13. 화물자동차 공영차고지 : 제주특별자치도 제주시 번영로 345



14. 제주영락교회 공영주차장 : 제주특별자치도 제주시일도2동 488-2



15. 제주종합경기장 : 제주특별자치도 제주시 오라1동 1165



16. 도로교통공단 제주지부 : 제주특별자치도 제주시 노형동 3220



17. 제주관광대학교 : 제주특별자치도 제주시 애월읍 광령리 2615



18. 유수암마을 입구 : 제주특별자치도 제주시 애월읍 유수암리 1081-3



19. 어음 교차로 : 제주특별자치도 제주시 애월읍 어음리 산3-2



20. 제주승마공원 입구 : 제주특별자치도 제주시 애월읍 유수암리 1176



21. 제2광령교 : 제주특별자치도 제주시 애월읍 광령리 597-1



22. 어승생수원지 입구 : 제주특별자치도 제주시 해안동 산60-3



23. 어승생공설공원 입구 : 제주특별자치도 제주시 연동 산132-2



24. 탐라교육원 입구 : 제주특별자치도 제주시 오라동 산100-3



25. 1131 도로분기점 500m : 제주특별자치도 제주시 아라1동 산37-2



## 참고문헌

- [1] 방송산업발전종합계획, 미래창조과학부/방송통신위원회/문화체육관광부, 2013
- [2] 디지털 전환 시범사업의 해외 사례와 유형, 정보통신정책연구원, 2009
- [3] 수출 성공실패사례, 2013, KOTRA
- [4] 제주 디지털 방송 글로벌 테스트베드, 한국방송공학회지, 2010
- [5] 한국지상파디지털방송추진협회(<http://www.dtvkorea.org>)
- [6] 디지털TV 방송 수신 정보시스템(<http://211.43.210.46:8080/DigitalTV/main.jsp>)
- [7] Recommendation ITU-R F.1096, ITU, 2011
- [8] Federal Communications Commission FCC 12-86, FCC, 2012
- [9] 디지털 TV 실내수신 환경 분석, 방송공학회, 2013
- [10] Study of interference between the ondo state radio/television corporation akure, and independent television benin city, Ambrose Alli University, 2013
- [11] Recommendation ITU-R P.1546-3, P.1546-5, ITU, 2013
- [12] Mobile DTV(ATSC M/H) Field Testing and Measurements, CBC Radio-Canada, 2012
- [13] Digital Television Laboratory and Field Test Results - Brazil, FES/ITU/URTNA Symposium, 2001
- [14] Field Test Results for the NewYork City Prototype Distributed Transmission System, The metropolitan Television Alliance, 2008
- [15] Digital broadcasting below 30MHz DRM a summary of the field tests, Digital Radio Mondial, 2003

## 감사의 글

먼저 석사 과정 동안 많은 조언과 가르침을 주신 도양희 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 저의 논문 심사를 맡아주시고, 소중한 충고와 조언을 해주셨던 고성택 교수님, 고석준 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

학부 시절부터 함께하며 부족한 저를 도와주고 서투른 나를 챙겨주느라 고생한 형찬이, 정범이, 현우를 비롯한 전자공학과 선배님들과 후배님들께 깊은 감사드립니다. 선후배님들에게도 그 동안의 즐거운 추억들이 영원하길 바랍니다.

또한 본 학위 논문 연구의 기초 자료를 제공해주신 제주테크노파크 고용제 단장님을 비롯한 테스트베드사업단 모든 분들께도 감사의 말씀 전합니다. 논문 내용이 수정 될 때마다 내용을 다시 읽어 주시고 조언해주신 이권익 팀장님, 기초 이론이 부족한 저를 위해 관련 자료를 찾아 설명해 주신 김성태 전임연구원님, 논문을 빨리 완성하라고 옆에서 독려해준 동민이와 숙희에게 진심으로 고마운 마음을 전하고 싶습니다.

2년 전 논문 아이디어를 위해 같이 고민해 주신 성훈이 형, 전과 기초부터 실무까지 무엇이든 가르쳐 주려고 노력해 주신 형도 형, 연구 아이디어와 인생 상담까지 해 주신 봉석이 형까지 지금은 옆에 없지만 당신들이 있었기에 이 연구가 시작되었고 이렇게 논문이 완성되었음에 감사드리고 싶습니다.

그리고 항상 잔소리스럽게 논문을 독려해준 사랑하는 나의 아내와 이제 태어날 우리 아기에게도 항상 고맙고 사랑한다는 말을 전합니다.

마지막으로 지면으로 통해서 일일이 언급을 하지 못했지만 그 동안 저를 아끼고 사랑해주신 모든 분들께 다시 한 번 진심으로 감사드립니다.

2014년 2월 김 형 진