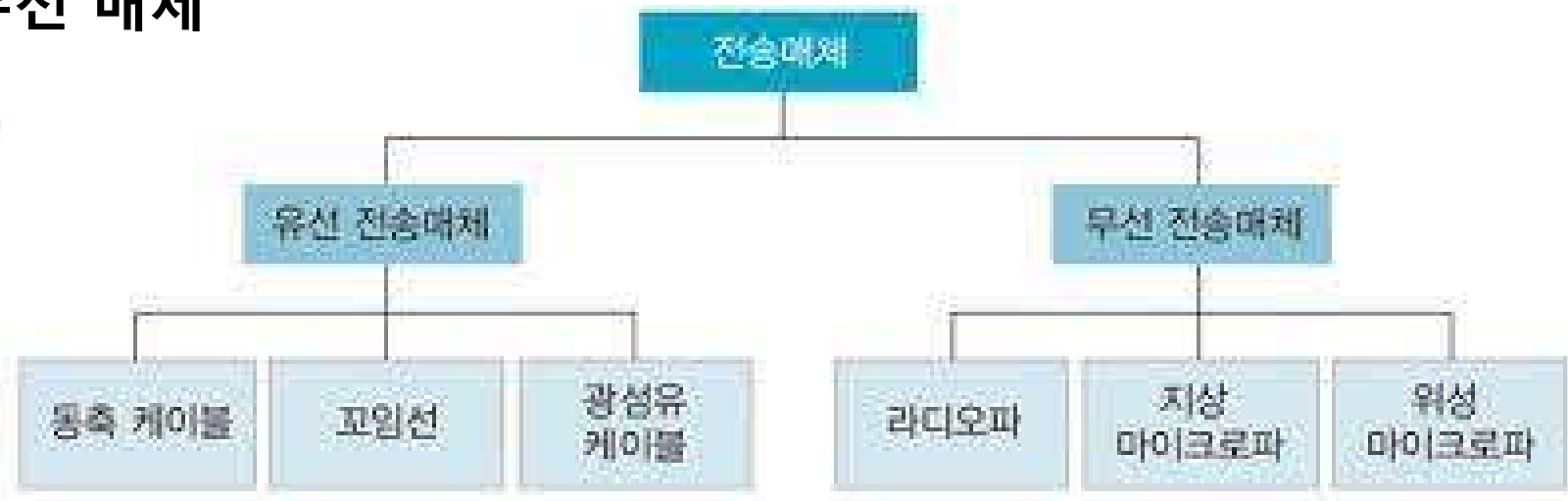


# 컴퓨터 네트워크

## 제 8 장 전송매체

## 8.2 무선매체

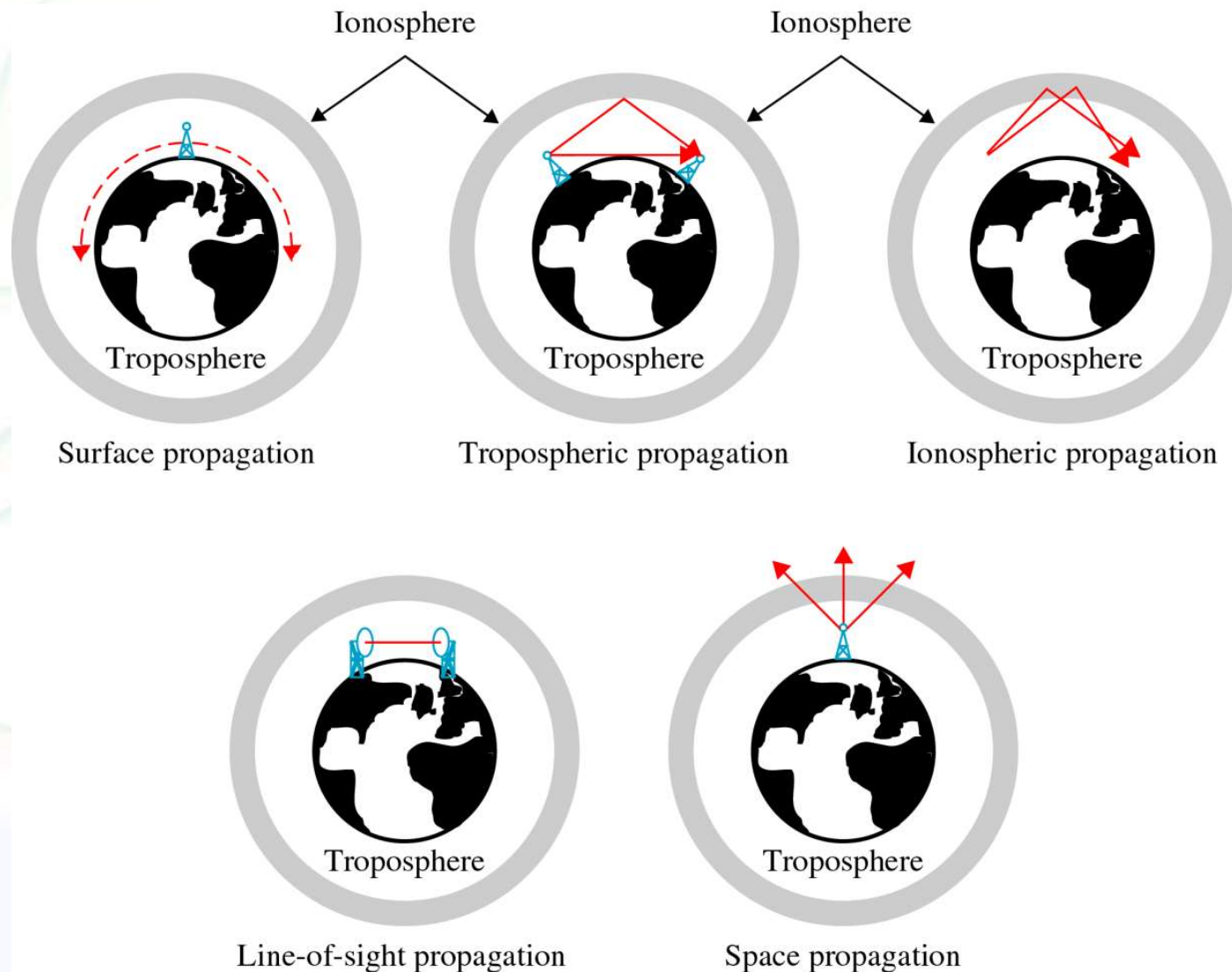
### 무선 매체



## 8.2 무선매체

무선파의 전달

✓ 전파 유형



## 8.2 무선매체

### 전파 유형

#### ✓ 지표면 전파

- 대기권의 낮은 부분을 통하여 전달

#### ✓ 공중 전파(대류권 전달)

- 2가지 방법이 있는 데  
안테나에서 안테나로 전파

대기권의 높은 층으로 각도를 주어 방송하며 반사되게 한다

#### ✓ 전리층(Ionosphere) 전파

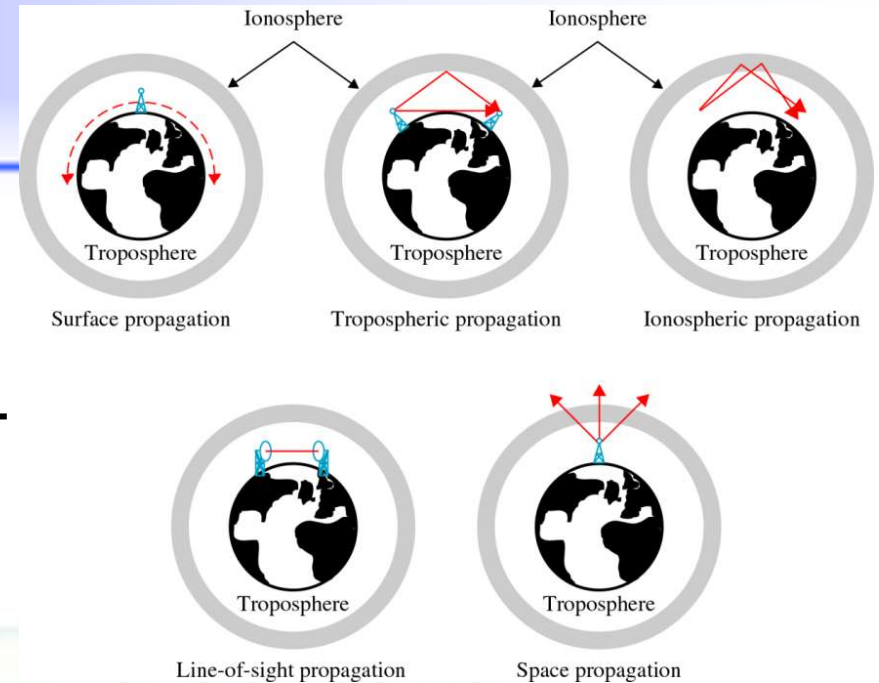
- 높은 주파수 무선파를 전리층으로 방출하면 지구로 반사되어 돌아온다

#### ✓ 가시선(Line-of-Sight) 전파

- 안테나에서 안테나로 높은 주파수 신호를 전파

#### ✓ 우주공간 전파

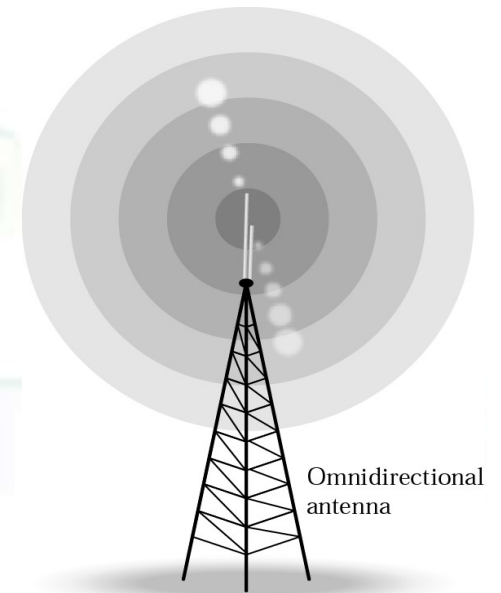
- 우주공간의 인공위성을 이용하여 중계



## 8.2 무선매체

### 라디오파

- ✓ 마이크로파에 비해 낮은 대역
- ✓ 라디오파는 **빛의 속도**(1초에 30만km)로 정보를 전달
- ✓ 대부분의 고체, 진공, 대기를 통과
- ✓ 3KHz ~ 300GHz
- ✓ **전방향 전파**
- ✓ 벽을 통과
- ✓ 같은 주파수를 사용하여 전송하는  
안테나에 방해 받음
- ✓ 라디오파는 라디오 및 텔레비전 등과 같은  
멀티캐스트(일대다)에 사용



## 8.2 무선매체

### 방송용 무선 라디오파 (Radio Frequency Wave)

- ✓ 고정된 선로 전송지점과 분산 컴퓨터 사이에 무선 링크를 제공
- ✓ 기지국 중심으로 사용자들의 밀도가 높은 곳이나 광범위한 적용 지역의 서비스에 적합

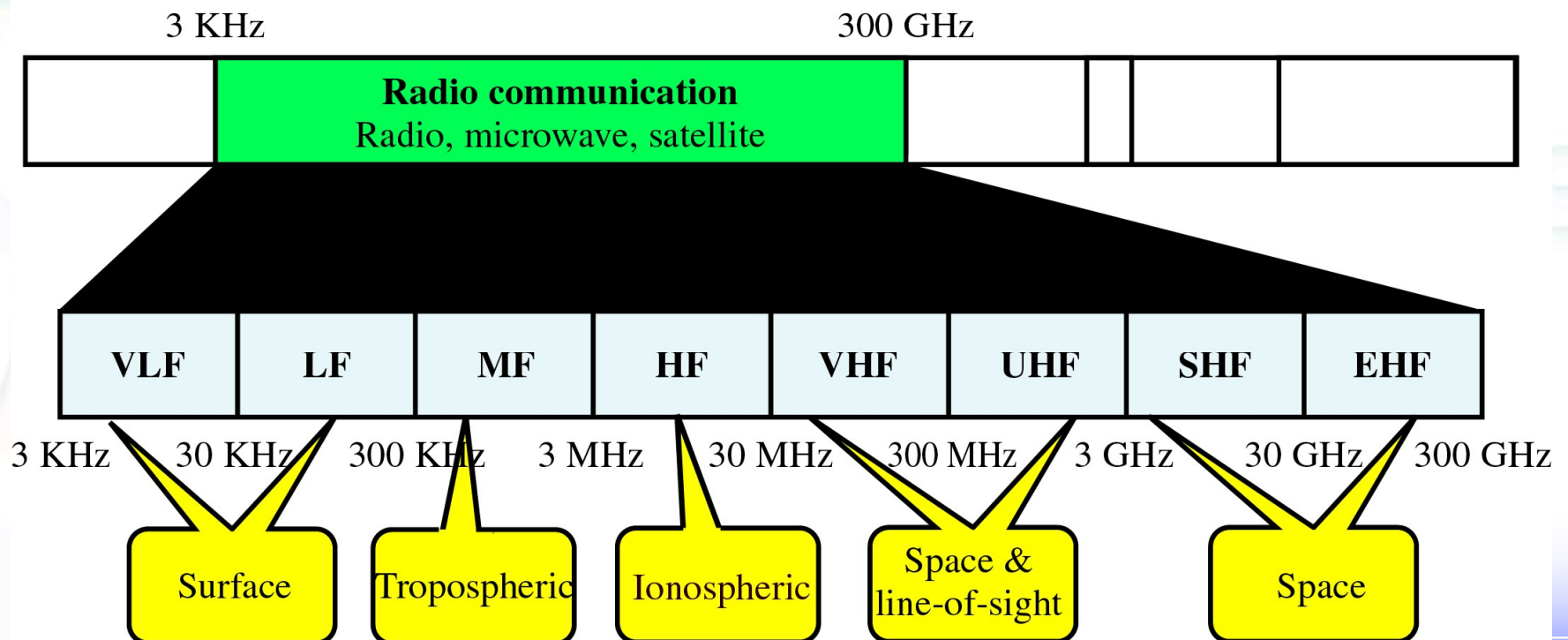
등급	약어	주파수대역	자유공간 파장
초장파(Very Low Frequency)	VLF	9KHz -30KHz	33km-10km
장파(Low Frequency)	LF	30KHz -300KHz	10km-1km
중파(Medium Frequency)	MF	300KHz -3MHz	1km-100m
단파(High Frequency)	HF	3MHz -30MHz	100m-10m
초단파(Very High Frequency)	VHF	30MHz -300MHz	10m-1m
극초단파(Ultra High Frequency)	UHF	300MHz -3GHz	1m-100mm
초고주파(Super High Frequency)	SHF	3GHz -30GHz	100mm-10mm
마이크로파(Extremely High Frequency)	EHF	30GHz -300GHz	10mm-1mm

## 8.2 무선매체

### 무선 주파수(Radio Frequency)

VLF Very low frequency  
LF Low frequency  
MF Middle frequency  
HF High frequency

VHF Very high frequency  
UHF Ultra high frequency  
SHF Super high frequency  
EHF Extremely high frequency



## 8.2 무선매체

- 특정 신호 전파

- ✓ 무선 전송에서 사용되는 전파 유형은 신호의 주파수(속도)에 따라 다르다

VLF(Very Low Frequency, 초장파) ; 3-30 KHz

- ✓ 지표면으로 공기를 통해 전달, 때때로 바다물을 통해 전달
- ✓ 장거리 라디오 항법 장치 또는 잠수함 통신에 이용

LF(Low Frequency, 장파) ; 30~300 KHz

- ✓ 표면파로서 전달
- ✓ 장거리 라디오 항법과 무선 표시 또는 항법 위치기에 이용
- ✓ 파장이 3000m 이상으로 아주 길어서 멀리 나가므로 원거리통신

MF(Middle Frequency, 중파) ; 300 ~ 3000 kHz

- ✓ 파장이 100m~1000m범위
- ✓ 대류권내에서 전달
- ✓ 전리층에 의해 흡수
- ✓ AM 라디오, 해상 라디오, 목적지 탐색(RDF: radio direction finding), 응급 주파수를 포함한 MF 전송에 사용



## 8.2 무선매체

### HF(High-Frequency; 고주파) ; 3~30MHz

- ✓ 파장을 기준으로 SW(short wave, 단파, 10~100m)
- ✓ 전리층 전달을 이용
- ✓ 아마추어 무선(ham radio), CB(Citizen's band) 라디오, 국제 방송, 원거리 항공 항해 통신, 전화, 전신, 팩시밀리를 포함한 HF 신호에 사용

### VHF(Very High Frequency; ; 초고주파) ; 30~300MHz

- ✓ 파장 1~10m
- ✓ line-of-sight전파 사용
- ✓ VHF 텔레비전, FM 라디오, 항공 AM 라디오, 항공 항법에 사용

### UHF(Ultra High Frequency; 초고주파) ; 300MHz~3GHz

- ✓ line-of-sight 전파 사용
- ✓ UHF 텔레비전, 이동 전화, 셀룰라 폰, 무선호출기, 마이크로 파 링크에 사용

## 8.2 무선매체

---

SHF(SuperHigh Frequency, 초고주파) 3~30GHz

- ✓ 10~ 1cm
- ✓ 대부분의 line-of-sight과 우주공간 전파 사용
- ✓ 육상과 인공위성 마이크로파, 레이더 통신을 포함

EHF(Externally High Frequency, 극고주파) 30~300GHz

- ✓ 1 cm ~ 1 mm
- ✓ 우주공간 전파 사용
- ✓ 레이더, 인공위성, 실험용 통신에 사용

## 8.2 무선매체

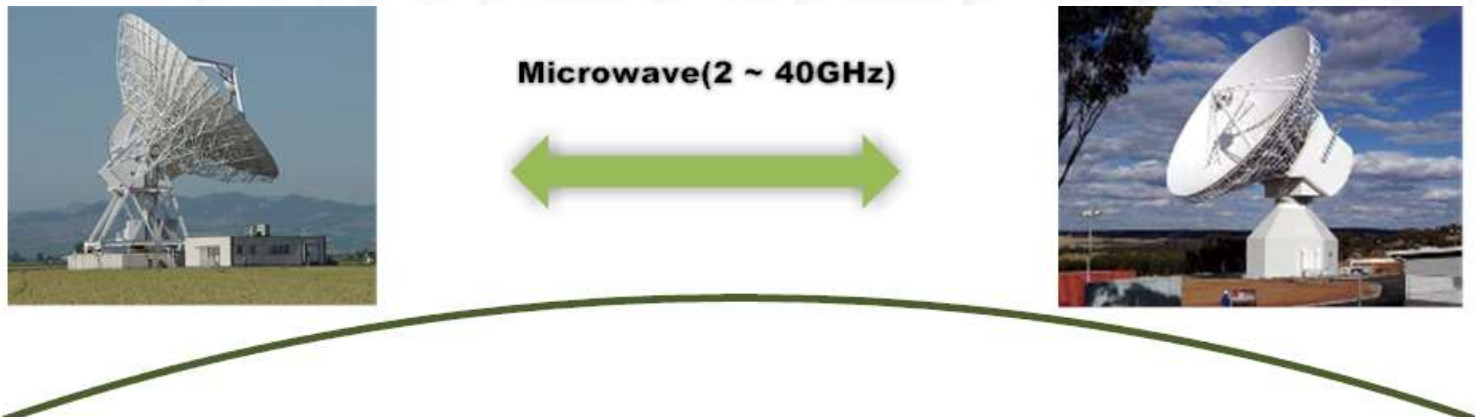
### 특성

- ✓ 고출력 단일 주파수의 경우 저출력에 비해 원거리 전송이 가능
- ✓ 대역 확산의 경우 여러 주파수를 동시에 사용 가능
- ✓ 특정 주파수를 사용하고 있는 네트워크와 인접하지 않은 곳에서 그 주파수 대역을 재사용이 가능
- ✓ 전송률이 킬로 비트 수준으로 낮은 편
- ✓ 지향성인 마이크로파와는 달리 다 방향성임
- ✓ 자연적, 인공적 물체에 의한 반사로 인해 많은 전송 경로로 전송

## 8.2 무선매체

### 지상 마이크로파 (Terrestrial Microwave)

- ✓ 장거리의 수십 Mbps의 데이터 전송 속도를 제공하며 주로 장거리 통신 서비스용으로 **전송 매체의 설치가 불가능하거나 설치비용이 비쌀 때 사용**
- ✓ 마이크로파는 휴대전화, 위성 통신, 무선 LAN과 같은 유니캐스트 (일대일) 통신에 사용된다.
- ✓ **line-of-sight 전송**과 전송 및 수신장치를 요구
- ✓ line-of-sight 신호에 의해 커버되는 거리는 안테나의 높이에 달려 있으며, 안테나가 높으면 도달거리도 멀어진다



## 8.2 무선매체

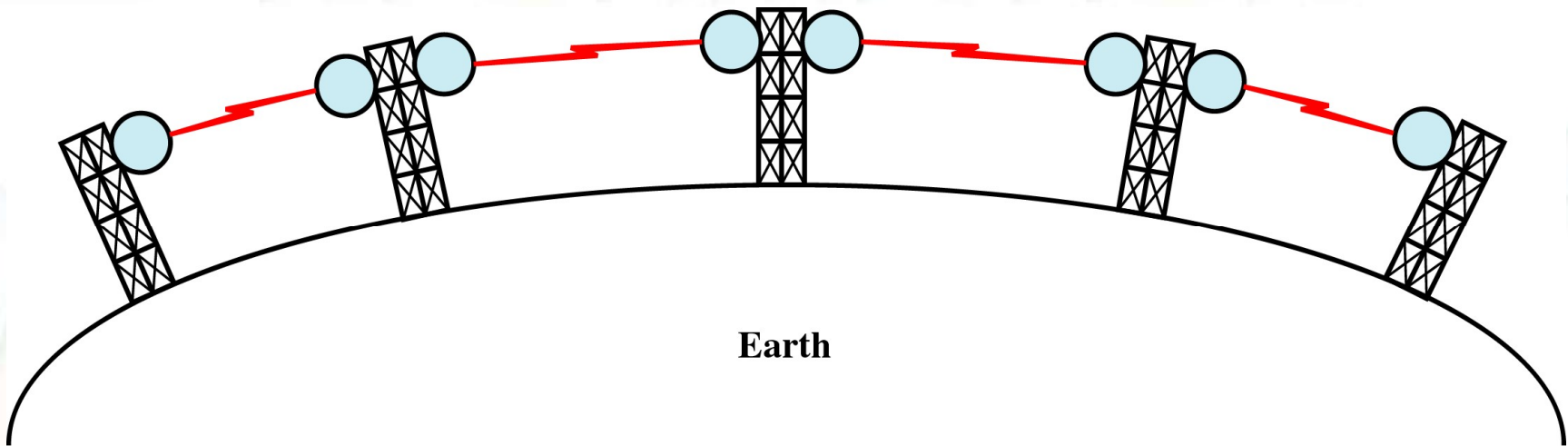
### ✓ 특성

- 접시형 안테나를 사용하며 고지대에 위치
- 장거리에 대해 높은 데이터 전송률을 제공
- 장거리 통신 서비스용, TV나 음성 전송용 동축케이블 대용 가능
- 동축케이블에 비해 훨씬 적은 증폭기와 리피터가 필요
- 지구 대기를 통한 가시거리 마이크로웨이브 통신은 50Km 이상 가능
- 높은 구조물이나 기상 조건에 영향을 받음
- 1~300 GHz의 주파수를 갖는 전자기파
- 단방향 전파
- 가시선(line of sight) 전파
- 벽을 통과 못함
- 회선구성에 융통성이 있고, 회선 건설기간이 짧음
- 재해등의 영향은 적으나, 보안에 취약하고 유지보수에 어려움
- 전파하는 도중에 비, 구름, 안개 등에 의해 전파가 감쇠 및 산란

## 8.2 무선매체

### 리피터(Repeaters)

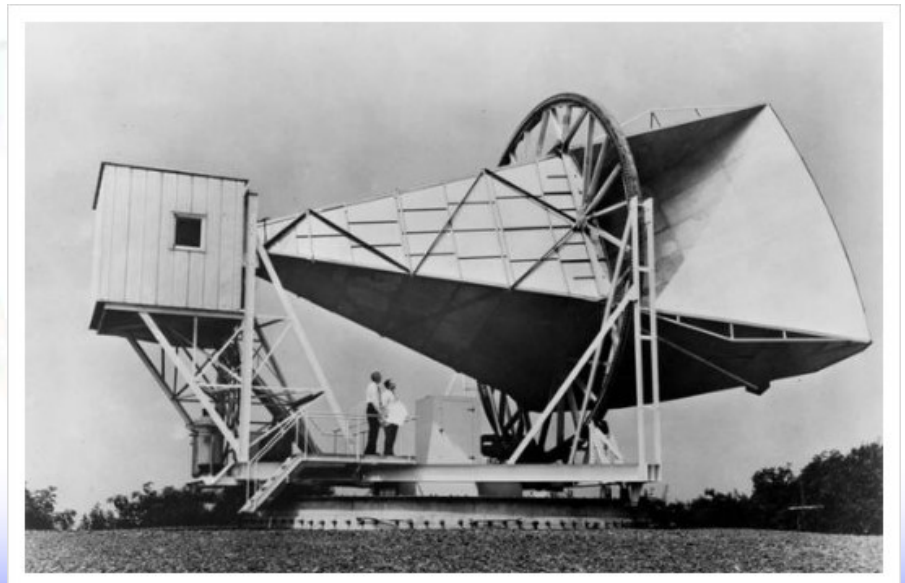
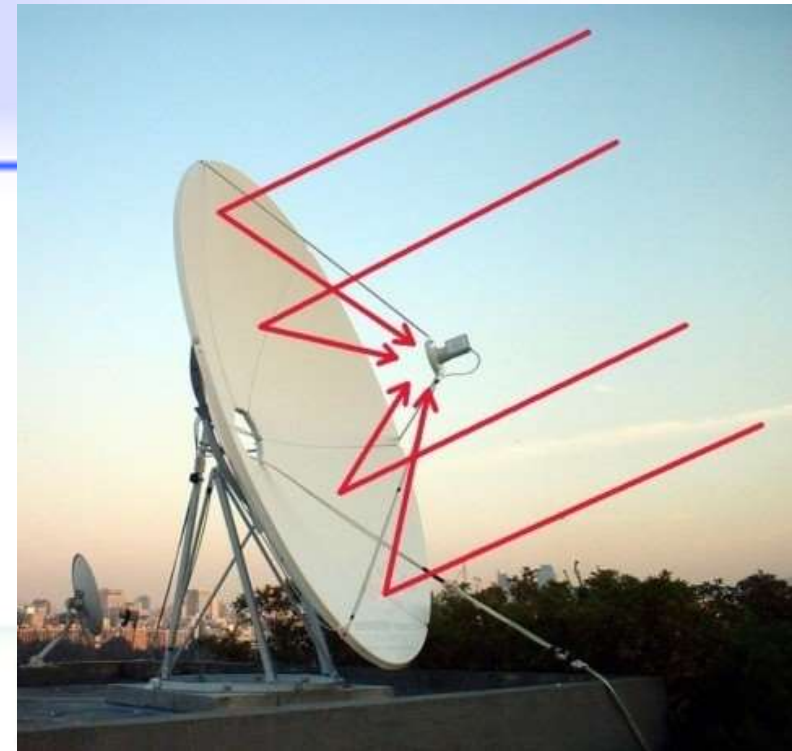
- ✓ 육상 마이크로파의 도달 거리를 증가하기 위하여 안테나를 이용한 리피터 시스템 설치



## 8.2 무선매체

### 안테나(Antennas)

- ❖ 파라볼라 접시(Parabolic dish)
  - 파라볼라의 기하학에 기반을 둠
  - 점대점 통신
- ❖ 혼 안테나(Horn antenna)
  - 커다란 주걱과 비슷

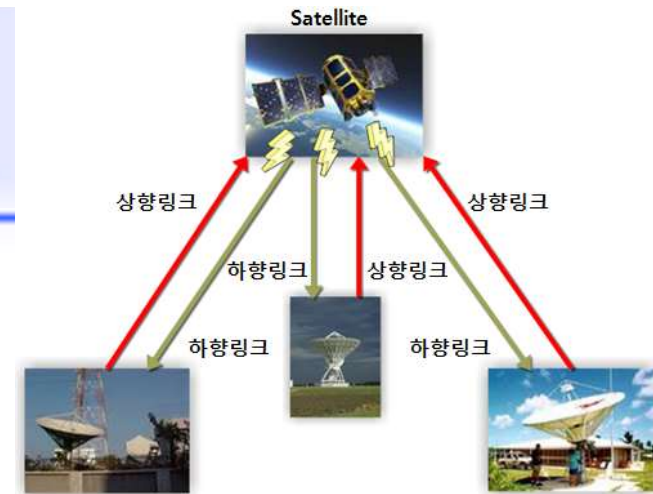




## 8.2 무선매체

### 위성 마이크로파 (Satellite Microwave)

- ✓ 2개 이상의 지상 송신국과 수신국이 서로 중계 역할을 하는 위성을 거쳐 데이터를 주고받는 형태
- ✓ **상향링크**가 **하향링크**보다 높은 주파수를 사용
- ✓ 상향(6GHz) , 하향(4GHz) : 송신전력의 제약



### 트랜스폰더(Transponder)

- ✓ TRANSmitter(송신기)와 resPONDER(응답기)의 복합어
- ✓ 위성에 탑재되는 장치
- ✓ 통신위성, 방송위성 등에 탑재하여 지상으로부터 보내진 미약한 전파를 수신해 지상으로 보내기 위한 전력 증폭 중계기

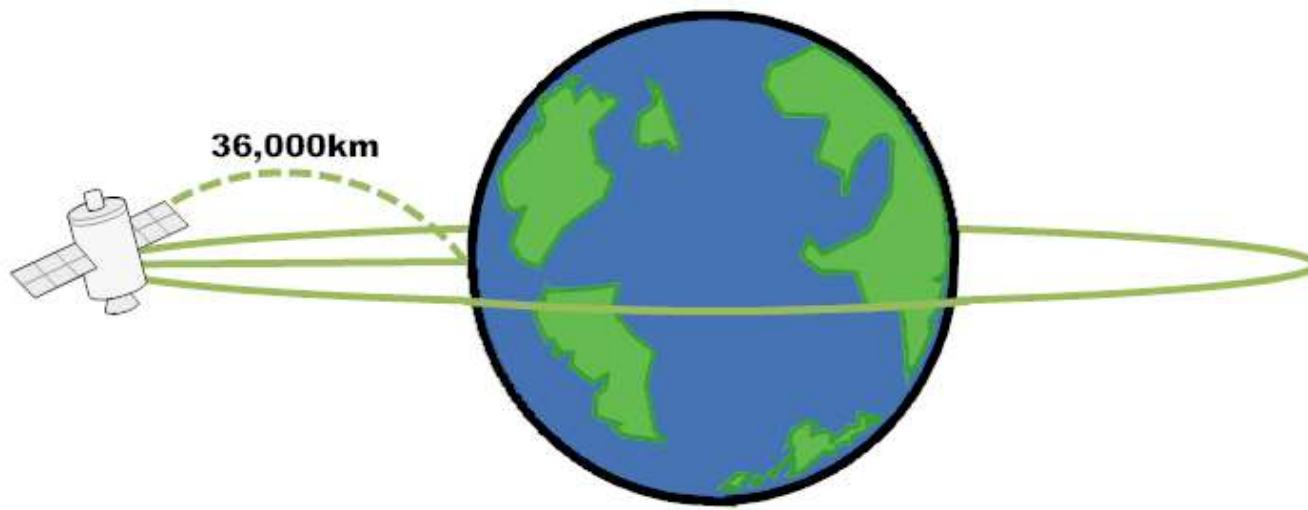




## 8.2 무선매체

### ✓ 고정 위성 서비스

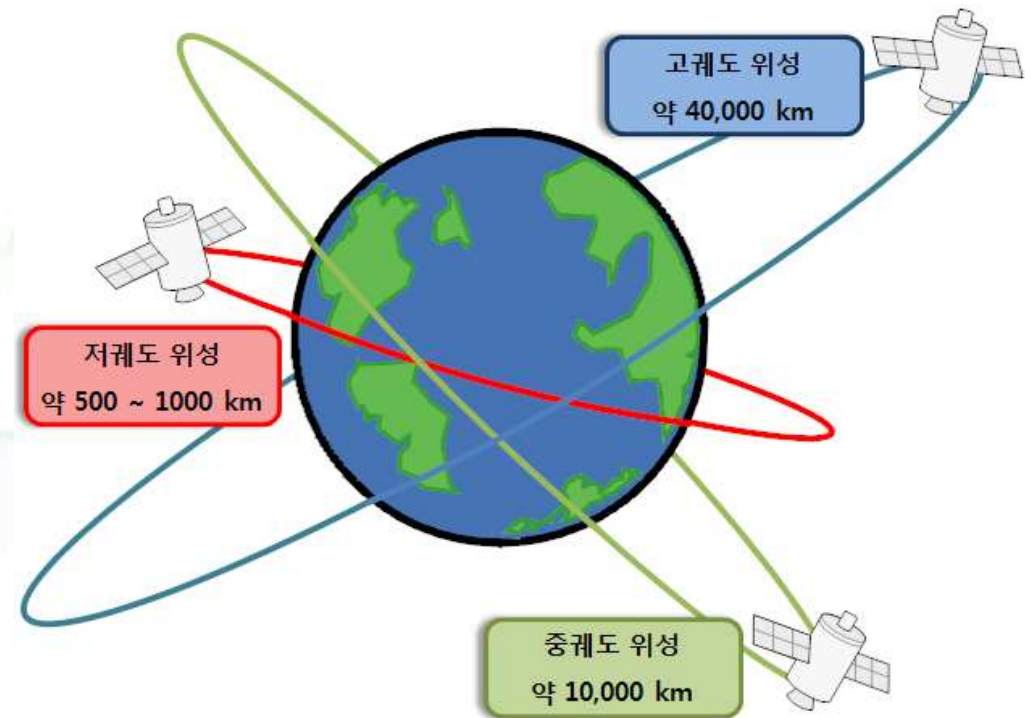
- 하나 이상의 위성을 사용하여 지표면의 고정 지점간에 제공하는 전파통신서비스
- **지구국** : 지표면의 고정지점에 위치한 무선국
- **우주국** : 위성상에 설치된 무선국
- 음성, 데이터, 영상 등의 서비스제공
- VSAT(Very Small Aperture Terminal) : 고출력 양방향 서비스



## 8.2 무선매체

### ✓ 이동 위성 서비스

- 고정된 지구국-이동체간 혹은 이동체-이동체간의 신호 교환에 위성을 이용하는 통신 서비스
- 광범위한 통신영역, 짧은 접속시간, 지상통신망과의 접속 용이, 고 신뢰성, 거리에 무관한 통신비용 등의 이점 제공



## 〈 위성 궤도별 비교 〉



➡ 저궤도 위성은 정지궤도 위성에 비해 1. 전송 지연 시간 단축 2. 데이터 손실 감소

구분	저궤도(LEO)	중궤도(MEO)	정지궤도(GEO)
위성 고도(Km)	300~1,500km	1,500~36,000km	36,000km
평균 통신 지연율(ms)	최소 10	평균 100	240
공전 주기(분)	88~127	127~1,440	1,440
위성무게(kg)	150	700	3,500
대표 사업자	스페이스X, 아마존, 원웹 등	SES Networks	NASA 등 정부기관

- ✓ LEO(Low Earth Orbit); 지구저궤도
- ✓ MEO(Medium Earth Orbit); 지구 중궤도
- ✓ GEO(Geostationary Orbit); 정지궤도

## 8.2 무선매체

### ✓ 장점

- 많은 통신량대역폭 : 500MHz
- 향상된 error rate :  $1 \times 10^{-8}$  (지상 마이크로파  $1 \times 10^{-5}$ )
- 통신 비용의 감소 : 거리의 의미가 없음

### ✓ 단점

- Point-to-Point 네트워크 구성만 가능
- 전송지연 : 250ms
- 통신의 비밀 보장이 어려움
- 사용주파수가 높아질수록 기후현상(비,눈 등)에 의한 신호의 감쇄가 심함
- 고장의 경우에 수리가 불가능
- 일반 microwave 통신과의 상호장애를 피하기 위해 지구국은 항상 교외에 위치해야 함

## ✓ 국제 통신

- **과거** : 정지 궤도 위성에 의하여 이루어짐
  - 위성체 개발에 많은 시간과 비용이 듦
  - 지구와 거리가 멀어 통화 품질이 떨어짐
- **현재** : 비정지 궤도 위성을 위한 주파수 할당
  - **저궤도 이동 통신 계획**

## ✓ 저궤도 위성(Low Earth Orbit)

- 위성 고도 300~1,500Km의 궤도에 위성을 띄워 인터넷 서비스 제공
- 전파 왕복 시간이 짧아 손실도가 적음
- 통신 지연율은 0.025초
- 위성 크기 소형화, 다수의 위성 발사, 발사체 재사용

# 위성 통신

이전의 국제 통신은 인마르샷(INMARSAT:국제해사위성기구)이나 인텔샷(INTELSAT:국제전기통신위성기구)과 같은 정지궤도위성에 의하여 이루어졌다. 그러나 정지궤도위성은 새로운 위성체 개발에 시간과 비용이 많이 들고, 지구와의 거리가 멀어 통신 품질이 떨어지는 문제가 있었다.

이 문제를 해결하기 위하여 1992년 세계무선통신주관청회의(WARC-92)는 비정지궤도위성 이동통신 계획을 위한 주파수를 할당하였고, 저궤도위성 이동통신이 계획

저궤도위성 이동통신 계획으로는 인마르샷의 프로젝트 21, 로컬-퀄컴사(社)의 글로벌스타, 마이크로소프트사(社)의 텔레데식 등

## 주요 우주인터넷 개발 회사

	스페이스X SPACEX	원웹 OneWeb	아마존 amazon
사업명	스타링크	원웹	카이퍼 프로젝트
현재 위성 수	1800기	218기	0
목표 위성 수	4만2000기	648기	3236기
서비스 현황 및 목표	-2020년부터 12國 시범 서비스. 이용료 월 99달러 -8월 극지방 제외 전 세계로 시범 서비스 확대	-2021년 북위 50도부터 북극까지 시범 서비스 계획 -2022년 전 세계 서비스	위성 578기 발사 후 첫 서비스 시작

자료=각 사



# VSAT(Very small aperture terminal)

## VSAT 정의

- ✓ **초소형 위성통신 지구국**
- ✓ 위성을 매체로 하여 가입자에게 정보를 제공하는 위성송수신 장치
- ✓ 초소형 안테나를 사용하는 위성통신 지구국을 일반적으로 의미함

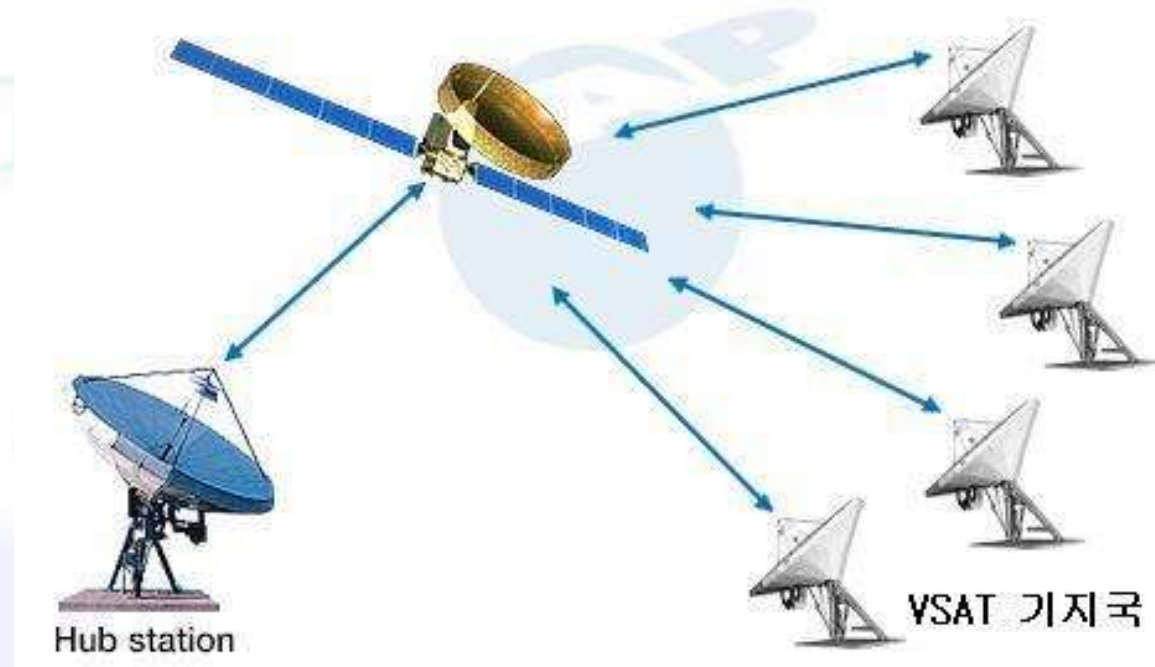
## VSAT의 등장배경

- ✓ 위성통신 기술의 발달에 따라 위성이나 지구국의 성능이 대폭 향상됨
- ✓ Ku밴드대역(12~14GHz)의 주파수를 사용함에 따라 초소형 안테나로도 원활한 통신이 가능
- ✓ 지상망의 이용이 불가능한 지역이나 환경에서 사용자가 원하는 서비스 제공
- ✓ 통신장애 또는 자연재해 의한 지상 통신 불능시 백업 시스템으로 활용



## VSAT 통신과정

- ① VSAT 지구국이 송신한 데이터는 위성을 경유하여 Hub Station에 도달함 (Hub Station을 기준으로 수신 링크를 Inbound, 송신 링크를 Outbound라 함)
- ② Hub Station은 신호를 증폭한후 위성을 경유해 VSAT 지구국에 전달
- ③ VSAT 지구국은 Outbound 신호중 자신에게 해당하는 신호만 수신함



## VSAT 위성통신의 특징

- ✓ **점대 점** 또는 **동시다중전송**이 가능
- ✓ 설비비용이나 회선사용료가 **경제적**
- ✓ 망의 융통성, 확장성이 우수
- ✓ 고품질의 전송능력 및 신뢰성이 높음
- ✓ **기업의 전용통신망** 구성 시 효과적임

## VSAT의 응용분야

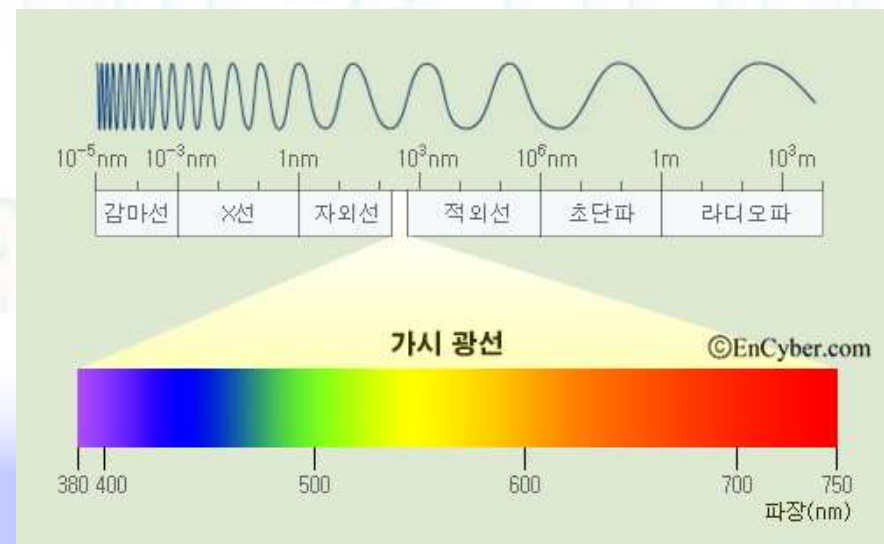
- ✓ 사설 네트워크 구축(데이터 전송망, 카드 결제 시스템 등), 위성 인터넷 접속, 회상회의, 백업 망
- ✓ 다지점 데이터 전송 서비스, 원격 감시 및 장비 관리
- ✓ 신용카드의 확인조회와 POS 데이터의 전송, 온라인 단말의 호스트 컴퓨터와의 전송, 각종 예약업무 등에 사용



## 8.2 무선매체

적외선(赤外線, infrared ray)

- ✓ 300GHz ~ 500 GHz
- ✓ 단거리 통신에 사용
- ✓ 벽 통과 못함
- ✓ 다른 시스템에 방해 안줌
- ✓ 외부에서 사용 불가
- ✓ 넓은 대역폭
- ✓ 적외선 신호는 가시선 전파를 통하여 닫힌 공간에서 단거리 통신에 사용될 수 있다.



## 슬라이드 27

---

s1

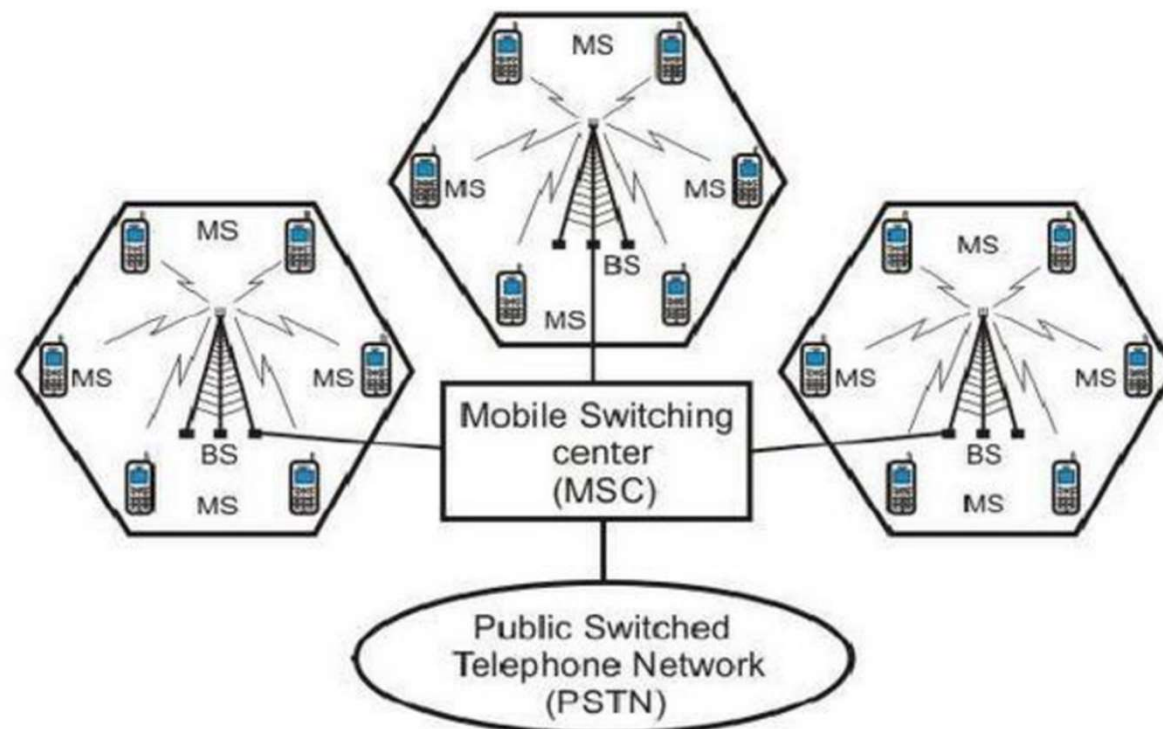
snoopy, 2009-10-26

## 8.2 무선매체

### 셀룰라 폰(Cellular telephony)

- ✓ 두개의 움직이는 장치간 또는 하나의 움직이는 장치와 하나의 정지해 있는 장치간의 안전한 통신을 제공하도록 설계

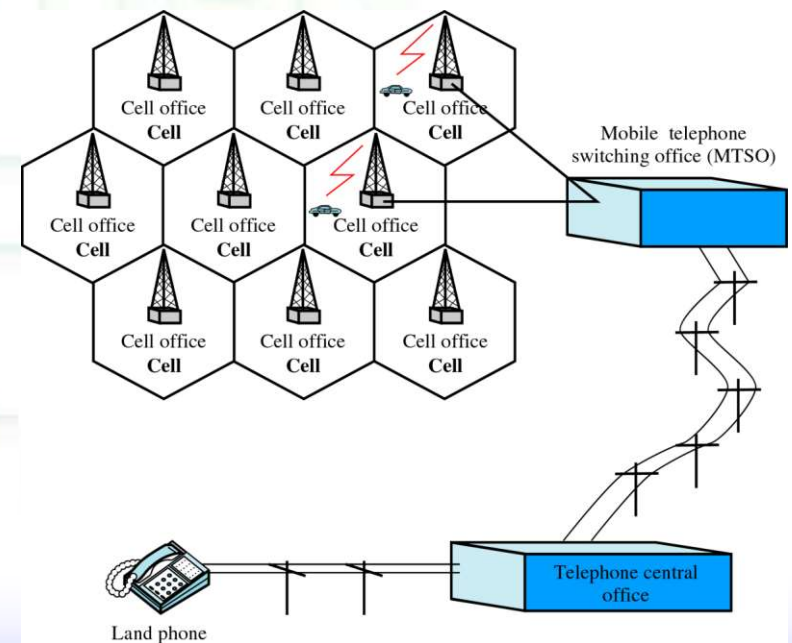
### 셀룰라 시스템(Cellular System)



## 8.2 무선매체

### 발신

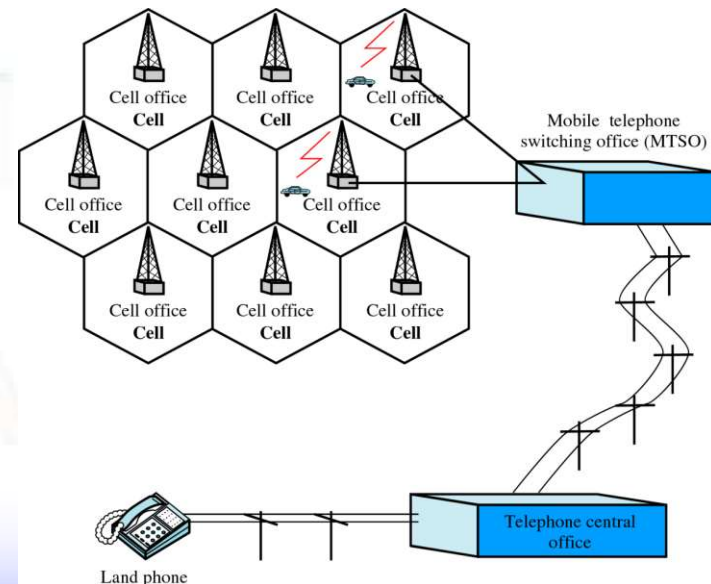
- ✓ 호출자는 7 또는 10 디지트(전화 번호)를 입력
- ✓ 전송(send) 버튼을 누름
- ✓ 이동 전화는 대역폭을 스캔하여 강한 신호를 가진 셋업 채널을 찾는다
- ✓ 셀 오피스에 데이터(전화번호) 전달
- ✓ 셀 오피스는 MTSO에 데이터 전달
- ✓ MTSO는 전화국으로 데이터 전달



## 8.2 무선매체

### 수신

- ✓ 전화국은 MTSO로 번호를 송신
- ✓ MTSO는 이동 전화의 위치를 찾는다
- ✓ 이동 전화가 발견되면 MTSO는 링 신호를 전송한다
- ✓ 이동 전화가 응답하면 통화를 위한 음성 채널을 할당하고 음성 통신의 시작을 허가한다

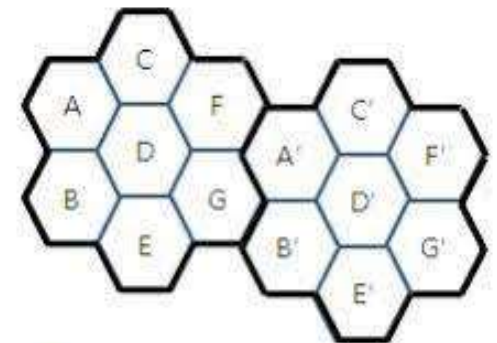




## 8.2 무선매체

핸드오프(Handoff): 핸드오버(Hand over)

- ✓ 이동전화가 통화 중에 한 셀에서 다른 셀로 이동
- ✓ 신호가 약해진다
- ✓ MTSO는 매번 수초동안 신호의 레벨을 모니터
- ✓ MTSO는 양질의 통신을 제공하는 새로운 셀을 찾는다
- ✓ 핸드오프는 사용자가 느끼지 못하는 시간에 자연스럽게 수행
- ✓ 소프트 핸드오버 : Make before Break
- ✓ 하드 핸드오버 : Break before Make
- ✓ 주파수의 재사용



클러스터 크기(N=7)인 주파수재사용 예



## 8.2 무선매체

---

**비용(Cost)**

**속도(Speed)**

**감쇠(Attenuation)**

**EMI(Electromagnetic Interference, 전자파 방해(간섭))**

**보안(Security)**

## 8.2 무선매체

### 전송 매체의 성능

Medium	Cost	Speed	Attenuation	EMI	Security
UTP	Low	1 - 100 Mbps	High	High	Low
STP	Moderate	1 - 150 Mbps	High	Moderate	Low
Coax	Moderate	1 Mbps - 1 Gbps	Moderate	Moderate	Low
Optical fiber	High	10 Mbps - 2 Gbps	Low	Low	High
Radio	Moderate	1 - 10 Mbps	Low-high	High	Low
Microwave	High	1 Mbps - 10 Gbps	Variable	High	Moderate
Satellite	High	1 Mbps - 10 Gbps	Variable	High	Moderate
Cellular	High	9.6 - 19.2 Kbps	Low	Moderate	Low

# EMI(Electro Magnetic Interference)

전자파장해.

컴퓨터, 텔레비전 등 여러 전자기기에서 방출되는 전자파.

이 전자파는 일정량을 넘으면 VDT증후군 등 질병의 원인이 되는 것으로 밝혀짐

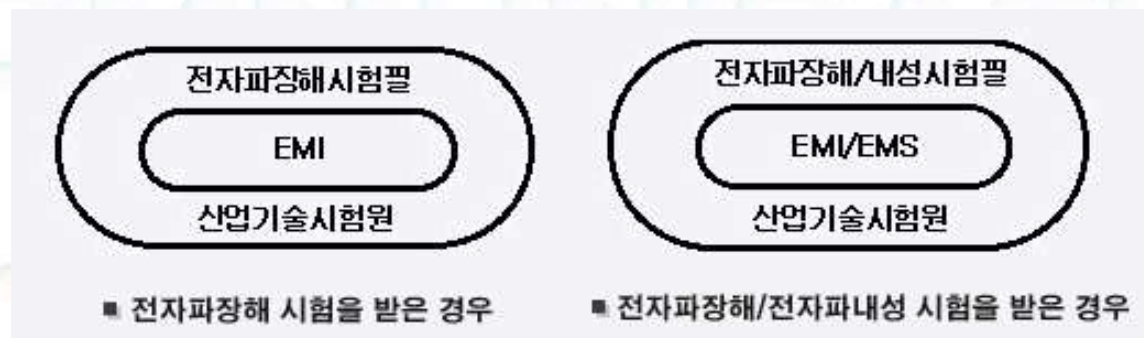
✓ VDT증후군 [ video display terminal syndrome ]

- 컴퓨터 직업병으로 컴퓨터 단말기 사용자들의 경건완(목·어깨·팔) 장애, 시력저하 등의 증상
- 전자파 피해 규명 및 피해 보상이 요구되어 점차적으로 단체협약 등의 방법으로 명문화되고 있음(직업병)

정부는 전자파장해 규칙을 제정, 이들 전자제품은 정부가 지정하는 시험연구기관의 검정을 거쳐 합격한 제품에 한해 EMI 합격 증표를 표시, 판매

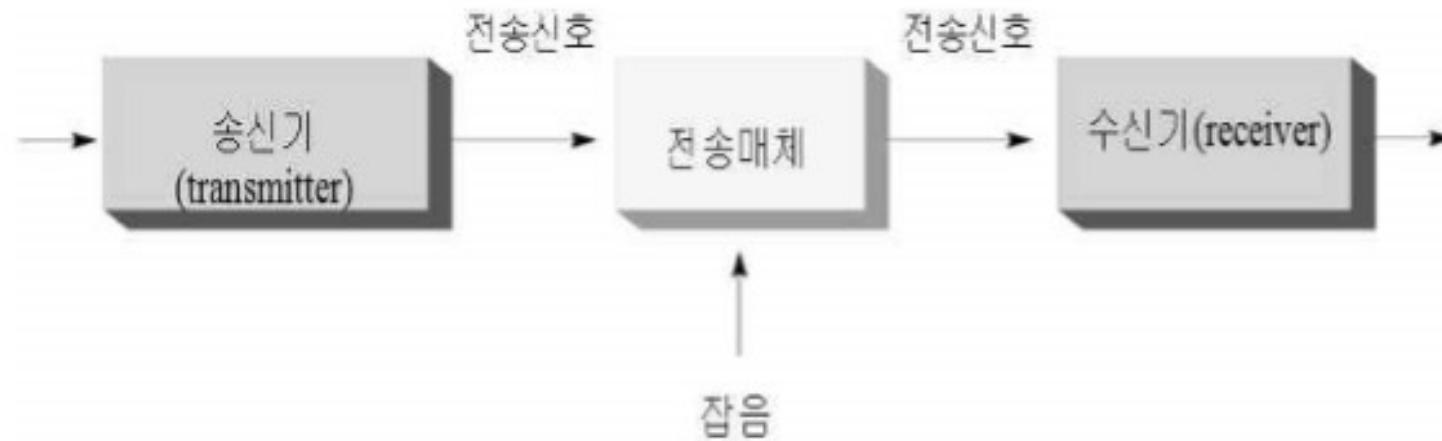
전기세탁기, 탈수기, 냉장고, 전자렌지, TV, 전기면도기, 모발건조기, 전기문서 세단기, 전기믹서기, 전기가습기 등 10개 제품.

- ❖ 제품의 전자파 간섭에 이상 여부를 확인해주는 인증마크입니다.
    - ✓ **EMI**: 제품으로부터 방사되는 전자파에 의해 주변에 있는 다른 제품에 악영향을 미치는 현상에 대한 인증.
    - ✓ **EMS**: 주변에 존재하는 전자파에 의해 제품의 정상 동작에 영향을 받지 않는 제품의 내성에 대한 인증.
- ; Electro Magnetic Susceptibility, 전자파 내성



## 8.3 전송경로의 불완전성

### 전송 손상시 문제점



#### ✓ 아날로그 전송 신호

- 신호 품질의 저하
- S/N비 감소
- 신호 왜곡 증가

#### ✓ 디지털 전송 신호

- 비트 오류 발생
- BER 증가
- 오류 확률 증가

## 8.3 전송경로의 불완전성

### 전송 손상(Transmission Impairments)

- 전송 신호가 여러가지 요인에 의해 송신신호와 달라지는 것  
(Impairment : 결함, 감쇠, 손상)
  - **정적인 불완전성**
    - 예측 가능 여부에 따라 어떤 채널에서든지 왜곡이 발생
    - 시스템 특성에 의해 발생하는 시스템적 왜곡
    - 상쇄 및 보상이 가능
    - 왜곡(歪曲) : 신호의 모양이나 형태의 변경
      - ❖ 손실, 지연왜곡, 진폭감쇠 왜곡, 주파수편이, 바이어스 왜곡
  - **동적인 불완전성**
    - 예측할 수 없게 무작위로 발생하는 우연적인 왜곡
    - **제어가 어려움**
      - ❖ 백색잡음, 충격성 잡음, 혼선(누화), 상호변조잡음, 에코, 진폭 변화, 위상의 변화, 라디오 페이딩

## 8.3 전송경로의 불완전성

### 동적인 불완전성 (Fortuitous Distortion)

#### ✓ 백색잡음 (열잡음)

- 도체 내에서 온도에 따른 전자의 운동량의 변화에 기인
- 잡음 세력이 시간에 대해 전혀 무작위 한 진폭을 가짐
- 전자의 열운동에 의해 나타나는 잡음으로 모든 주파수 대역에 균일하여 백색 잡음이라고 함.
- 제거되어질 수 없는 잡음.
- $N = KTW$   
( N : 열잡음, K : 볼츠만 상수 ( $1.37 \times 10^{-23}$ 주울/초), T : 절대온도, W : 대역폭 )

## 8.3 전송경로의 불완전성

### ✓ 상호 변조잡음 (Inter Modulation Noise)

- 서로 다른 주파수들이 똑같이 전송 매체를 공유할 때 서로에게 영향을 미침으로서 발생하는 잡음
- 서로의 합과 차에 대한 신호를 계산함으로써 발생하는 잡음

### ✓ 혼선 (Crosstalk Noise )

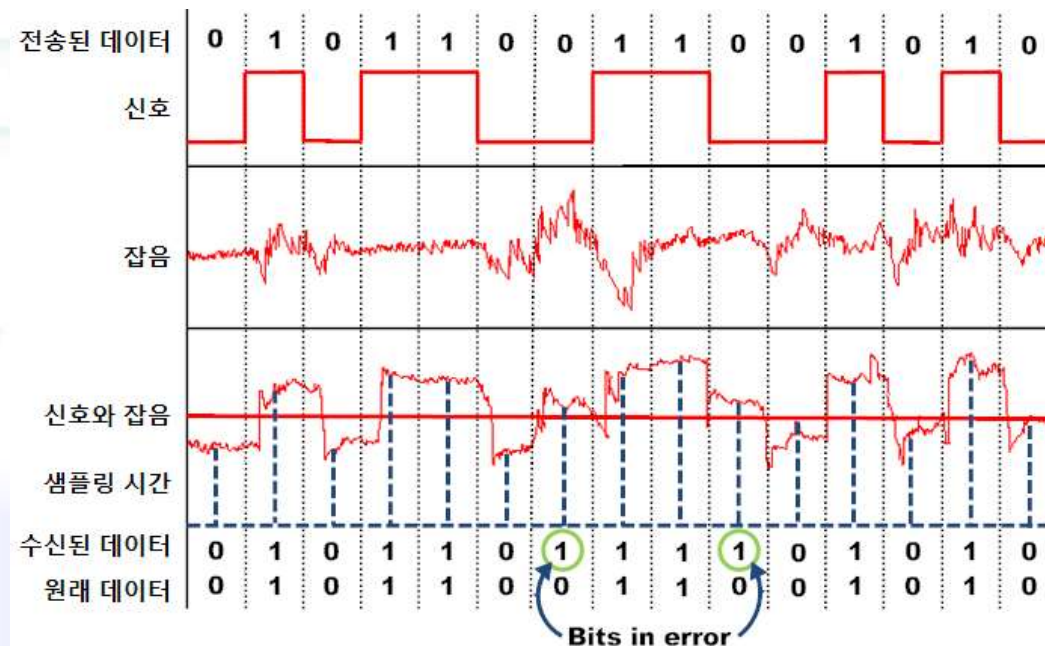
- 한 신호채널이 다른 신호채널과 원치 않은 결합을 하여 잡음을 형성하는 것
- 열 잡음에 비해서 크기가 작고, 전기적인 상호 유도작용으로 발생
- 다중화 되어 동일한 전송로를 통해 전달될때 발생
- 어떤 선로의 신호가 너무 강하여 다른 선로에 유도를 일으킴 (신호의 균형이 필요함)
- 인접한 꼬임선(Twist pair)간의 전기적 신호 결합으로 인해 발생하는 잡음으로 신호의 경로가 비정상적으로 결합된 경우에 발생



## 8.3 전송경로의 불완전성

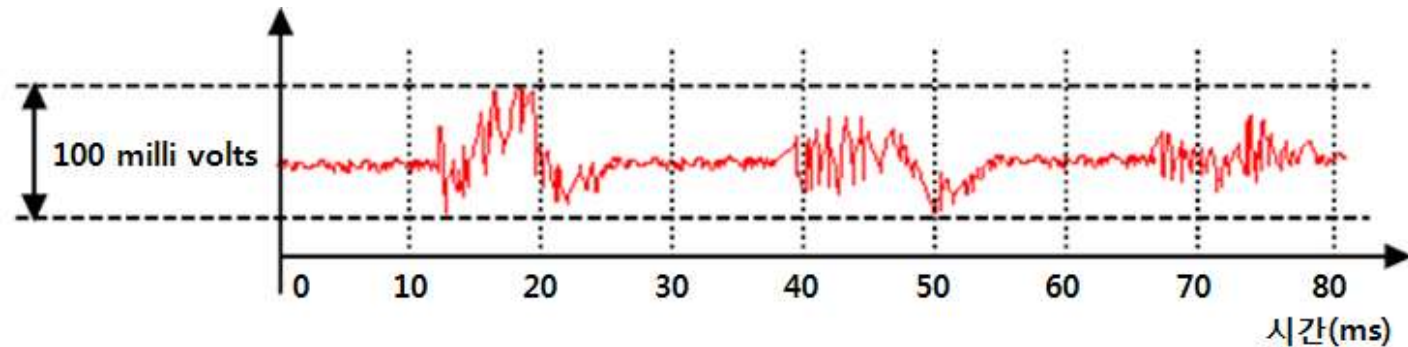
### ✓ 충격성 잡음 (Impulse Noise)

- 전송 시스템에 순간적으로 일어나는 높은 진폭의 잡음
- 발생 간격, 진폭이 다 같이 불규칙하게 발생하는 충격적인 잡음에 의한 에러의 발생
- **고압의 전기적충격, 번개, 형광등 스파크** 등 주로 기계적인 충격에 의해서 순간적으로 일어나는 높은 진폭의 잡음
- 짧은 순간에 일정 평균 잡음수준 이상으로 발생하는 잡음



## 8.3 전송경로의 불완전성

- 스트로저 교환기의 충격성 잡음(접점들이 붙거나 떨어질때)



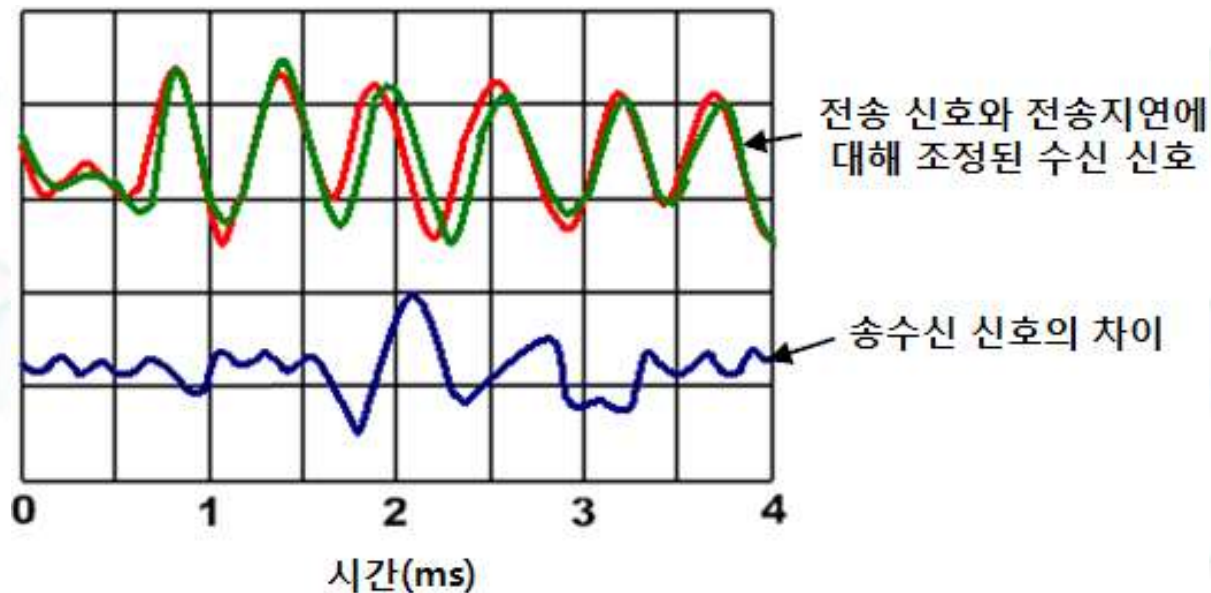
### ✓ 에코

- 전송선에서 임피던스의 변화가 있을 경우 약해진 신호가 송신 측으로 되돌아오는 것을 뜻함(에코 억제기 사용)

## 8.3 전송경로의 불완전성

### ✓ 위상의 변화

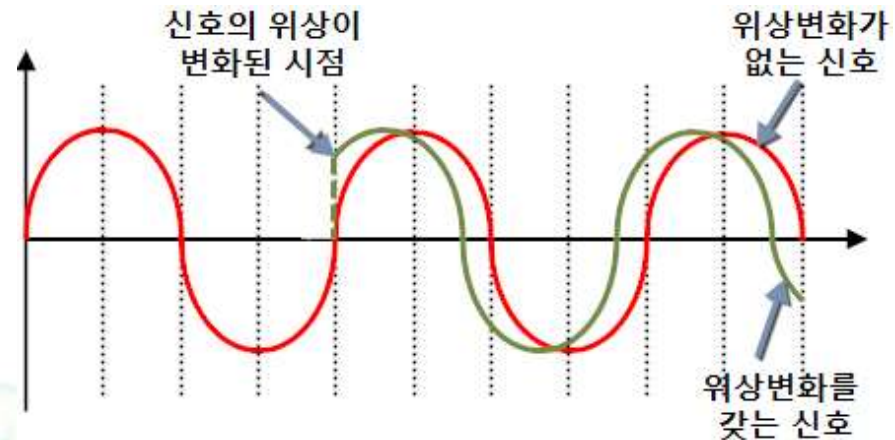
- 연속적인 위상의 변화를 위상 지터라 함
- 불연속적인 위상의 변화를 위상 히트라고 함
- 위상의 일시적 변화



위상 지터 [ phase jitter, 位相- ] : 통신 회선에서 잡음, 누화, 중계기의 내부 요인 등으로 신호 위상이 순간적으로 흔들리는 현상. 위상 특성이 좋은 회로에서는 이러한 현상이 아주 적게 나타난다.

## 8.3 전송경로의 불완전성

### ➤ 위상의 히트 현상



### ✓ 진폭변화

- 신호의 진폭이 갑작스럽게 순간적으로 변하는 것을 의미
- 증폭기의 고장, 접점이 깨끗하지 못함, 유지보수가 진행중
- 비트를 잃거나 추가됨

### ✓ 라디오 페이딩 (Radio Fading)

- 수신되는 전파가 지나온 매질의 변화에 따라 그 수신전파의 강도가 급격하게 변동되는 현상.
- 전파의 세기가 시간에 따라 변화하는 현상

## 8.3 전송경로의 불완전성

### 정적인 불완전성 (Systematic Distortion)

#### ✓ 감쇠 (attenuation)

- 전자파의 에너지 손실을 의미
- 발생이유: 전송 도중 흡수되거나 열에 의해서 변화가 되기 때문.
- 감쇠현상이 일어나면 수신측에서 정보를 검출하기가 곤란하여 전파거리(propagation distance)를 감소시킴
- 신호의 증폭으로 신호감쇠 문제를 해결

#### ✓ 손실

- 신호의 전송 중 신호의 세기가 약해지는 것을 뜻함
- 장비의 노후화, 온도의 변화

## ✓ 왜곡

- 여러 개의 주파수로 구성된 신호의 경우, 링크상에서의 전파현상은 서로 상이한 주파수에 따라 서로 다르게 감쇠되고 지연되어, 수신 신호가 전송 신호와 다르게 되어 발생하는 현상

### ➤ 진폭감쇠왜곡

- 전송되는 신호가 주파수 별로 다른 감쇠율을 보이는 것
- 손상된 신호의 복구
  - 리피터 : 디지털 신호를 증폭
  - 증폭기 : 아날로그 신호를 증폭

## ✓ 지연 왜곡

- 전송매체를 통한 신호의 전달 속도가 주파수에 따라 변하는 현상
- 주파수와 위상의 관계

## 8.3 전송경로의 불완전성

---

### ✓ 주파수 편차 (frequency offset)

- 송신되는 주파수가 수신부에서 다른 주파수로 바뀌어 수신되는 것
- 주파수 분할 다중화 기법의 사용 시에 주로 발생
- 1000Hz를 보내었는데 수신부에서 999Hz나 1001Hz가 수신되는 경우



## 8.3 전송경로의 불완전성

### ✓ 바이어스 특성 왜곡

- 펄스를 만들기 위해 슬라이스 되는 변복조기의 출력에서 펄스의 길이가 시스템적인 왜곡에 의해 길어지거나 짧아지는 것

