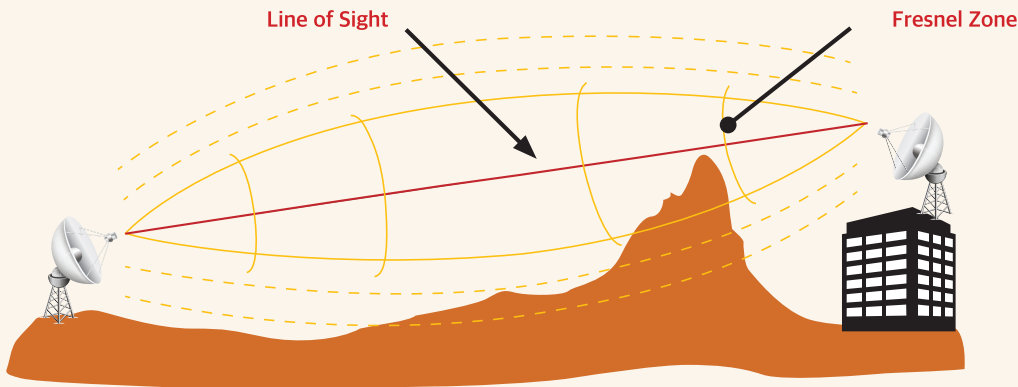


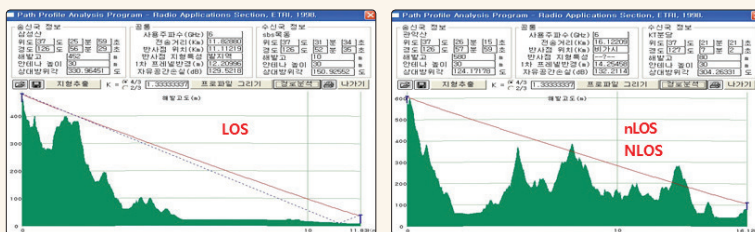
마이크로웨이브통신 링크기술

마이크로웨이브 통신망을 설계할 때는 잠재적 문제를 모두 고려하여야 한다. 마이크로파 링크가 성공하려면 명확한 경로가 중요하다. 마이크로파 신호를 차단할 수 있는 높은 지형과 같은 자연적인 장애물과 인위적인 장애물(고층건물, 장애 가능성 포함)은 모두 피해야 하며, 전파경로 아래의 평평한 지형은 바람직하지 않은 반사를 일으킬 수 있다. 또한 호수, 강과 같은 물 표면에서 전파빔이 반사할 수 있기 때문에 고려하여야 한다. 이는 직접 수신되는 신호와 반사되어 도달되는 신호 간에 간섭하여 다중경로 페이딩을 일으켜 사용 불가능한 상태까지 이르게 된다. 마이크로웨이브 통신은 반사 없이 직접 도달하는 직접파만을 사용한다. 강우는 일부 마이크로파 에너지를 흡수하거나 산란시킬 수 있다. 마이크로웨이브통신 구축 과정에서 전파 경로에 영향을 미칠 수 있는 지형 및 프레넬 영역에 대한 정보를 제공하는 경로 프로파일을 만들어 관리되어야 한다. 마이크로웨이브 링크설계에 검토되어야 하는 전파경로분석의 몇 가지 기본적인 사항을 소개한다. 링크설계에 동원되는 수많은 공학 관련한 공식 등은 생략한다.



가시경로 (LOS, Line Of Sight)

마이크로웨이브는 높은 주파수(GHz) 대역을 사용하기 때문에 두 지점 사이에는 가시경로(Line Of Sight)가 필요하다. 이 같은 경로를 빛의 가시선을 따서 전파의 가시선이라 한다. 두 지점에 있어서 전파의 가시선에 미치는 장애물이 없을 때만이 통신이 가능하다. 또한



LOS(Line of Sight) 무선링크 가능

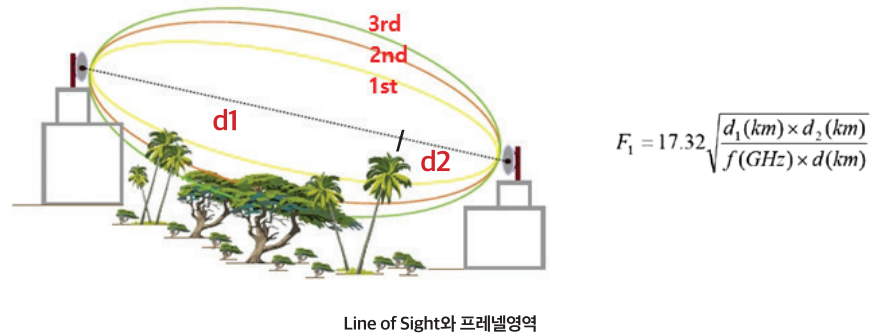
NLOS(Non Line of Sight) 링크 불가능

전파 빔의 감쇠를 피하기 위해 첫 번째 프레넬 영역(F1) 이라고 불리는 빔 주변의 영역에는 장애물이 없어야 한다. 프레넬 영역의 물체 등은 원하지 않는 감쇠가 발생한다. 이러한 이유로 마이크로웨이브 통신소는 높은 산 정상상을 이상적인 장소로 이용하고 있다.

프레넬 영역 (Fresnel Zone)

두 지점 간에 진행되는 빛의 경로를 광학적인 가시선이라 한다. 광학적인 가시선에 장애물이 없으면 전파의 가시선은 방해받지 않

는다. 표준 대기상태에 있어서 직접파는 전파의 가시선에 따라 진행하는데, 프레넬영역이란 진행하는 전파신호의 동심 타원궤적을 말한다. 두 지점 사이를 연속적으로 그려 보았을 때, 양측 안테나 근처에서 타원궤적은 좁다. 그러나 경로 중간지점에서는 타원궤적이 가장 크게 형성되는 입체영역을 말한다. 주파수가 높아지면(파장이 작아짐) 전파빔의 폭이 좁아져 가시거리에 유리하다. 제1프레넬 영역은 일정 지점에서 전파경로 양 끝까지의 거리의 합이 두 지점간의 직선거리보다 $1/2\lambda$ 만큼 큰 모든 지점을 포함하는 영역이다. 제 n번째 프레넬 영역은 제1프레넬 영역과 같은 조건에서 거리의 차가 $n \times 1/2\lambda$ 인 모든 지점을 포함하는 영역을 말한다. 두 지점 간에 완전한 가시거리가 되기 위해서는 제1프레넬 영역에 물체 등에 의한 장애물이 없어야 한다.

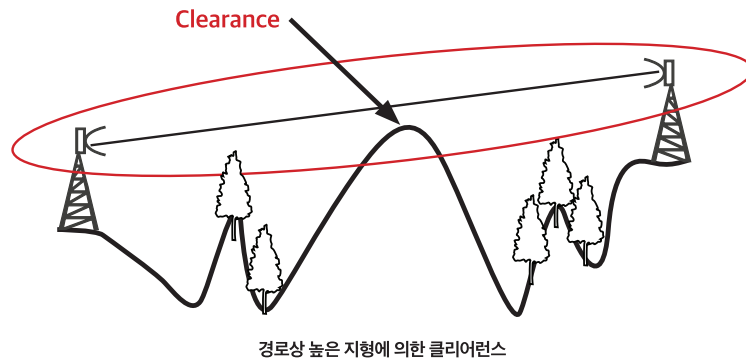


클리어런스 (Clearance)

두 지점 간의 지상 마이크로파는 지표면에 인접하여(수십m~수백m) 대기상에서 공간으로 전파한다. 대기상태에 따라 직진파가 아닌 아래로 휘어지는 현상이 나타난다. 이에 따라 전파경로와 지표면과의 이격통로 높이를 클리어런스라고 한다. 대기상태의 변동에 의해 등가지구반경(k 값)이 변화된다. 가시거리 판정기준은 지역, 기후, 시스템 신뢰도 특성에 따라 달라질 수 있기에 가시 판정을 위한 요구되는 클리어런스 높이는 해당 k 값으로 지형과 전파 경로와의 요구거리를 제1차 프레넬영역(F_1)으로 나타낸다. 따라서 등가지구반경계수(k) 및 클리어런스를 고려한 마이크로파 가시거리 경로 판정은 아래와 같다.

- 내륙전송로 : $k = 4/3$ 에서 1.0 F_1
 $k = 2/3$ 에서 0.3 F_1
- 해안 및 해상 : $k = 1/2$ 에서 0.0 F_1
- 공간다이버시티구간 : $k = 4/3$ 에서 0.6 F_1

클리어런스는 전파경로 분석에 불가결한 것으로 k 값의 변화에 따른 프로파일을 작성하여 마이크로웨이브 경로에 타당한가를 확인할 필요가 있다.

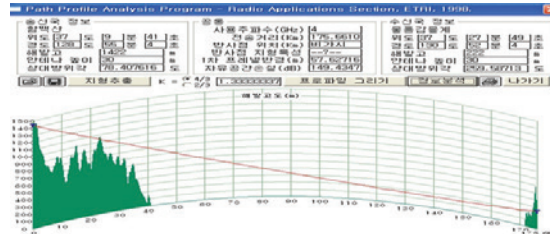


지형단면도 (Path Profile)

전파의 가시선상에 장애물이 있는지 없는가를 결정하기 위하여 측면도를 작성할 필요가 있다. 두 지점 사이에 전파의 진행방향을 지형 단면도 상에 일직선으로 표기하는 것을 말한다. 지형단면도를 이용하여 마이크로파 경로의 가시거리 판정을 한다. 또한 장기적

안목의 보호대책을 강구하기 위하여 필요한 필수 작업이기도 하다. 두 지점간의 마이크로파는 지표면 쪽으로 휘어져서 전파하게 되며, 이는 곧 가상 지표면 높이가 높아진 것과 같은 효과를 낸다. 그러므로 도상검토에 의한 가시여부와 비교될 수 있고, 무선망 설계 시 사전에 검토되어야 한다. 즉 두 지점 간의 안테나를 잇는 직선경로가 아니라 곡선경로가 된다. 이러한 곡선경로는 대기굴절률의 시간에 따른 불규칙한 변동으로 인해 그 휘어짐 정도가 변화한다. 일반적인 상황에서 전파경로가 아래로 구부러져 지구의 등가곡률이 6,370km에서 약 8,500km(4/3 등가반경 효과)로 증가함에 따라 주요 거리가 가능하며, 경로 검토 시 규격화된 지형단면도 용지에 이러한 사항을 계산하여 표시한다. 휘어진 전파경로의 직선화로 도식화가 가능하고 가시거리 여부를 확인 할 수 있다. 전파 가시거리는 표준 대기에서 기하학적 가시거리보다 $\sqrt{4/3}$ 배 만큼 멀어지게 된다.

$$* 6,370(\text{km}) \times k(4/3) = 8,493(\text{km})$$



지형 단면도(Path Profile)

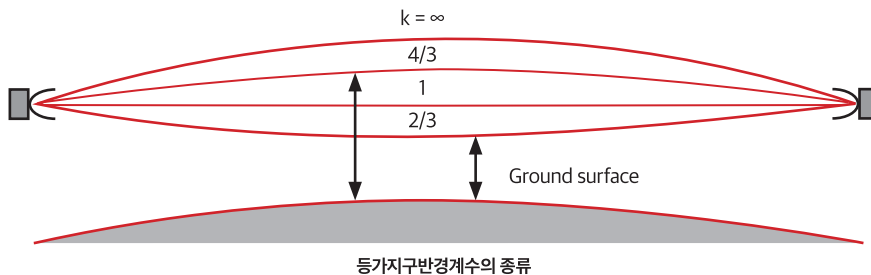
등가지구반경계수 (k)

대기의 굴절률은 온도, 기압, 습도 등에 영향을 받는다. 보통 지표면으로부터 높이의 함수로 주어진다. 가시거리의 마이크로파에서는 수평방향으로의 영향은 미소하고 수직방향으로 영향이 있는 것으로 알려지고 있다. 정상적인 대기에서는 고도가 높아지면 굴절률 값은 일정하게 작아진다. 송수신 경로를 잇는 전파경로는 일정한 곡률을 갖고 지표면을 따라 휘게 된다. 지형단면도를 작성할 때 감안하여야 하는 가장 중요한 인자이다. K값은 변화 가능한 인자로 전파경로 가시여부 판정 시 고려하여 검토가 필요하다.

지구반경과 대기조건에 의하여 달라진 전파통로를 감안한 K값은 대기상태에 따라 다르고 위도에 따라서도 변한다. 또한 계절에 따라서도 여름에는 겨울보다 약간 크다. 지구상의 남쪽지방이 북쪽보다 약간 크게 나타난다. 전파의 굴절을 고려하여 등가적으로 해석하는 지구반경과의 비를 지구등가 반경계수($k = \text{등가지구반경}/\text{실제지구반경}$)라고 한다.

- 한냉지역 : $k = 6/5 \sim 4/3$
- 온대지역 : $k = 4/3$
- 열대지역 : $k = 4/3 \sim 3/2$
- 해안해상 : $k = 1/2$

국내의 경우 온대지역으로 해석하여 $k=4/3$ 를 일반적으로 사용하고 있다.



수신신호 레벨의 설계 (Receive Carrier Level)

수신신호레벨 계산은 무선장비를 시설하기 전에 반드시 검토되어야 한다. 송신된 신호가 수신단에 도달하기까지 얼마만 한 세력으로 수신되는지를 계산 분석하는 것이다. 이 방법은 정량적으로 이득 증감에 따른 가감산으로 간단하게 계산할 수 있다.

$$\circ \text{수신레벨(dBm)} = \text{총이득(dB)} - \text{총손실(dB)}$$

$$- \text{총이득(dB)} = \text{송신출력} + \text{송신안테나 이득(dBi)} + \text{수신안테나 이득(dBi)}$$

$$\begin{aligned} \text{총손실(dB)} = & \text{자유공간손실} + \text{급전선손실} + \text{결합손실(커넥터+필터+써큘레이터)} + \\ & \text{안테나 레이돔 손실} + \text{환경손실(Field Margin)} \end{aligned}$$

계산순서에 의해 송신신호가 수신단에 도착했을 때의 신호크기를 계산할 수 있다. 이 방법은 무선통신 어느 주파수대의 통신방식에도 적용된다. 단지 환경에 따른 추가되는 손실만을 더해주면 된다.

* 환경손실(Field Margin), 무선장비 설치공사에 따른 현장작업 손실을 감안해 주는 환경마진이다. 직접구간 2dB, 반사판구간 3dB, Back to Back 구간 5dB를 적용한다.

* 자유공간손실(Free Space Loss, FSL), 자유공간에서 전파의 손실.

$$92.4 + 20 \log F(\text{주파수, GHz}) + 20 \log D(\text{거리, Km})$$

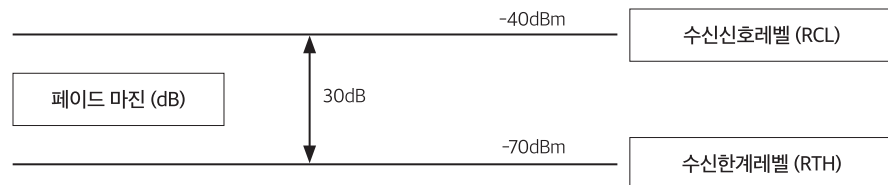
페이드 마진 (Fade Margin)

무선통신에서 페이드 마진은 매우 중요하다. 공간상태에 따라 시시각각 변화하는 페이딩에 대처하기 위해서는 적절한 수신신호의 여유 레벨이 필요하다. 페이드 마진은 페이딩 시 저하되는 수신 신호레벨 변동을 고려하여 적절한 값의 레벨 여유를 주는 것을 말한다. 일반적으로 얼마만큼의 수신신호 여유 레벨을 주어야 하는지 예측해 보기란 상당히 힘들다. 그러나 장기간에 걸쳐 운용한 결과를 감안하여 보면 경로거리와 환경에 따라 다를 수 있다. 대략 40dB 내외의 페이드 마진이 필요하다. 여기서 언급한 페이드 마진은 열잡음 페이드 마진을 말한다. 디지털 시스템에서 분산페이딩 마진은 통신품질에 큰 영향을 미친다. 수신기의 최소허용 수신레벨이 -70dBm 이고 수신신호의 세기가 -40dBm이라면 이때 페이드 마진은 30dB의 여유를 가지고 있다고 한다. 보통 마이크로웨이브 대역에서 페이드 마진 값은 30~40dB 정도로 설계하고 있다. 결국 수신신호레벨(RCL)의 설계는 통상 -35dBm 근처를 표준으로 하고 있다. 페이드 마진을 높이기 위해서는 크기가 큰 안테나 또는 고출력 송신기를 사용함으로써 시설비용이 높아지게 된다.

○ 페이드 마진(dB) = 수신신호레벨(RCL) - 수신한계레벨(RTH)

* RCL : Receive Carrier Level, -dBm

* RTH : Receive ThresorId Level, -dBm, 최소허용수신레벨



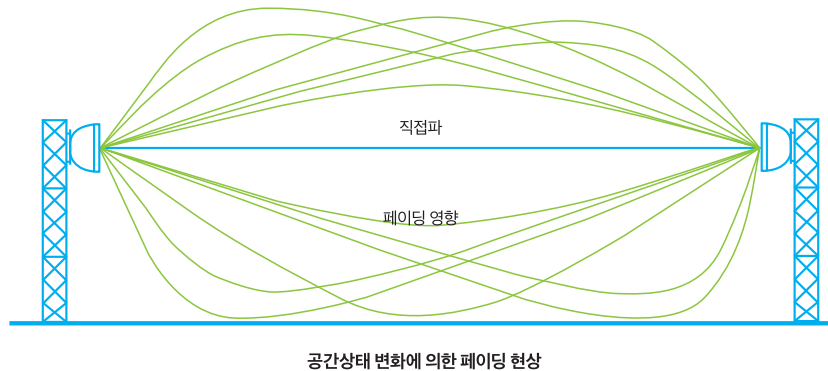
수신신호레벨과 페이드마진

마이크로웨이브 최소허용수신 신호레벨(임계레벨,한계레벨)은 장비제조 회사별로 약간의 차이가 있으나 보통 -65dBm ~ -75dBm으로 하고 있다.

무선통신의 취약점, 페이딩 (Fading)

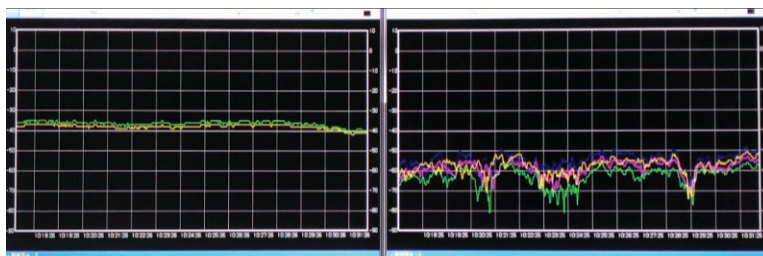
무선통신은 공간을 매체로하여 통신을 한다. 페이딩이란 공간의 상태 변화에 의해서 수신신호 강도가 변화되는 현상을 말한다. 수신 신호에 손실이 발생하면 그만큼 증폭하면 그만이다. 그러나 손실이 일정한 양 만큼 발생하는 것이 아니라 시간적으로 변동하는데 문제가 있다. 이것은 공간의 상태가 여러 복합적 요인에 의해서 시간적으로 변동하는데 기인하며, 공간의 상태가 변동되면 전파의 수신 강도가 시간적으로 변동된다. 시간적으로 변동하는 신호를 수신하면 신호레벨 역시 변동될 것이다. 이렇게 공간의 상태 변화에 의해서 수신되는 신호강도가 시간적으로 변화되는 현상을 페이딩(Fading)이라고 한다. 이 현상은 통로를 달리하는 2개 이상의 전파가 간

섭한 결과로 무선통신에 장애를 준다. 실제 시스템상에서는 자동이득제어(AGC, Automatic Gain Control) 등의 여러 기술을 동원하여 페이딩을 방지하고 있다. 이러한 조치에도 불구하고 페이딩 현상이 관측될 때가 많다. 무선통신의 경우는 대기의 영향이나 전파의 지표반사 등 여러 가지 주변 여건에 따라 수신신호레벨이 변화하는 경우가 있다. 수초 이내에 빠른 페이딩을 가지는 경우도 있고 페이딩 유지시간이 길어지는 경우도 있다. 발생 원인에 따라 크게 간섭성, 감쇠성, 회절성, 흡수성 페이딩으로 나눈다.



마이크로파 페이딩의 발생원인

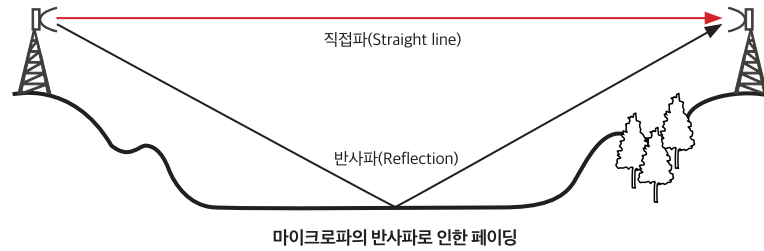
- **간섭성** : 반사 혹은 굴절 등에 의해 전파통로의 길이가 다른 2개 이상으로 수신하면 각 수신파의 위상차에 의해 합성 전계강도, 진폭, 지연, 주파수 특성이 변하는 것을 말한다.
- **감쇠성** : 송·수신 안테나의 높이가 비교적 낮고 중계간격이 매우 긴 경우에 발생한다. 이는 주파수가 높을수록 영향을 받는다.
- **회절성** : 산악 등과 같은 차폐물에 의한 회절전파로에 있어서 K값의 변동에 의해 수신전계 강도가 변화하는 것이다. 마이크로웨이브에서는 잘 생기지 않는다.
- **흡수성** : 전파경로에 비, 눈, 안개, 기체분자에 의한 흡수, 산란 때문에 전파가 감쇠하는 현상이다. 10GHz 이상 되는 주파수에서 영향을 받는다.



실제 페이딩 영향을 받을 때 수신신호 변동(오른쪽)

공간 환경과 페이딩의 관계

페이딩은 공간 환경에 따라 변화가 많다는 것은 외국의 자료나 ITU-R 자료에서 볼 수 있다. 페이딩에 관한 연구와 측정은 단시간에 결과가 도출될 수 없는 실정이므로 많은 시간이 필요한 분야이다. 발표된 자료를 보면 페이딩의 원인을 연구하기 위해 연관성을 찾고 노력하고 있는 것을 볼 수 있다. 마이크로파는 경로상 지형, 온도, 습도, 풍속, 대기밀도에 의한 굴절을 변화에 의한 상관관계가 있다. 국내에서 페이딩이 가장 많이 발생하는 기간은 봄부터 여름까지 약 3~4개월 동안으로 집계되고 있다. 봄에 바람이 적고 따뜻한 날에 멀티패스 페이딩이 발생하고 있다. 반면, 추운 겨울 기후에는 페이딩이 현격하게 줄어든다. 우기철 10GHz 이상 주파수 대역에서는 강우 감쇠에 의한 페이딩 많이 발생되고 있다. 단지 페이딩 발생확률은 기후, 지형, 경로거리, 사용주파수 등 전파경로의 복합적인 공간 환경에 의해 어느 정도 예측이 가능한 것으로 실험결과 확인되었을 뿐이다.



페이딩 발생확률 파라미터

페이딩은 어떠한 원인에 의해 발생되는지 또 어느 파라미터에 가중치를 두면 예측이 가능한지에 대한 여러 자료가 있다. 이 또한 나라 별 전파환경과 특성이 다르므로 만족할 만한 권고식이 주어지지 못한 상태이다. 이러한 이유로 페이딩은 확률식으로 표현한다. 현장 실험을 통해 개략적으로 확인된 페이딩은 여러 가지 파라미터와 발생 상태를 비교하여 정량화시킨 결과, 그중 페이딩 발생이 많이 일어나는 전파환경을 알 수 있다. 페이딩 발생확률은 다음과 같은 파라미터에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

○ 지형에 따른 페이딩 확률

- 일반지형(내륙의 구릉, 평탄 산악지대) = 1.0(기준)
- 산악지형(건조한 내륙, 산악지대) = 0.25(배)
- 해월구간, 매우 평탄한 지형 = 4(배)

○ 기후에 따른 페이딩 확률

- 일반내륙 온도, 북위도 기후 = 1.0(기준)
- 산악 혹은 건조기후 = 0.5(배)
- 해안 또는 고온 다습기후 = 2(배)

○ 거리에 따른 페이딩 확률

- 거리의 평균 3제곱 ~ 3.5제곱 비율로 페이딩 확률 증가
- 거리가 2배 될 때 페이딩 확률 8배 깊이 증가
(9dB 확률증가 + 손실 6dB = 15dB의 페이딩 가능성 증가)

○ 주파수에 따른 페이딩 확률

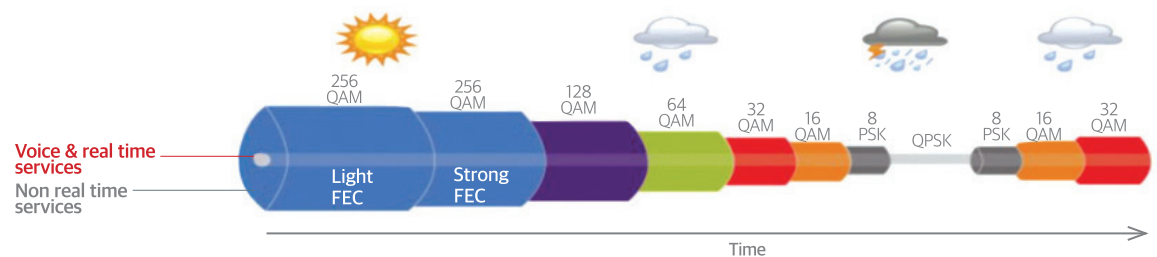
- 주파수에 대해 1.2제곱 비율로 확률 증가
- 낮은 주파수 사용으로 페이딩 경감에 유리
- 1GHz 주파수를 올릴 경우 1.08배 확률 증가

페이딩의 대책

전파경로를 짧게 하면 페이딩을 줄일 수 있다. 또한 페이딩 발생확률 파라미터를 비교하면 페이딩을 어느 정도 줄일 수 있다. 요즘은 통신방식의 발전으로 페이딩 영향 시 스스로 변조방식을 바꾸어(ACM 변조, Adaptive Coding and Modulation) 페이딩에 대처하고 있다. 마이크로웨이브 통신에서는 수신신호가 불규칙적으로 변화하는 페이딩이 있는데 이러한 페이딩은 안테나의 설치위치, 주파수, 편파면 등에 따라 동시에 발생할 확률은 낮다. 그래서 상호관계가 적은 두 인자를 합성 또는 선택하여 페이딩 영향을 감소시키는 방법이 있다. 그 종류에는 공간다이버시티(S/D), 주파수다이버시티(F/D), 편파다이버시티(P/D), 각도다이버시티(A/D) 등이 있다. 다중경로 페이딩 감소책으로 수신전용 안테나를 추가하여 2개의 안테나로 간격을 두어 공간다이버시티 방식으로 경감할 수 있다. 또는 주파수를 이격하여 배치하는 주파수 다이버시티 방식으로 영향을 완화할 수 있다.

1) 강우감쇠 (Rain Fall)

강우감쇠는 고주파 에너지가 빗방울에 의해 흡수되거나 산란되어 수신신호 세력을 저하시키는 현상이다. 10GHz 이상에서 강우감쇠는 전파경로의 손실을 증가시키는 주요 요인이다. 강우량, 온도, 편파, 주파수 등에 밀접한 관계가 있다. 전파의 편파에 따라 강우 감쇠량도 약간의 차이를 보인다. 이는 빗방울이 낙하하면서 공기의 마찰로 인하여 옆으로 더 넓어진(수평방향으로 넓어져) 형태이기 때문

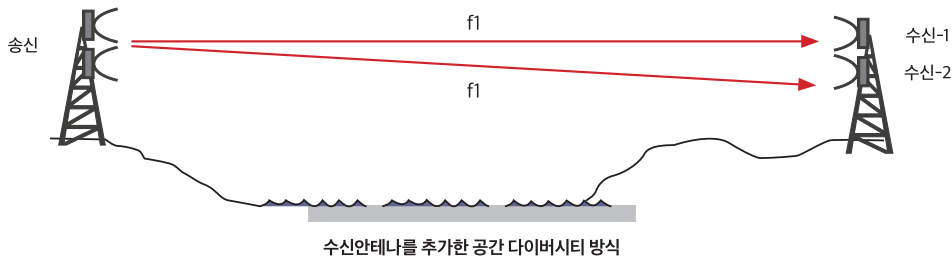


강우영향으로 인한 수신신호 레벨저하 및 회선용량 감소

이다. 전파의 수평편파보다 수직편파를 사용하면 강우에 의한 감쇠의 영향을 어느 정도(약 1dB/Km당) 막을 수 있다. 또한 낮은 주파수를 사용하면 강우감쇠를 최소화할 수 있다.

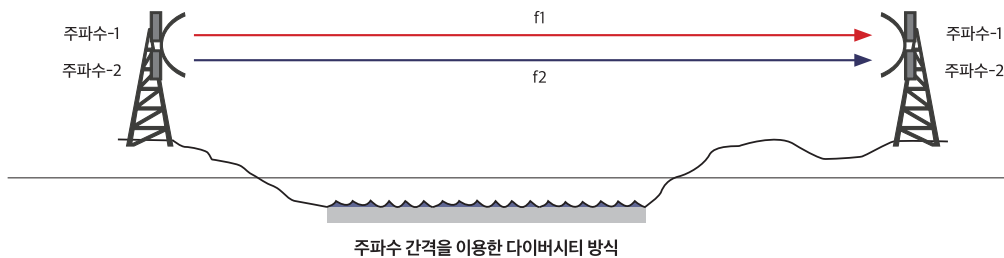
2) 공간 다이버시티 (Space Diversity)

송신된 전파를 수신측에서 일정 거리 만큼 떨어진 위치에 두 개 또는 그 이상의 수신안테나를 설치하는 방식이다. 2개의 수신안테나 신호세력을 합성하여 사용하거나 그 중 좋은 신호 하나를 선택하여 사용하기도 한다. 서로 다른 2개의 안테나 위치는 위, 아래 또는 좌, 우 모두 가능하다. 그러나 실제로는 철탑공간이 협소하여 위, 아래 위치로 안테나를 설치하여 사용한다. 다이버시티 안테나 2개 간의 간격은 사용 주파수에 따라 다르다. 보통 6~23m 정도가 적당하다. 장거리 경로와 해상경로에서 많이 사용하는 방식이다. 페이딩 최소화를 위한 안테나 이격거리는 사용 주파수(6~12GHz)에 따라 10~7m 정도 거리를 두고 설치한다.



3) 주파수 다이버시티 (Frequency Diversity)

하나의 안테나에 동일한 정보를 주파수가 다른 2대의 송신장비로 보낸다. 수신측에서는 주파수가 다른 2대의 수신장비로 신호를 수신하는 방식이다. 2개의 수신주파수 신호 중에서 양호한 신호를 선택하거나 합성하여 사용한다. 주파수 이용효율 측면에서 불리하기 때문에 많이 사용되는 방식은 아니다. 마이크로웨이브 통신에서는 주파수 다이버시티를 변형한 멀티라인(ML, Multi Line) 방식을 많이 사용하고 있다. 이것은 1 대의 예비장비와 여러 대의 운용장비를 두어 운용하는 방식이다. 운용장비가 고장나면 예비장치로 전환하여 시스템의 신뢰도를 향상시키는 N : 1 보호방식이다.



4) 편파 다이버시티 (Polarization Diversity)

반사된 전파의 편파(수직, 수평)가 변동되는 편파성 페이딩이 있다. 편파성 페이딩을 개선하기 위하여 수신 안테나를 서로 직교시켜 두 파를 합성하는 방식이다. 2개의 신호를 서로 편파가 다른 안테나를 이용하는데 이 방식 이용은 활발한 편은 아니다. 그러나 마이크로파에서는 서로 다른 정보를 1개의 주파수에 수직편파와 수평편파에 동시사용(co-ch, XPIC 기술)으로 주파수 이용 효율을 증대시키고 있다.

5) 각도 다이버시티 (Angle Diversity)

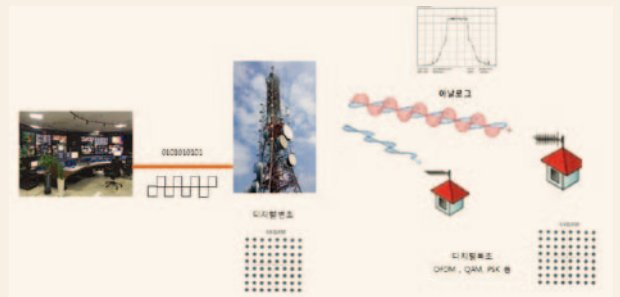
수신 안테나에 제각기 도달되는 전파의 입사각이 다르게 수신되게 하는 방식이다. 안테나에 2개의 방사기(Feed-Horn) 각도를 약간 다르게 안테나 개구면에 부착하는 방식을 사용한다. 공간 다이버시티 방식보다는 효과가 약하여 이용이 드물다.

지상파 디지털 방송의 전파는 아날로그 신호이다

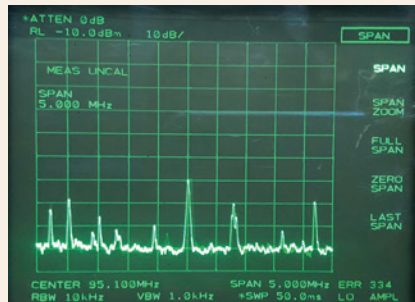
지상파 방송은 송신소에서 전파를 통해 방송신호를 송신합니다. 송신된 신호는 주택의 안테나 또는 공시청 안테나 설비를 이용하여 직접 방송을 수신하는 방식입니다. 물체의 움직임과 소리는 아날로그입니다. 이러한 아날로그 신호를 디지털 형식으로 바꾸어 보내고 수신하는 방식을 디지털 방식이라 합니다. 종전의 아날로그 방송은 주파수를 이용한 아날로그 형식으로 방송하였습니다. 지금의 디지털 방송은 기존의 아날로그 방송과 달리 방송신호를 부호화하여 디지털 형태로 압축하여 보냅니다. 아날로그는 연속적인 신호의 형태를 가지고 있으나, 디지털은 0과 1로만 존재하는 형식입니다. 그렇다면 안테나를 통하는 지상파 디지털 방송(UHDTV, HDTV 등)의 전파도 0과 1의 디지털 형식 인가요?

“주파수를 이용하는 지상파 디지털 방송의 전파는 아날로그 신호입니다”

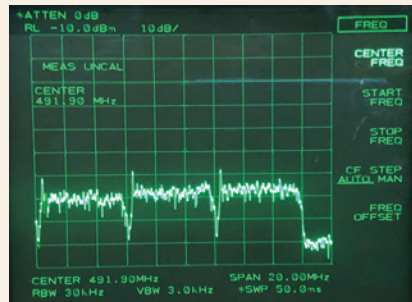
디지털 방송은 주파수(VHF, UHF)를 이용해 디지털 변조하여 아날로그 전파로 송신하는 것이지 0과 1의 디지털 형태를 안테나로 바로 보내는 것은 아닙니다. 수신되는 아날로그 주파수에서 다시 디지털 신호로 복원하는 것입니다. 전파는 전기장과 자기장의 성분으로 구성된 파동(주파수)으로 이루어진 아날로그입니다. 주파수를 이용하여 공간으로 보내고 받는 무선통신의 전파는 아날로그입니다. 실생활에 이용 중인 휴대폰, Wi-Fi, 블루투스, GPS 등도 안테나를 통한 전파 신호는 아날로그입니다. 



주파수를 이용하는 전파는 아날로그 신호이다



라디오방송 주파수

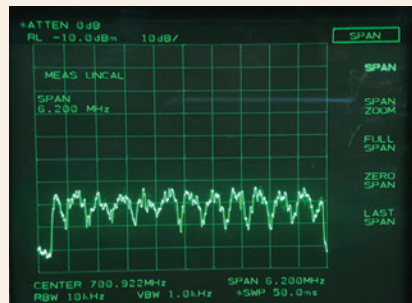


HD/UHD TV방송 주파수(UHF)



HDTV 방송주파수 (8-VSB 전송)

* HDTV 1개 채널, 6MHz 대역폭을 가짐



UHDTV 방송주파수 (OFDM 전송)

* UHD 1개 채널, 6MHz 대역폭을 가짐