شبکه های کامپیوتری ۱

ارائه دهنده
دکتر سید امین حسینی
E.mail: hosseini@um.ac.ir
Home page: http://hosseini.staffcms.um.ac.ir

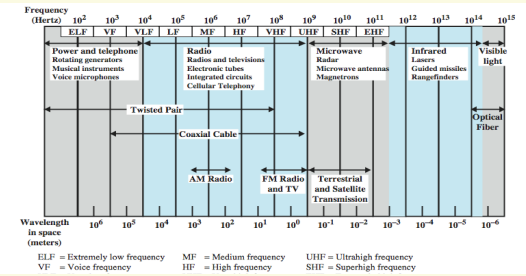
مرور کلی

- Guided medium- wire
- Unguided medium- - wireless
- Characteristics and quality determined by medium and signal
- For guided, the medium is more important
- For unguided, the bandwidth produced by the antenna is more important
- Key concerns are data rate and distance

فاکتورهای طراحی

- Bandwidth
  - Higher bandwidth gives higher data rate
- Transmission impairments
  - Attenuation
- Interference
- Number of receivers
  - In guided media
  - More receivers (multi-point) introduce more attenuation

Electromagnetic Spectrum



انواع رسانه انتقال

- انواع رسانه انتقال: هدایت گر (سیم) ، غیر هدایت گر (بی سیم)
- هدایت گر: از یک خط فیزیکی برای ارسال اطلاعات استفاده می کنند.
  - زوج سیم ها
    - زوج سیم باز
    - زوج سیم بهم تابیده
    - کابل کواکسیال
  - فیبر نوری

انواع رسانه انتقال

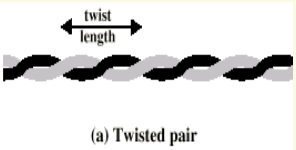
- غیر هدایت گر: اطلاعات را از طریق امواج الکترومغناطیس درون فضا ارسال می کنند
  - ماهواره ها
  - مایکروویو زمینی
  - رادیو ها

خطوط زوج سیم باز

- ساده ترین و اولین رسانه انتقال(ارزان، راحتی استفاده، مقاومت کم در مقابل جریان)
- کابل Flat (هر سیم از دیگری جدا است)
- سیم ها که بصورت موازی کنار هم قرار می گیرند لذا حساس به کوپل خازنی که باعث همشنوایی می شود و اغتشاشات محیطی (امواج الکترومغناطیسی) است.
- نرخ انتقال خیلی کم (چند ده kbps) و فواصل کمتر از 50m
- برای کم کردن همشنوایی و اثر اغتشاشات محیطی از کابل زوج بهم تابیده استفاده مس شود.

خطوط زوج بهم تابیده

- Separatly insulated
- Twisted together
- Often "bundled"into cables
- During construction



(a) Twisted pair

کاربرد های TP
(Twisted Pair – Applications)

- Most common medium
- Telephone network
  - Between house and local exchange (subscriber loop)
- Within buildings
  - To private branch exchange (PBX)
- For local area networks (LAN)
  - 10Mbps or 100Mbps

کاربرد های TP
(Twisted Pair – Applications)

- Cheap
- Easy to work with
- Low data rate
- Short range

Twisted Pair - Transmission Characteristics

- Analog
  - Amplifiers every 5km to 6km
- Digital
  - Use either analog or digital signals
  - repeater every 2km or 3km

Twisted Pair - Transmission Characteristics

- Limited distance
- Limited bandwidth (1MHz)
- Limited data rate (100MHz)
- Susceptible to interference and noise

Unshielded and Shielded TP

- Shielded Twisted Pair (STP)
  - Metal braid or sheathing that reduces interference
  - More expensive
  - Harder to handle (thick, heavy)

Unshielded and Shielded TP

- Unshielded Twisted Pair (UTP)
  - Ordinary telephone wire
  - Cheapest
  - Easiest to install
  - Suffers from external electromagnetic interference

UTP Categories

- Cat 5
  - up to 100MHz
  - Commonly pre-installed in new office buildings
  - Twist length 0.6 cm to 0.85 cm

UTP Categories

- Cat 3
  - up to 16MHz
  - Voice grade found in most offices
  - Twist length of 7.5 cm to 10 cm
- Cat 4
  - up to 20 MHz

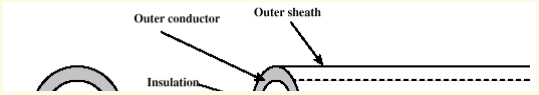
UTP Categories

	Category 3 Class C	Category 5 Class D	Category 5E	Category 6 Class E	Category 7 Class F
Bandwidth	16MHz	100MHz	100MHz	200MHz	600MHz
Cable Type	UTP	UTP/FTP	UTP/FTP	UTP/FTP	SSTP
Link Cost (Cat 5 = 1)	0.7	1	1.2	1.5	2.2

Near End Crosstalk

- Coupling of signal from one pair to another
- Coupling takes place when transmit signal entering the link couples back to receiving pair
- i.e. near transmitted signal is picked up by near receiving pair

Coaxial Cable



Comparison of Shielded and Unshielded Twisted Pair

	Attenuation (dB per 100 m)			Near-end Crosstalk (dB)		
Frequency (MHz)	Category 3 UTP	Category 5 UTP	150-ohm STP	Category 3 UTP	Category 5 UTP	150-ohm STP
1	26	20	11	41	62	58
4	56	41	22	32	53	58
16	131	82	44	23	44	504
25	—	104	62	—	41	475
100	—	220	123	—	32	385
300	—	—	214	—	—	313

Coaxial Cable Applications

- Long distance telephone transmission
  - Can carry 10,000 voice calls simultaneously
  - Being replaced by fiber optic
- Short distance computer systems links
- Local area networks

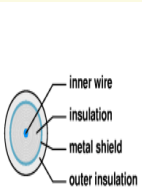
Coaxial Cable Applications

- Most versatile medium
- Television distribution
  - Ariel to TV
  - Cable TV

Coaxial Cable - Transmission Characteristics

- Analog
  - Amplifiers every few km
  - Closer if higher frequency
  - Up to 500MHz
- Digital
  - Repeater every 1km
  - Closer for higher data rates

Copper Wires



- Coaxial cable(coax)
  - Single wire surrounded by a heavier metal shield
  - Provides barrier to electromagnetic radiation
  - More protection than twisted pair
- Shielded twisted pair
  - A pair of wires surrounded by a metal shield

Glass Fibers

- Disadvantages
  - Installation requires special equipment
  - Difficult to locate a break in fiber
  - Difficult to repair a broken fiber

Glass Fibers

- Optical fibers uses light to transport data
- Advantages
  - Use of light eliminates interference
  - Carries of pulse of light much farther
  - Carries more information than wires
  - Requires only a single fiber

Optical Fiber - Benefits

- Greater capacity
  - Data rates of hundreds of Gbps
- Smaller size & weight
- Lower attenuation
- Electromagnetic isolation
- Greater repeater spacing
  - 10s of km at least

Optical Fiber

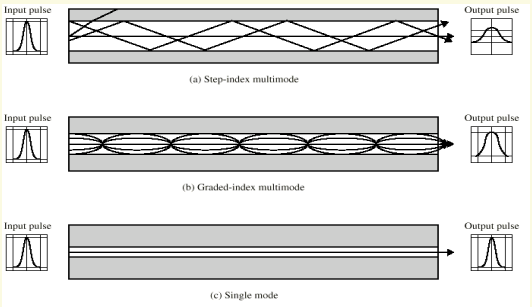
Optical Fiber - Transmission Characteristics

- Act as wave guide for 10^{14} to 10^{15} Hz
  - Portions of infrared and visible spectrum
- Light emitting diode (LED)
  - Cheaper
  - Wider operating temp range
  - Last longer

Optical Fiber - Applications

- Long-haul trunks
- Metropolitan trunks
- Rural exchange trunks
- Subscriber loops
- LANs

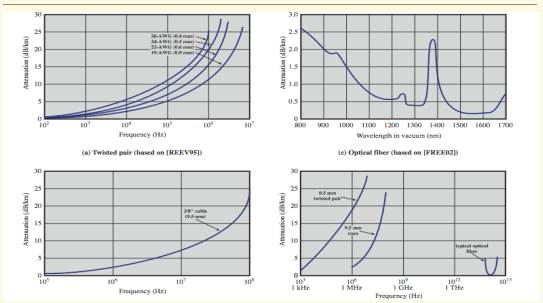
Optical Fiber Transmission Modes



Optical Fiber - Transmission Characteristics

- Injection laser diode (ILD)
  - More efficient
  - Greater data rate
- Wavelength division multiplexing

Attenuation in Guided Media



Frequency Utilization for Fiber Applications

Wavelength (in vacuum) range (nm)	Frequency Range (THz)	Band Label	Fiber Type	Application
820 to 900	366 to 333		Multimode	LAN
1280 to 1350	234 to 222	S	Single mode	Various
1528 to 1561	196 to 192	C	Single mode	WDM
1561 to 1620	192 to 185	L	Single mode	WDM

The functionality of Fiber is calculated based on wavelength instead frequency

If wavelength = 1550nm in vacuum, the frequency is:

$$f = c/\lambda = (3*10^{8})/(1550*10^{-9})$$

$$\Rightarrow f = 193.4*10^{12} = 193.4\,THz$$

Comparison of Cable Media

Cable type	Cost	Installation	Capacity	Range	EMI
Coaxial Thinnet	<STP	Inexpensive/ easy	10 Mbps typical	185 m	<sensitive than UTP
Coaxial Thicknet	>STP <fiber	Easy	10 Mbps typical	500 m	<sensitive than UTP
Shielded Twisted-Pair	>UTP <Thicknet	Fairly easy	16 Mbps typical, up to 500 Mbps	100 m typical	<sensitive than UTP
Unshielded Twisted-Pair	Lowest	Inexpensive/ /easy	10 Mbps typical, up to 100 Mbps	100 m typical	Most sensitive
Fiber optic	Highest	Expensive/ difficult	100 Mbps typical	10s of kilometer	insensitive

Transmission Characteristics of Guided Media

	Frequency Range	Typical Attenuatio n	Typical Delay	Repeater Spacing
Twisted pair (with loading)	0 to 3.5 kHz	0.2 dB/km @ 1 kHz	50 μs/km	2 km
Twisted pairs (multi-pair cables)	0 to 1 MHz	0.7 dB/km @ 1 kHz	5 μs/km	2 km
Coaxial cable	0 to 500 MHz	7 dB/km @ 10 MHz	4 μs/km	1 to 9 km
Optical fiber	186 to 370 THz	0.2 to 0.5 dB/km	5 μs/km	40 km

Wireless Transmission

- سه محدوده فرکانسی برای انتقال بی سیم مورد توجه هست.
  - فرکانس های ماکروویو 1GHz to 40GHz
    - تشعشعات جهت دار امکان پذیر هست.
    - برای انتقال نقطه به نقطه بسیار مناسب هست.
    - کاربرد در ارتباطات ماهواره ای

Wireless Transmission

- فرکانس های رادیویی 1GHz to ۳۰MHz
  - برای کاربرد های یک جهته.
- فرکانس های مادون قرمز 3*10^11 to 2*10^14
  - برای کاربرد های محلی.
  - برای انتقال نقطه به نقطه ملی و چند نقطه ای.

آنتن

- آنتن یک هادی الکتریکی که برای تشعشع انرژی الکترو مغناطیسی یا برای جمع آوری آن بکار می رود.
- آنتن سهموی یا پارابولیک انعکاسی در ماکروویو زمینی و کاربردهای ماهواره استفاده می شود.
- اگر منبع انرژی الکترو مغناطیسی در مرکز پارابولوئید قرار گیرد و سطح انعکاسی داشته باشد امواج ماکروویو به موازات محور آن منعکس می شوند.
- شکل ص ۱۲۶ اضافه کردد.

بهره آنتن

- معیاری از جهتی بودن آنتن هست که به صورت توان خروجی در جهتی خاص در مقایسه با توان تولیدی در هر جهت توسط آنتن چند جهته (ایزوتروپیک)تعریف می شود.

$$G=\frac{4\pi Ae}{\lambda^2} \Rightarrow G=\frac{4\pi f^2 Ae}{c^2}$$

$$\lambda=VT=V\frac{1}{f}=\frac{v}{f}$$

- G :بهره آنتن
- C=v : سرعت نور
- Ae:سطح موثر
- λ:طول موج
- F:فرکانس حامل
- سطح موثر یک آنتن ایزوتروپیک ایده آل با بهره توان ۱ ، $\frac{\lambda^2}{4\pi}$ است.
- سطح موثر یک آنتن پارابولیک به سطح مقطع A برابر 0.56A و بهره توان $\frac{7A}{\lambda^2}$ است.

مثال بهره آنتن

- برای آنتن انعکاسی پارابولیک به قطر 2m که در فرکانس 12GHz کار می کند سطح موثر و بهره آنتن را محاسبه کنید.
- سطح : A = πr^2 = π
- سطح موثر: Ae = 0.56A = 0.56 π
- طول موج: λ=c/f = (3*10^8)/(12*10^9) = 0.025m
- بهره : G = 7A/ λ^2 = (7π)/(0.025)^2 = 35176
- GdB = 10log 3517 = 45.46dB

ماکروویو زمینی

- رایج ترین نوع آنتن نوع پارابولیک است معمولا قطر آن 3m است که در محلی با ارتفاع بالا ثابت می شود تا ارسال دید مستقیم را برای آنتن فراهم سازد.
- برای انتقال به دور دست یک سری برجهای تکرار کننده ماکروویو بکار می رود.
- ارتباطات نقطه به نقطه به هم وصل می شوند.

ماکروویو زمینی

✓کاربردها

✓ جایگزینی برای کابل کواکسیال

✓تعداد کمتری تکرار کننده در همان مسافت.

✓بطور متداول برای رادیو و تلویزیون استفاده می شود.

✓ارتباط نقطه به نقطه بین ساختمانهای نزدیک برای تلویزیون مدار بسته

✓ارتباط بین شبکه های محلی

ماکروویو زمینی

- خصوصیات انتقال
- انتقال ماکروویو طیف بزرگی از طیف الکترو مغناطیس را شامل می شود.
- رایج ترین باند ارتباطات راه دور باندهای ٤-٦ گیگا هرتز بعد آن باند ١١ گیگا
- باند ١٢ گیگا برای تلویزیون کابلی
- اتلاف:
- $L = 10 \log (4\pi d/\lambda)^2$
- D فاصله و λ طول موج است.

ماکروویو زمینی

◈تضعیف

◈مسافت

◈ریزش باران بخصوص در فرکانسهای بالای ١٠ گیگا هرتز

◈تداخل امواج (بایستی اختصاص باند فرکانسی سازمان یافته باشد).

پهنای باند – سرعت

عملکرد نوعی ماکروویوی دیجیتال		
باند (گیگا هرتز)	پهنای باند(مگا هرتز)	سرعت انتقال(Mbps)
٢	٧	١٢
٦	٣٠	٩٠
١١	٤٠	١٣٥
١٨	٢٢٠	٢٧٤

ماهواره ها

- داده های مدوله شده از طریق امواج مایکروو از زمین به سمت ماهواره فرستاده می شوند.
- این امواج دریافت و از طریق مدارات خاصی بنام ترانسپوندر به یکسری مقصد های مشخص مجدد ارسال می شود.
  - یک ماهواره ترانسپوندرهای زیادی دارد که هر کدام باند فرکانسی خاصی را پوشش می دهند.
  - برای نمونه یک کانال ماهواره دارای پهنای باند زیادی بوده (حدود ٥٠٠ مگاهرتز)بوده و صدها خط ارتباطی با نرخ داده بالا را به روش تسهیم سازی فراهم می کند.

ماهواره ها

در این حالت ظرفیت قابل دسترس کانال به زیر کانالهایی تقسیم می شود که هر یک می تواند خط داده جداگانه ای باشد.

برای نمونه یک کانال ماهواره دارای پهنای باند زیادی بوده (حدود ٥٠٠ مگاهرتز)بوده و صدها خط ارتباطی با نرخ داده بالا را به روش تسهیم سازی فراهم می کند.

در این حالت ظرفیت قابل دسترس کانال به زیر کانالهایی تقسیم می شود که هر یک می تواند خط داده جداگانه ای باشد.

ماهواره های مخابراتی ثابت

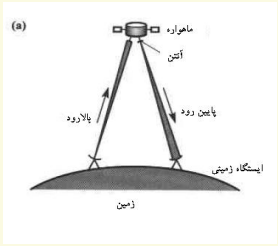
- ماهواره های مخابراتی معمولا ثابت نامیده می شوند یعنی ماهواره همزمان با زمین در هر ۲٤ ساعت یکبار دور زمین گردش می کند و از اینرو نسبت به زمین ثابت می باشد.
- چرخش ماهواره طوری است که یک مسیر ارتباطی مستقیم نسبت به ایستگاه فرستنده و ایستگاهها گیرنده داشته باشد.
- زاویه پخش امواج مایکروویو ارسالی از ماهواره می تواند بزرگ (برای پوشش جغرافیایی بیشتر) و یا کوچک (برای ناحیه خاص) باشد
  - در حالت دوم توان سیگنال بالا بوده و می توان از آنتن ها یا دیشهای با قطر کمتر (معروف بهVSAT) نیز استفاده نمود.

کاربرد ماهواره ها

- ماهواره ها بطور گسترده ای در کاربردهای انتقال داده بکار می روند:
  - اتصال شبکه های کامپیوتری در سطح جهانی با سرعت بالا
  - اتصال شبکه های مخابراتی در نقاط مختلف یک کشور

سیستم ماهواره ای نقطه به نقطه

- در این شکل یک مسیرانتقال یک طرفه نشان داده شده اما در بیشتر کاربردهای عملی کانالهای بالاو پایین مربوط به هر ایستگاه زمینی فرکانسهای متفاوتی دارند.



سیستم ماهواره ای نقطه به چند نقطه

- نوع دیگری از پیکربندی شامل یک ایستگاه هاب زمینی است که با دیگر ایستگاههای زمینی پراکنده در یک کشور ارتباط دارند.
- معمولا به هر VSAT یک کامپیوتر وصل شده و می تواند با یک کامپیوتر مرکزی متصل به هاب ارتباط داشته باشد .

سیستم ماهواره ای نقطه به چند نقطه

معمولا سایت مرکزی روی یک فرکانس داده های خود را برای همه VSAT ها پخش می کند ، در حالیکه در مسیر برگشت هر VSAT روی فراکانس جداگانه ای ارسال می کند.

سیستم ماهواره ای نقطه به چند نقطه

- برای ارتباط به یک VSAT خاص ، سایت مرکزی پیامی را با قرار دادن مشخصه VSAT مورد نظر در سرآیند پیام پخش می کند.
- در کاربردهای VSAT به VSAT ابتدا همه پیامها از طریق ماهواره به سایت مرکزی ارسال شده و سپس از آنجا برای گیرنده های مورد نظر پخش می شود.
- با نسل جدید ماهواره های توان بالا، می توان مسیر یابی را بطور مستقیم و بدون انتقال از سایت مرکزی ارسال نمود.
- ارسال VSAT به VSAT امکان پذیر است.

ماکروویو ماهواره ای

- توصیف
- یک ماهواره مخابراتی یک رله ماکروویو است که جهت ارتباط دو یا چند فرستنده گیرنده زمینی مورد استفاده قرار می گیرد.
- ماهواره سیگنالی را در یک باند فرکانسی دریافت و تقویت کرده و با فرکانس دیگری ارسال می کند. ماکروویو طیف بزرگی از طیف الکترو مغناطیس را شامل می شود.

ماکروویو ماهواره ای

توصیف

پخش تلویزیون

ارتباط تلفنی راه دور

شبکه های تجاری خصوصی

استقرار سرتاسری GPS

ماکروویو ماهواره ای

- خصوصیات انتقال
- بهترین محدوده فرکانسی برای انتقال ماهوارهای در محدوده ۱ تا ۱۰ گیگا هرتز است.
- در کمتر از ۱ گیگا هرتز پارازیت های زیادی مثل کهکشان ها ، خورشید، پارازیت های جو و غیره وجود دارد.
- در بالای ۱۰ گیگا هرتز سیگنال به شدت جذب جوی و باران تضعیف می شود.

ماکروویو ماهواره ای

ماهواره ها از باند فرکانسی حدود ۵.۹۲۵ تا ٦.٤٢٥ برای ارسال از زمین و از باند ۳.۷ تا ٤.٢ گیگا هرتز برای ارسال از ماهواره به زمین استفاده می شود.

به دلیل مسافت زیاد از یک فرستنده تا گیرنده یک چهارم ثانیه تاخیر داریم.

مایکروویو ماهواره ای ذاتا امکان پخش است.

رادیو

- ماکروویو در جهت معینی استفاده ولی رادیو در تمام جهات.
- از فرکانس های ۳ کیلو تا ۳۰۰ مگا استفاده می کند.
- رادیو غالبا برای ایجاد ارتباط بی سیم بین کامپیوترهای توزیع شده بکار می رود.
- برای امواج رادیویی بالاتر از ۳۰ مگا هرتز یونیسفر شفاف است و از آن عبور می کند لذا تداخلی از جانب برگشت امواج نداریم.

رادیو

امواج رادیویی به دلیل طول موج بزرگتر کمتر تضعیف می شوند زیرا تضعیف از رابطه زیر بدست می آید.

$10\log(4Md/\lambda)dB$

منبع اصلی تداخل رادیویی تداخل چند مسیری است.انعکاس زمین، آب یا اشیا بین آنتن ها مسیر های چندگانه ایجاد می کند.

رادیو

- در فواصل متوسط بجای سیم های ثابت می توان از امواج رادیوی با فرکانس کم و فرستنده هاو گیرنده های زمینی استفاده نمود.
  - اتصال تعداد زیادی از کامپیوترهای جمع آوری کننده داده که در یک محیط روستایی پراکنده هستند و داده های خود را به یک ایستگاه ناظر دور ارسال می کنند
  - اتصال کامپیوترها (یا پایانه ها) داخل شهر که بخواهند به یک کامپیوتر محلی یا دور متصل شوند.
- رادیو غالبا برای ایجاد ارتباط بی سیم بین کامپیوترهای توزیع شده بکار می رود.

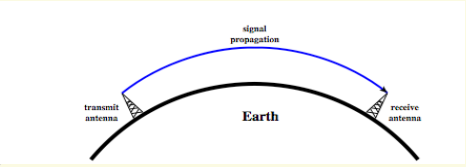
مادون قرمز

- فرستنده و گیرنده باید در خط دید یکدیگر باشند و از طریق مستقیم و یا انعکاس سطح نور رنگی مانند سقف اطاق ارسال صورت می گیرد.
- تفاوت آن با مایکروویو این است که مادون قرمز از دیوار عبور نمی کند
- نیاز به مجوز نیست.

انتشار بی سیم

- امواجی که از آنتن پخش می شوند از یکی از سه مسیر انتقال زیر منتقل می شوند.
  - موج زمینی
  - موج هوایی
  - دید مستقیم (LOS)

Wireless Propagation
Ground Wave



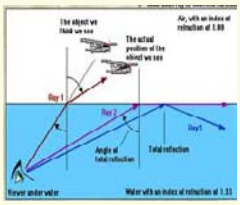
Wireless Propagation
Line of Sight

Wireless Propagation
Sky Wave

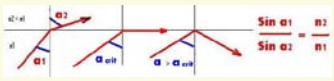
انکسار

- سرعت موج الکترو مغناطیس تابعی از چگالی محیطی می باشد که نور از آن عبور می کند.
- در هوا، خلاء، شیشه و دیگر محیطهای شفاف و نیمه شفاف امواج الکترو مغناطیس با سرعت کمتر از c=3*10^8 انتشار می یابد.
- وقتی نور از یک محیط با چگالی خا به محیط دیگر با چگالی خاص دیگری وارد می شود ضمن تغییر سرعتمسیر آن ممکن است عوض شود.

فیزیک نور



- **شکست نور** یک پدیده اپتیکی است که در آن نور رسیده از یک منبع نورانی به خاطر تغییر سرعتی که برای آن در دو محیط با ضریب شکست متفاوت رخ می‌دهد دچار تغییر مسیر می‌شود



دید مستقیم نوری و رادیویی

- اگر موانعی وجود نداشته باشد دید مستقیم نوری به صورت زیر است.

$$d = 3.57\sqrt{h}$$

- d: مسافت بین یک آنتن و افق برحسب کیلومتر و h ارتفاع آنتن به متر است.
- دید مستقیم و موثر از رابطه زیر بدست می آید.

$$d = 3.57\sqrt{kh}$$

- K ضریب تنظیم برای احتساب شکست است و برابر k=4/3 است.

\

فاصله دو آنتن برای انتشار مستقیم

- $d = 3.57\sqrt{kh1} + \sqrt{kh2}$ ارتفاع آنتن ها می باشد. h1, h2
- مثال:
- حداکثر فاصله دو آنتن برای انتقال مستقیم اگر اولی در ارتفاع ۱۰۰ متر و دومی روی زمین باشد را بدست آورید.
- مثال: $d = 3.57\sqrt{kh1} + \sqrt{kh2} = 3.57\sqrt{4/3*100} = 41km$
- آنتن گیرنده ارتفاع ۱۰ متر باشد برای رسیدن به همان فاصله ارتفع فرستنده چقدر باید باشد؟

$$41 = 3.57(\sqrt{kh1} + \sqrt{13.3})$$
$$\sqrt{kh1} = \frac{41}{3.57} - \sqrt{13.3} = 7.84$$
$$h1 = 7.84\text{^}2/1.33 = 46.2m$$

اتلاف فضای آزاد

- اتلاف فضای آزاد: آنتن گیرنده هرچه از فرستنده دورتر باشد توان سیگنال کمتری دریافت می کند(سیگنال انتقال یافته با فاصله تضعیف می شود) زیرا سیگنال در سطح وسیع تر و وسیع تری پخش می شود.
- اتلاف فضای آزاد = نسبت توان منتشر شده به توان دریافتی

(Pt/Pr)

10log(Pt/Pr) dB

- برای آنتن ایزوتروپیک: $\frac{Pt}{\Pr} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi fd)^2}{c^2}$

اتلاف فضای آزاد

برای آنتن ایزوتروپیک: $\frac{Pt}{\Pr} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi fd)^2}{c^2}$

$$LdB = 10\log(\frac{Pt}{\Pr}) = 20\log\sqrt{\frac{4\pi d}{\lambda}}$$
$$= -20\log(\lambda) + 20\log(d) + 21.98dB$$
$$= 20\log\sqrt{\frac{4\pi fd}{c}} = -20\log(f) + 20\log(d) - 147.56dB$$

بهره آنتن و سطح موثر

$$LdB = 20\log(\lambda) + 20\log(d) - 10\log(At * Ar)$$
$$LdB = -20\log(f) + 20\log(d) - 10\log(At * Ar) + 169.54dB$$

اتلاف فضای آزاد

مثال:

اتلاف فضای آزاد ایزوتروپیک را در4GHzبرای کوتاه ترین مسیر با ماهواره همگام با زمین(۳۵۸۶۳ کیلومتر) بدست می آوریم. در 4GHz طول موج برابر است با:

$$\lambda = vt = v/f = c/f$$

$$= (3*10^{8})/(4*10^{9}) = 0.075m$$

اتلاف

$$LdB = -20\log(\lambda) + 20\log(d) + 21.98$$

$$LdB = -20\log(0.075) + 20\log(35863*10^{3}) + 21.98 dB = 195.6 dB$$

بهره انتن و ماهواره 48db , 44dbاست اتلاف فضای آزادچیست؟

$$LdB = 195.6 - 44 - 45 = 103.6dB$$

اتلاف فضای آزاد

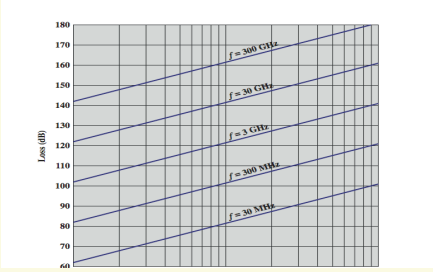
مثال:

توان فرستنده در ایستگاه زمین 250w است توان دریافتی در آنتن ماهواره چیست؟

توان 250 w برابر هست با 24dbw بنابراین توان در گیرنده توان برابر هست

24-103.6=-76.6dBW

Free Space Loss



جذب اتمسفر

اتلاف دیگری بین آنتن های فرستنده و گیرنده جذب جوی است.بخار آب و اکسیژن بیشترین نقش در جذب دارند. باران و مه باعث پخش و پراکندهگی امواج می شوند.

چند مسیری

به دلیل موانعی احتمالی که سر راه مبدا و مقصد هستند ممکن است.سیگنال توسط موانع منعکس می شوند و ممکن است چند سیکنال با تاخیر به گیرنده برسد.

انکسار از موارد تضعیف می باشد.