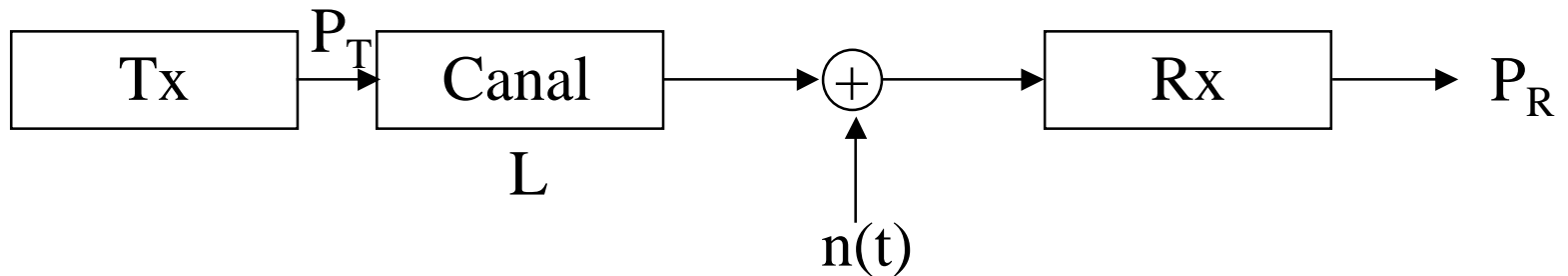

Clase 10: Diseño y análisis del cálculo de enlace

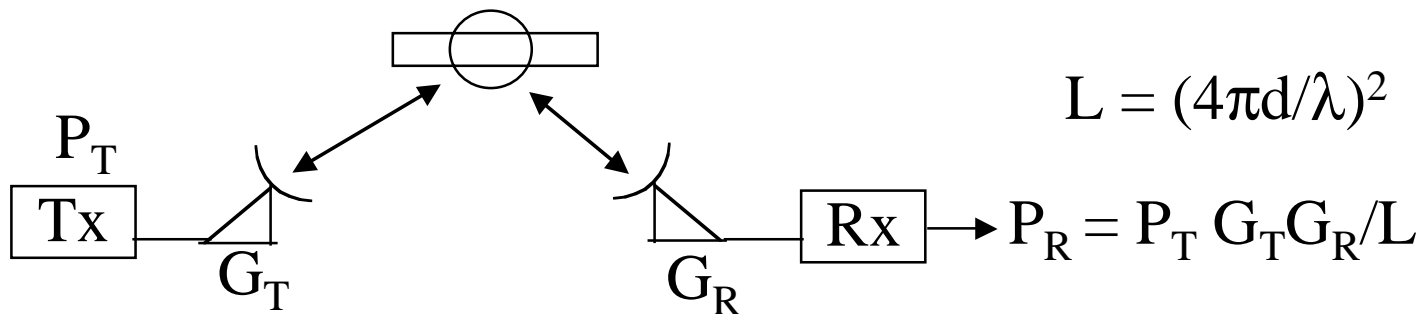
Eytan Modiano

Departamento de aeronáutica y astronáutica

Atenuación de señal



- La señal sufre una pérdida de atenuación L
 - Potencia recibida $P_R = P_T/L$
 - SNR recibido = E_b/N_0 , $E_b = P_R/R_b$
- Las antenas se utilizan para compensar la pérdida de atenuación
 - Capturar la mayor parte posible de señal



L = pérdida de espacio libre, d = distancia entre Tx y Rx
 λ = longitud de onda de señal

Ganancia de la antena

$$G_R = A_R 4\pi/\lambda^2$$

A_R es el área efectiva de la antena

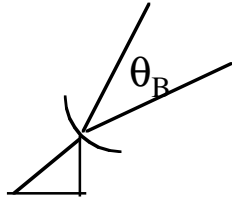
Para antena parabólica $A_R = \pi\eta D^2/4$

η = factor de eficacia de la iluminación, $0,5 < \eta < 0,6$
 D = diámetro del plato

$$\Rightarrow G_R = \eta(\pi D/\lambda)^2$$

$$\Rightarrow PR = P_T G_T D^2 \eta / (4d)^2$$

Anchura del haz de la antena



- **La anchura del haz es una medida de la directividad de la antena**
 - Una anchura pequeña concentra la potencia en un área más reducida
- **La pérdida de espacio libre supone que la potencia se radia en todas las direcciones**
- **Una antena con una anchura de haz más pequeña concentra la potencia y por tanto produce una ganancia**
 - Para antena parabólica, $\theta_B \sim 70\lambda/D$
 - La ganancia (G_T) es proporcional a $(\theta_B)^{-2}$
 - Por lo tanto doblar el diámetro de D aumenta la ganancia en un factor de 4

Ejemplo (Satélite GEO)

$$d = 36.000 \text{ km} = 36.000.000 \text{ metros}$$

$$f_c = 4 \text{ Ghz} \Rightarrow \lambda = 0,075\text{m}$$

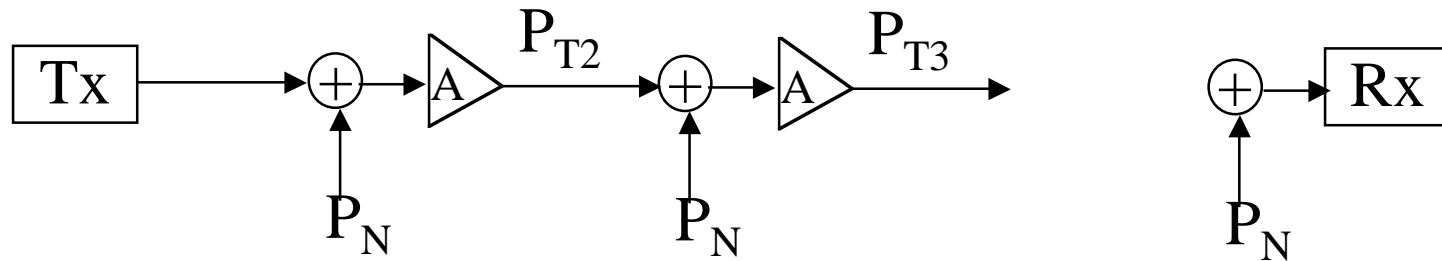
$$P_T = 100\text{w}, G_T = 18 \text{ dB}$$

La antena receptora es parabólica con $D = 3$ metros

A) ¿Que es PR?

B) Suponga que $(E_b/N_0)_{\text{req}} = 10 \text{ dB}$, ¿cuál es la tasa de datos obtenible R_b ?

Repetidores



- Un repetidor simplemente amplifica la señal para compensar la atenuación

$$P_{R1} = P_T/L, P_{T2} = P_{R1}A, P_{R2} = P_{T2}/L, \dots$$

$$P_{N1} = P_N, P_{N2} = P_{N1}A/L + P_N, \dots$$

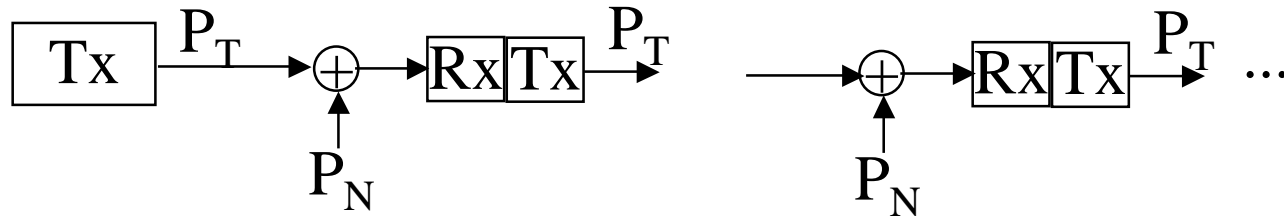
$$\text{Let } A = L \Rightarrow P_{RK} = P_T/L, P_{NK} = KP_N$$

$$P_{RK}/P_{NK} = P_T/LKP_N = 1/K (P_{R1}/P_{N1})$$

El SNR recibido se reduce en un factor K

$$(E_b/N_0)_k = 1/K (E_b/N_0)$$

Regeneradores



- **Un regenerador demodula, detecta y retransmite la señal**
 - Cada segmento tiene el mismo P_R/P_N y el mismo E_b/N_0 recibido
 - P_b = probabilidad de error en un segmento (independiente entre segmentos)
 - P_b (general) = $1 - P(\text{sin error}) = 1 - (1 - P_b)^K \sim KP_b$
- **Ahora compare el repetidor con el regenerador (p.ej. PAM)**

$$P_b = Q(\sqrt{2E_b / N_0})$$

$$\text{Pararepetidor : } P_b(\text{general}) = Q(\sqrt{2E_b / KN_0})$$

$$\text{Para regenerador : } P_b(\text{general}) = KQ(\sqrt{2E_b / N_0})$$

$$KQ(\sqrt{2E_b / N_0}) < Q(\sqrt{2E_b / KN_0})$$

Ejemplo de satélite

- Enlace ascendente recibido $(E_b/N_0)_u =$ enlace descendente $(E_b/N_0)_d = 10\text{dB}$
- Modulación PAM $P_b = Q(\sqrt{2E_b / N_0})$
- Repetidor: recibido $(E_b/N_0)_{u/d} = 1/2 (E_b/N_0)_u = 10\text{ dB} - 3\text{dB} = 7\text{dB}$
 - $\Rightarrow P_b = 5 \times 10^{-4}$ de la tabla 7,55 o 7,58
- Regenerador: $P_b(\text{ascendente}) = P_b(\text{descendente}) = 3 \times 10^{-6}$
 - (de la tabla con $(E_b/N_0)_d = 10\text{dB}$)
 - De ahí $P_b(\text{ascendente/descendente}) \sim 2 P_b(\text{ascendente}) \sim 6 \times 3 \times 10^{-6}$
- Dos órdenes de magnitud diferente entre repetidores y regeneración
 - Mayor diferencia con más segmentos