

# Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

## ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

**Indirizzo:** INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI

**ARTICOLAZIONE** TELECOMUNICAZIONI

**Tema di:** TELECOMUNICAZIONI

### PRIMA PARTE

Un'azienda, che dispone di una LAN con 120 host, deve aprire una succursale ubicata a 4 km di distanza dalla prima, nella quale vuole realizzare una LAN comprendente 55 host.

Le due reti, che sono in visibilità ottica, devono comunicare tra loro in modo sicuro attraverso un collegamento in fibra ottica realizzato con due tronchi di fibra aventi le seguenti caratteristiche:

#### primo tronco

- indice di rifrazione del core  $n_x = 1,3$ ;
- apertura numerica  $NA_x = 0,20$ ;
- diametro del core  $d_x = 50 \mu\text{m}$ ;
- lunghezza del tronco  $l_x = 2,5 \text{ km}$ ;
- attenuazione per unità di lunghezza  $0,35 \text{ dB/km}$ .

#### secondo tronco

- indice di rifrazione del core  $n_y = 1,2$ ;
- apertura numerica  $NA_y = 0,19$ ;
- diametro del core  $d_y = 47 \mu\text{m}$ ;
- lunghezza del tronco  $l_y = 1,5 \text{ km}$ ;
- attenuazione per unità di lunghezza  $0,40 \text{ dB/km}$ .

Il collegamento è caratterizzato dai seguenti parametri:

- banda totale del collegamento  $B_T = 66 \text{ MHz}$ ;
- frequenza di cifra  $f_C = 68,7 \text{ MHz}$ ;
- potenza massima del trasmettitore  $P_{TXMAX} = 1 \text{ dBm}$ ;
- potenza minima del trasmettitore  $P_{TXMIN} = -2 \text{ dBm}$ ;
- potenza massima del ricevitore  $P_{RXMAX} = -25,6 \text{ dBm}$ ;
- potenza minima del ricevitore  $P_{RXMIN} = -32 \text{ dBm}$ ;

Nell'ipotesi di disporre del blocco di indirizzi IP 192.168.20.0, il candidato, formulate le opportune ipotesi aggiuntive, sviluppi i seguenti punti:

- 1) dopo aver disegnato un possibile schema a blocchi del sistema, definisca il piano di indirizzamento IPv4 per l'intera infrastruttura di rete;
- 2) determini l'attenuazione complessiva del collegamento in fibra ottica.
- 3) determini i margini inferiore e superiore del collegamento tenendo anche conto della penalità di banda  $\eta$  così definita:

$$\eta = 1,5 \cdot \left( \frac{f_C}{B_T} \right)^2$$

- 4) verifichi se il collegamento soddisfa i requisiti di progettazione e consideri l'eventuale introduzione di adeguati attenuatori;
- 5) evidenzi eventuali punti di debolezza del sistema e proponga, con opportune motivazioni, interventi aggiuntivi per ridurre la vulnerabilità ai guasti.

---

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrice non programmabile.

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

## SECONDA PARTE

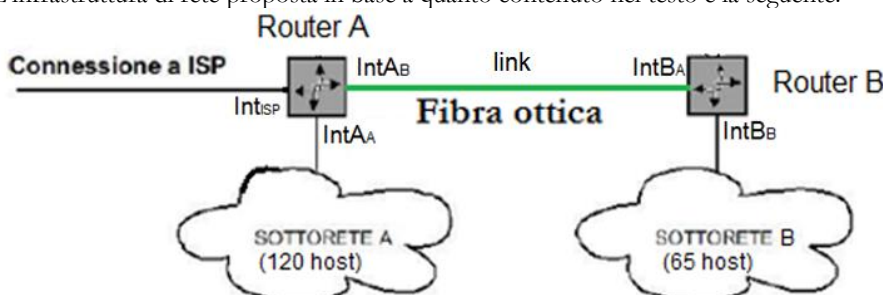
Il candidato scelga due fra i seguenti quesiti e per ogni scelta formuli una risposta:

- 1) illustrare le differenze tra trasmissione analogica e numerica, evidenziando i vantaggi della seconda rispetto alla prima;
- 2) descrivere il funzionamento del DNS e la divisione logica dell'insieme di tutti gli indirizzi simbolici di Internet;
- 3) Due stazioni radio sono distanti tra loro 20 km. La stazione trasmittente, dotata di un'antenna a paraboloide avente diametro  $d_T=2$  m ed efficienza superficiale  $\eta_{aT}=0,73$ , è collegata al trasmettitore tramite una guida d'onda di lunghezza pari a 25 m, avente un'attenuazione di 0,15 dB/m. La stazione ricevente, dotata di un'antenna a paraboloide di diametro  $d_R = 1,5$  m ed efficienza superficiale  $\eta_{aR} = 0,71$ , è collegata al ricevitore tramite un tratto di guida d'onda avente lunghezza pari a 15 m e attenuazione di 0,12 dB/m. Nel caso la potenza in trasmissione sia  $P_T= 1$  kW e la frequenza di lavoro  $f = 3$  GHz, determinare la potenza in ricezione.

## SOLUZIONE PRIMA PARTE

**Punto 1:** il candidato, dopo aver disegnato un possibile schema a blocchi del sistema, definisca un piano di indirizzamento IPv4 per l'intera infrastruttura di rete;

L'infrastruttura di rete proposta in base a quanto contenuto nel testo è la seguente:



Il sistema è formato da tre sottoreti: la sottorete della sede centrale (A) con 120 host, la sottorete della succursale (B) con 65 host, e il link che collega i router A e B, il quale deve essere considerato a tutti gli effetti una sottorete.

È importante ricordare che è necessario assegnare un indirizzo IP a ciascuna interfaccia di ogni router: alle interfacce verso le sottoreti può essere assegnato un indirizzo della sottorete alla quale esso è interfacciato (ad esempio l'ultimo indirizzo utile), alle interfacce verso il link uno degli indirizzi disponibili della relativa sottorete.

Con riferimento alla figura precedente, essendo il numero totale degli host della rete  $120 + 65 = 185$ , è sufficiente utilizzare il solo blocco di indirizzi C assegnato per indirizzare gli host (si ricordi che un blocco C comprende 254 indirizzi IP).

Al riguardo conviene adottare la modalità di subnetting VLSM/CIDR, che consente di assegnare alle sottoreti netmask di lunghezza variabile un numero di bit tale da evitare indirizzi non utilizzati.

Occorre innanzitutto determinare il numero di bit necessari ad indirizzare gli host della sottorete più grande (A).

Per indirizzare 120 host e l'interfaccia verso il router sono necessari 7 zeri nell'ultimo ottetto della netmask (il numero dei terminali per ciascuna sottorete si ottiene elevando la cifra 2 al numero di 0 presenti nella netmask diminuito di due unità); per la rete A la netmask risulta pertanto:

$$11111111.11111111.11111111.10000000 \rightarrow 255.255.255.128$$

Si ha infatti:  $2^7 - 2 = 128 - 2 = 126$  host, sufficienti per le necessità della rete più grande (120 host più un indirizzo dell'interfaccia interna  $IntA_A$  del router A, cioè 121).

Essendo il numero delle sottoreti in cui è suddivisa la rete principale pari a 2 elevato al numero di bit 1 presenti nel byte che contiene la separazione tra la serie di 1 e di 0 (in questo caso 1), possono essere definite sono  $2^1 = 2$  sottoreti.

Per determinare gli indirizzi IP delle due sottoreti occorre calcolare l'incremento.

Al riguardo, considerata la netmask precedente in formato binario (11111111.11111111.11111111.10000000), si individua l'ultimo bit 1 della serie partendo da sinistra (in grassetto) e si converte in base 10: l'incremento risulta  $1 \times 2^7 = 128$ . Gli indirizzi IP delle due sottoreti si ricavano a partire dall'indirizzo della rete principale 192.168.20.0 incrementando di 128 l'ultimo byte, che pertanto risultano 192.168.20.0 e 192.168.20.128.

Si può quindi assegnare il primo indirizzo (192.168.20.0) alla sottorete A: gli indirizzi 192.168.20.1÷192.168.20.126 agli host e l'indirizzo 192.168.20.127 all'interfaccia interna  $IntA_A$ .

La netmask della seconda sottorete (255.255.255.128) è:

$$(255.255.255.128) \rightarrow 11111111.11111111.11111111.10000000$$

e pertanto, essendo 65 gli host di B, la netmask deve contenere 6 bit 0 ( $2^6 - 2 = 64 - 2 = 62$ ), come di seguito indicato:

$$11111111.11111111.11111111.11000000 \rightarrow 255.255.255.192$$

Si può osservare che rispetto alla precedente netmask è stato aggiunto un bit 1, per cui si ottengono  $2^1 = 2$  sottoreti da 62 host, più che sufficienti per indirizzare i 55 host della sottorete B.

Convertendo in decimale il byte della netmask in cui si ha la separazione dei bit 1 dai bit 0 (il quarto), si ottiene:

$$11000000 \rightarrow 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 192$$

e pertanto l'incremento vale:

$$k = 256 - 192 = 64$$

Gli indirizzi IP delle due sottoreti definite si ricavano a partire dall'indirizzo della rete 192.168.20.128 incrementando di 64 il quarto byte: l'indirizzo della prima sottorete è quindi 192.168.20.128, quello della seconda 192.168.20.192.

Si può quindi assegnare il primo indirizzo (192.168.20.128) alla sottorete B: gli indirizzi 192.168.20.129÷192.168.20.190 agli host e l'indirizzo 192.168.20.191 all'interfaccia interna IntA<sub>B</sub>.

Assegnando il secondo indirizzo (192.168.20.192) al link, gli indirizzi disponibili risultano compresi tra 192.168.20.193 e 192.168.20.256: si può quindi assegnare all'intercaccia IntA<sub>B</sub> l'indirizzo 192.168.20.194 e all'intercaccia IntB<sub>A</sub> l'indirizzo 192.168.20.195.

Nella tabella che segue sono indicati gli indirizzi disponibili per le sottoreti e le interfacce dei router.

SOTTORETE	INDIRIZZI DIPOSNIBILI
A (192.168.20.0/25)	192.168.20.1/25 → 192.168.20.126/25
B (192.168.20.128/26)	192.168.20.129/26 → 192.168.20.190/26
IntA <sub>A</sub>	192.168.20.127/25
IntA <sub>B</sub>	192.168.20.194/26
IntB <sub>A</sub>	192.168.20.195/26
IntB <sub>B</sub>	192.168.20.191/26
Int <sub>ISP</sub>	IP e netmask forniti dall'ISP

**Punto 2:** *il candidato determini l'attenuazione complessiva del collegamento in fibra ottica.*

L'attenuazione complessiva A<sub>T</sub> del collegamento è la somma dei seguenti contributi:

- attenuazione dovuta alla lunghezza del collegamento, il cui valore è dato da:
  - l'attenuazione del primo tronco =  $0,35 \cdot l_x = 0,35 \cdot 2,5 = 0,875 \text{ dB}$
  - l'attenuazione del secondo tronco =  $0,40 \cdot l_y = 0,40 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ dB}$
- attenuazione dovuta ai diversi indici di rifrazione:

$$A_{(n)} = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

in cui la trasmittenza  $\tau$  risulta:

$$\tau = \frac{4}{2 + \frac{n_x}{n_y} + \frac{n_y}{n_x}} = \frac{4}{2 + \frac{1,3}{1,2} + \frac{1,2}{1,3}} = 0,998 \text{ dB}$$

Si ha quindi:

$$A_{(n)} = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{1}{0,998} = 0,0087 \text{ dB}$$

- attenuazione dovuta al diverso diametro del core dei due tronchi; il primo (fibra sorgente) ha il diametro del core superiore al secondo (fibra ricevente) e pertanto la relativa attenuazione vale:

$$A_d = 20 \log \frac{d_x}{d_y} = 20 \log \frac{50}{47} = 0,537 \text{ dB}$$

- attenuazione dovuta al diverso valore dell'apertura numerica dei due tronchi; il primo (fibra sorgente) ha infatti un'apertura numerica superiore a quella del secondo (fibra ricevente) e pertanto la relativa attenuazione vale:

$$A_{NA} = 20 \log \frac{NA_x}{NA_y} = 20 \log \frac{0,2}{0,19} = 0,445 \text{ dB}$$

L'attenuazione complessiva risulta quindi:

$$A_T = 0,875 + 0,6 + 0,0087 + 0,537 + 0,445 \approx 2,46 \text{ dB}$$

**Punto 3:** *il candidato determini i margini inferiore e superiore del collegamento tenendo anche conto della penalità di banda  $\eta$ :*

$$\eta = 1,5 \cdot \left( \frac{f_c}{B_T} \right)^2$$

La penalità di banda risulta:

$$\eta = 1,5 \cdot \left( \frac{f_c}{B_T} \right)^2 = 1,5 \cdot \left( \frac{68,7 \cdot 10^6}{66 \cdot 10^6} \right)^2 = 1,62 \approx 2,09 \text{ dB}$$

Essendo l'attenuazione totale A<sub>T</sub> = 2,46 dB e la penalità di banda  $\eta$  = 2,09 dB, poiché la potenza in trasmissione varia tra 1 e -2 dB, i livelli massimo e minimo del segnale in ricezione risultano:

$$P_{R\max} = P_{TX\max} - A_T - \eta = 1 - 2,46 - 2,09 = -3,56 \text{ dB}$$

$$P_{R\min} = P_{TX\min} - A_T - \eta = -2 - 2,46 - 2,09 = -6,55 \text{ dB}$$

**Punto 4:** *il candidato verifichi se il collegamento soddisfa i requisiti di progettazione e consideri l'eventuale necessità di introdurre adeguati attenuatori;*

Per garantire il corretto funzionamento del collegamento la potenza  $P_R$  del segnale in ricezione deve essere compresa nel range di accettabilità del ricevitore, cioè:

$$P_{RX\min} (-32 \text{ dB}) < P_R < P_{RX\max} (-25,6 \text{ dB})$$

Considerando allora il livello massimo di potenza che giunge al ricevitore calcolato al punto 3 ( $P_{R\max} = -3,56 \text{ dB}$ ) e la soglia di potenza massima accettabile dallo stesso ( $P_{RX\max} = -25,6 \text{ dB}$ ), è immediato dedurre che  $P_{R\max} > P_{RX\max}$ ; si ha infatti:

$$P_{R\max} - P_{RX\max} = -3,56 - (-25,6) = 22,04 \text{ dB}$$

e pertanto è necessario introdurre un attenuatore da 22,04 dB.

Infatti, con un tale valore di attenuazione, in corrispondenza del livello minimo del segnale che giunge in ricezione calcolato al punto 3 ( $P_{R\min} = -6,55 \text{ dB}$ ), il livello del segnale all'ingresso del ricevitore vale:

$$P_{R\min} - 22,04 = -6,55 - 22,04 = -28,59 \text{ dB}$$

che essendo maggiore di  $P_{RX\min} = -32 \text{ dB}$  garantisce il corretto funzionamento del sistema.

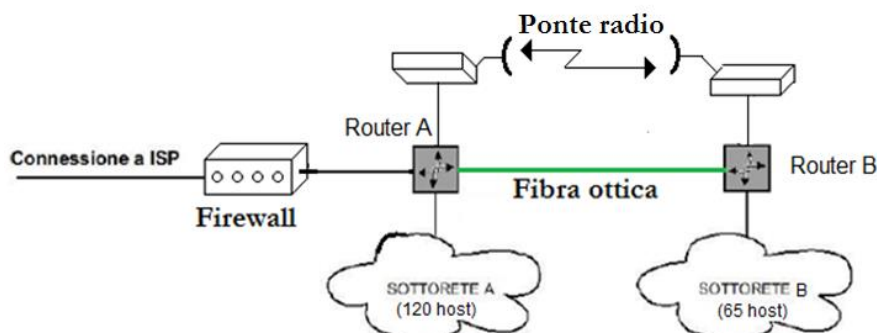
**Punto 5:** *il candidato metta in evidenza eventuali punti di debolezza del sistema e proponga, motivandola opportunamente, una modifica alla struttura dello stesso in modo da ridurre la vulnerabilità ai guasti.*

Dall'analisi dello schema del sistema indicato nel punto 1 si evince quanto segue:

- fra i due edifici esiste un solo collegamento in fibra ottica, e pertanto in caso di interruzione/guasto della fibra, la sottorete B non accedrebbe più a Internet;
- assenza di almeno un firewall a protezione della rete nel collegamento verso l'ISP.

Le possibili azioni da intraprendere per migliorare le prestazioni del sistema possono essere le seguenti:

- Proteggere la rete da attacchi esterni che potrebbero sia porre fuori servizio la rete sia consentire furti di dati, come ad esempio progetti e documenti sensibili, tramite almeno un firewall hardware ad alte prestazioni.
- Essendo le due sedi in visibilità ottica, è possibile realizzare tra loro un secondo collegamento, di tipo radio, realizzato tramite una coppia di switch Wi-Fi o HIPERLAN (HighPERformance Radio Local Area Network), in modo da avere velocità di trasmissione elevate, operare nella banda dei 5 GHz, meno congestionata di quella a 2,4 GHz, realizzando così una rete con topologia a maglia, come mostrato nella figura che segue.



## SOLUZIONE SECONDA PARTE

**Punto 1:** *illustrare le differenze tra la trasmissione analogica e quella numerica, evidenziando i vantaggi delle seconde rispetto alle prime.*

Il concetto di analogico è basato sulla somiglianza e continuità: una rappresentazione analogica riproduce le caratteristiche del fenomeno in ogni loro minima variazione (riproduzione fedele), stabilendo quindi un rapporto continuo tra il fenomeno rappresentato ed il vettore di trasporto (segnale elettrico): per ogni variazione di stato della sorgente si ha una corrispondente variazione di stato del vettore.

Ad esempio, in un collegamento telefonico, le vibrazioni generate nell'aria dalla voce umana arrivano al microfono della cornetta del telefono, sono convertite in variazioni di corrente elettrica e vengono inviate sulla linea di collegamento con l'altro apparecchio, dove avviene il processo inverso.

Nella trasmissione digitale, invece, le informazioni della sorgente, che possono essere già in formato digitale, oppure digitalizzate al momento della trasmissione, sono veicolate in un segnale che può assumere solo due stati, ai quali viene associata una cifra binaria: il bit, che può assumere soltanto i valori "0" o "1".

Ogni bit può essere rappresentato mediante vari tipi di segnali: ad esempio, due livelli di tensione elettrica, due frequenze, o ancora due impulsi luminosi emessi da un laser (dipende dal sistema di trasmissione utilizzato). La codifica dei bit può essere effettuata in diversi modi.

Nel caso più semplice, ad ogni bit corrisponde un livello del segnale: ad esempio, allo 0 un livello di tensione basso, all'1 un livello alto.

Con questa tipologia di codifica sono però possibili errori dovuti, ad esempio, a eventuali interferenze che possono trasformare gli "1" in "0" e viceversa: per questa ragione nei sistemi di telecomunicazione digitale sono utilizzate codifiche più complesse, che consentono una corretta ricostruzione del segnale in quanto dotate di processi di individuazione e correzione degli errori di trasmissione.

I sistemi di trasmissione digitale hanno sostituito completamente quelli analogici per varie ragioni, le più importanti delle quali sono:

- maggiore efficienza e qualità nella comunicazione, in quanto meno soggetti ai disturbi che possono essere introdotti durante trasmissione, e la possibilità di utilizzare tecniche per la correzione degli errori di trasmissione;
- notevole sicurezza della comunicazione, perché consentono di implementare processi di cifratura che tutelano dalle intercettazioni;
- i costi delle tecnologie digitali sono diminuiti con un ritmo vertiginoso, rendendole economicamente convenienti;
- l'enorme diffusione dei computer, prima nelle tradizionali aree commerciali e scientifiche e poi nel mercato di massa, ha portato all'integrazione di tutte le tecnologie in un'unica piattaforma numerica, in grado di offrire servizi interattivi digitali.

**Punto 2:** *descrivere il funzionamento del DNS e la suddivisione logica dell'insieme di tutti gli indirizzi simbolici di Internet.*

L'idea alla base del funzionamento del DNS è la suddivisione logica dell'insieme degli indirizzi simbolici di Internet, detto **spazio dei nomi**, in settori più o meno grandi, detti **domini**, per ciascuno dei quali è definita una struttura di gestione denominata **autorità di dominio**.

Le autorità di dominio, coordinate da un'**autorità centrale**, sono delegate a gestire l'assegnazione dei nomi nell'area di propria competenza.

Ogni dominio può essere diviso in domini più piccoli, detti **sottodomini**, la cui gestione è affidata ad **autorità di sottodominio**.

Un **nome di dominio** o **indirizzo Internet** (o anche **Fully Qualified Domain Name - FQDN**) è una notazione simbolica di tipo letterale formata da vari campi, detti **etichette**, separati da punti, ognuno dei quali è assegnato dall'autorità di dominio competente che ne garantisce l'unicità.

L'etichetta più a sinistra indica il nome del computer, che solitamente coincide con quello della persona fisica proprietaria del computer stesso (o al quale è affidato, nel caso di dipendente di un'azienda o ente), i successivi nomi indicano i domini, ciascuno dei quali è contenuto in quello che segue.

Un nome di dominio completo termina sempre con un punto, che rappresenta la radice della gerarchia (Autorità centrale).

Ad esempio nel nome di dominio:

**mrossi.redazione.hoepli.it.**

- il "." rappresenta il livello più alto gestito dall'autorità centrale (ICANN - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers);
- **"it"** è il dominio di primo livello (unico a livello mondiale) che comprende tutti i domini italiani; l'autorità centrale delega i responsabili della gestione dei nomi sotto il dominio "it" (It-NIC - Italian Network Information Center, presso l'Istituto per le applicazioni telematiche del CNR di Pisa);
- **"hoepli"** è il dominio di secondo livello che gestisce i nomi per la casa editrice HOEPLI ed è unico a livello del dominio "it"; l'autorità del dominio "it" delega ai responsabili della gestione dei nomi sotto il dominio hoepli.it;
- **"redazione"** è il dominio di terzo livello che gestisce i nomi per il reparto "redazione" della casa editrice HOEPLI ed è unico a livello del dominio "hoepli.it"; l'autorità del dominio "hoepli.it" delega ai responsabili la gestione dei nomi sotto il dominio "redazione.hoepli.it";
- **"mrossi"** è il nome di un computer stabilito dall'autorità del dominio redazione.hoepli.it ed è unico a livello di tale dominio.

Si può osservare che l'ordine gerarchico va da destra verso sinistra: il nome più a destra rappresenta infatti il dominio di più alto livello, e procedendo a sinistra si entra nei dettagli.

Essendo le notazioni letterali soltanto artifici introdotti per ricordare più facilmente gli indirizzi IP, sui domini non esiste alcun vincolo geografico e pertanto, anche se in Italia la maggior parte dei computer appartengono al dominio "it", ne esistono alcuni con le altre denominazione (com, net, org e altri).

Normalmente un computer ha un solo nome, ma per lo stesso computer è possibile definire più nomi, allo scopo di indicare con notazione diversa i servizi che svolge.

Nell'ambito di ogni dominio di primo livello può essere definito qualsiasi numero di domini di livello inferiore.

**Punto 3:** *Due stazioni radio sono distanti tra loro 20 km. La stazione trasmittente, dotata di un'antenna a paraboloide avente diametro  $d_T = 1$  m ed efficienza superficiale  $\eta_{dT}=0,77$ , è collegata al trasmettitore tramite un tratto di guida d'onda di lunghezza pari a 15 m, avente un'attenuazione di 0,15 dB/m. La stazione ricevente, dotata di un'antenna a*

paraboloide di diametro  $d_R = 1,2 \text{ m}$  ed efficienza superficiale  $\eta_{aT} = 0,78$ , è collegata al ricevitore tramite un tratto di guida d'onda avente lunghezza pari a 10 m e attenuazione di 0,13 dB/m. Nel caso la potenza in trasmissione sia  $P_T = 1,5 \text{ kW}$  e la frequenza di lavoro  $f = 5 \text{ GHz}$ , determinare la potenza in ricezione.

La lunghezza d'onda di lavoro vale:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^9} = 6 \text{ cm}$$

#### Stazione trasmittente

- attenuazione della guida d'onda:

$$A_T = 15 \cdot 0,15 = 2,25 \text{ dB}$$

- guadagno del paraboloide:

$$G_T = \frac{\pi^2 d^2}{\lambda^2} \eta_{aT} = \frac{\pi^2 \cdot 1^2}{0,06^2} = 2338,77 \approx 33,68 \text{ dB}$$

#### Stazione ricevente

- attenuazione della guida d'onda:

$$A_R = 10 \cdot 0,13 = 1,3 \text{ dB}$$

- guadagno del paraboloide:

$$G_R = \frac{\pi^2 d_R^2}{\lambda^2} \eta_{aT} = \frac{\pi^2 \cdot 1,3^2}{0,06^2} = 4628,53 \approx 36,65 \text{ dB}$$

L'attenuazione dello spazio libero risulta:

$$A_L \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 = \left( \frac{4\pi \cdot 20 \cdot 10^3}{0,06} \right)^2 \approx 1,75 \cdot 10^{13} \approx 132,43 \text{ dB}$$

Ricordando che il riferimento assoluto di potenza è  $P_0 = 1 \text{ mW}$ , la potenza  $P_T$  espressa in dB vale:

$$P_T = 10 \log \left( \frac{P_T}{P_0} \right) = 10 \log \left( \frac{1,5 \cdot 10^3}{10^{-3}} \right) = 61,76 \text{ dB}$$

La potenza ricevuta risulta pertanto:

$$P_R(\text{dB}) = P_T(\text{dB}) + G_R(\text{dB}) + G_T(\text{dB}) - A_L(\text{dB}) - A_T(\text{dB}) - A_R(\text{dB}) = \\ 61,76 + 36,65 + 33,68 - 132,43 - 2,25 - 1,3 = -3,89 \text{ dB}$$