

Matemáticas con dB

Materiales de apoyo para entrenadores en
redes inalámbricas



The Abdus Salam
International Centre
for Theoretical Physics

This talk is about decibels and how to use them, compared to mW.

Duración: 30 minutos

Version 1.0 by Ermanno, @2010-06-16

Version 1.12 by Rob, @2010-06-16

Metas

- ▶ Las ondas electromagnéticas transportan potencia eléctrica, medida en milivatios (mW).
- ▶ Los decibelios (dB) usan una relación logarítmica para reducir las multiplicaciones a simples sumas.
- ▶ Se pueden simplificar los cálculos más comunes en sistemas de radio usando dBm en lugar de mW para representar valores de potencia.
- ▶ Es más fácil hacer los cálculos mentalmente usando dB.

Vamos a resolver algunos ejercicios sencillos de conversión entre dB y mW.

Potencia

- ▶ Toda onda electromagnética transporta energía, podemos apreciarlo cuando disfrutamos (o sufrimos) el calor del sol.
- ▶ La cantidad de energía recibida en un tiempo determinado se denomina **potencia**.
- ▶ El campo eléctrico se mide en **V/m** (voltios por metro), y la potencia que contiene es proporcional a su cuadrado:

$$P \sim E^2$$

- ▶ La unidad de potencia es el **vatio (W)**. En radio es más conveniente utilizar el **milivatio (mW)**.

3

La potencia P es de importancia primordial en radio (así como en otros campos): se necesita una cierta potencia mínima para que el receptor pueda discriminar la señal.

En la práctica, medimos la potencia utilizando algún tipo de receptor, por ejemplo una antena y un voltímetro, un medidor de campo, analizador de espectros o inclusive una tarjeta inalámbrica y un laptop.

Ganancia y Pérdida

- ▶ Si se incrementa la amplitud de una onda electromagnética su potencia aumenta. Este aumento de potencia se llama **ganancia**.
- ▶ Si se disminuye la amplitud, su potencia decrece. Esta reducción de potencia se denomina **pérdida**.
- ▶ En el diseño de radioenlaces se trata de maximizar las ganancias y minimizar las pérdidas.

4

Se “gana” señal en el transmisor usando un amplificador, o alineando apropiadamente la antena.

Se “pierde” señal en los conectores, líneas de transmisión y naturalmente a medida que la onda se propaga en el medio.

Introducción a los dB

- ▶ Los decibelios son unidades de medida **relativas**, a diferencia de los milivattios que constituyen unidades absolutas.
- ▶ El **decibelio (dB)** es 10 veces el logaritmo decimal del cociente de dos valores de una variable.
- ▶ El decibelio usa el logaritmo para permitir que relaciones muy grandes o muy pequeñas puedan ser representadas con números convenientemente pequeños.
- ▶ En una escala logarítmica, la referencia nunca puede ser cero porque ¡el logaritmo de cero no existe!

El oído humano responde logarítmicamente a la potencia del sonido. Esta es la razón por la que el sonido también se mide en dB.

¿Para qué usar dB?

- ▶ La disminución de la potencia con la distancia es cuadrática en lugar de lineal.
- ▶ Cuando nos alejamos x metros, la señal disminuye en $1/x^2$ de acuerdo con la **“ley del inverso al cuadrado”**.

A la distancia de 1 metro → cierta cantidad de potencia

A la distancia de 2 metros → $1/4$ de la potencia a 1 m

A la distancia de 4 metros → $1/16$ de la potencia a 1 m

A la distancia de 8 metros → $1/64$ de la potencia a 1 m

- ▶ La presencia de relaciones exponenciales en la medida de de intensidad de las señales es una de las razones para utilizar una escala logarítmica.

¿Para qué usar dB? Hay una motivación física: La ley del inverso al cuadrado. Se explicará en la próxima lámina.

Ley del inverso al cuadrado

- ▶ La **ley del inverso al cuadrado** tiene una explicación geométrica simple: la energía irradiada se esparce sobre un área que es función de la distancia al transmisor.

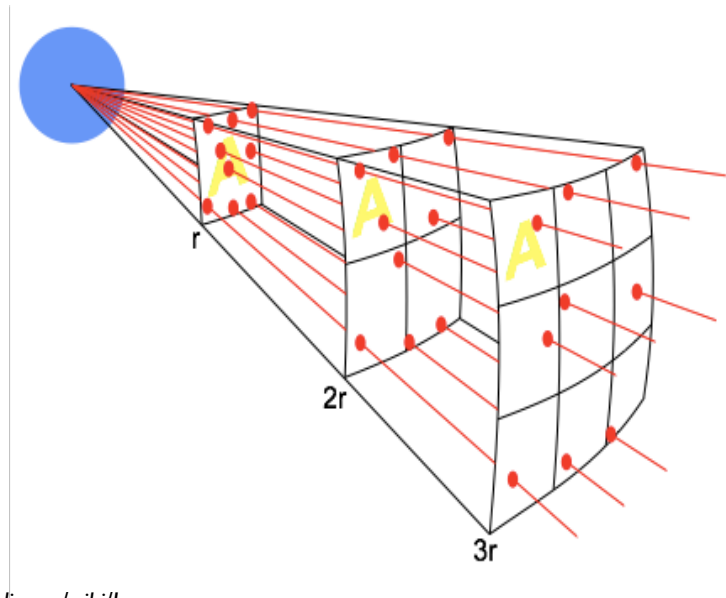
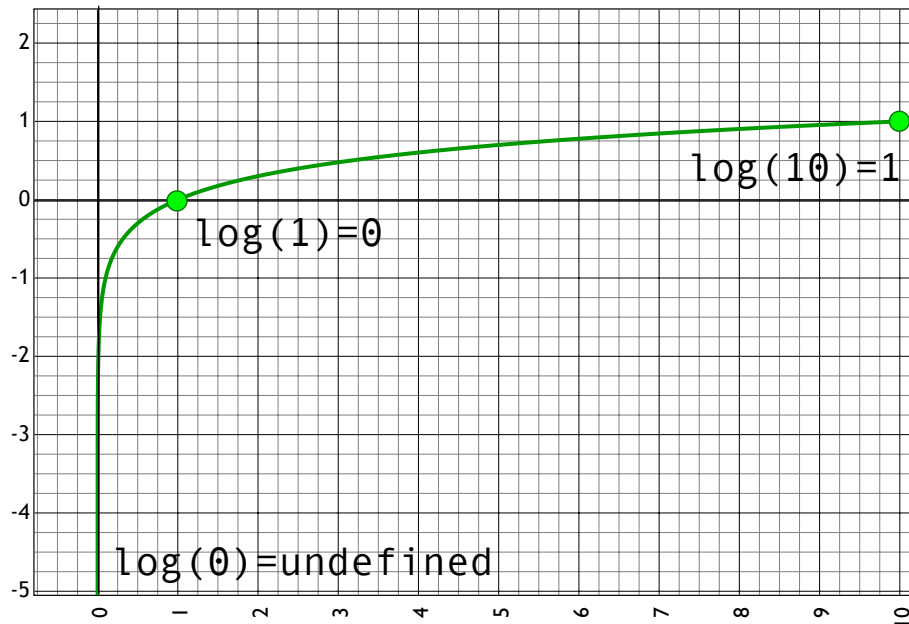


Figura tomada de http://en.wikipedia.org/wiki/Inverse_square

Esta ley establece que la intensidad de cierta magnitud física es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente de la magnitud física. Se aplica en general cuando una magnitud física es irradiada desde una fuente. Como la superficie de una esfera (dada por $4\pi r^2$) es proporcional al cuadrado del radio, a medida que la radiación emitida se aleja de la fuente se esparce sobre un área proporcional al cuadrado de la distancia a la misma, por lo que la radiación que atraviesa cualquier área unitaria es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente.

(de http://en.wikipedia.org/wiki/Inverse_square)

Revisión rápida de los logaritmos



El **logaritmo** de un número en base 10 es el exponente al que debe elevarse 10 para producir el número.

es llamado el *logaritmo en base 10* de x

- ▶ Si $x=10^y$, entonces $y=\log_{10}(x)$
- ▶ Los logaritmos reducen la multiplicaciones a sumas, porque $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$

8

Para más detalles ver <http://en.wikipedia.org/wiki/Logarithm>

Pregunta: en que punto la línea cruza el número 2? (respuesta: en $100=10^2$, de modo que $\log_{10}(100)=2$)

Nótese que también existen logaritmos en base al número e, denominados logaritmos neperianos, con valor numérico distinto a los logaritmos en base a 10.

Definición del dB

- ▶ Los decibelios se definen en base a logaritmos para permitir representar tanto relaciones muy grandes como muy pequeñas con números fáciles de manejar
- ▶ Supongamos que estamos interesados en la razón o cociente de dos valores a y b.

$$\text{razón} = a/b$$

- ▶ En dB la razón se define como:

$$\text{ratio}_{[\text{dB}]} = 10 \log_{10} (a/b)$$

- ▶ Es una medida relativa, sin dimensiones (**a** relative a **b**)

Definición del dB

- ▶ cociente = $10 \log_{10}(a/b)$
- ▶ ¿Qué pasa si ahora usamos un valor que es 10 veces mayor?
- ▶ nuevo cociente = $10 \log_{10}(10a/b)$

Recuerde que $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$

$$\begin{aligned} &= 10 [\log_{10}(10) + \log_{10}(a/b)] \\ &= 10 \log_{10}(10) + 10 \log_{10}(a/b) \\ &= 10 + \text{cociente} \end{aligned}$$

- ▶ El nuevo valor (en dB) es simplemente *10 más el valor viejo*, de modo que **la multiplicación por 10 se expresa ahora simplemente como la adición de 10 unidades.**

10

Note que $\log_{10}(10) = 1$

El logaritmo de la base del sistema es la unidad.

Usando dB

Algunos valores comunes y fáciles de recordar:

- +10 dB = 10 veces la potencia
- 10 dB = un décimo de la potencia
- +3 dB = doble de la potencia
- 3 dB = mitad de la potencia

Por ejemplo:

- Cierta potencia + 10 dB = 10 veces la potencia
- Cierta potencia - 10 dB = un décimo de la potencia
- Cierta potencia + 3 dB = doble de la potencia
- Cierta potencia - 3 dB = mitad de la potencia

||

¡Memorice estos valores! Los usará a menudo.

dBm y mW

- ▶ ¿Que pasa si quisiéramos medir una potencia absoluta en dB? Tenemos que **definir una referencia**.
- ▶ La referencia que relaciona la escala logarítmica en dB a la escala lineal en vatios puede ser, por ejemplo esta:

$$1 \text{ mW} \rightarrow 0 \text{ dBm}$$

- ▶ La nueva **m** en dBm se refiere al hecho que la referencia es un **mW**, y por lo tanto la medida en **dBm** es una medida de la potencia absoluta referenciada a 1 mW.

12

¿Que pasa si queremos usar una escala logarítmica para expresar la potencia? Para esto, tenemos que usar un valor de referencia para la potencia.

Supongamos que ese valor es 1 mW.

Definimos así el dBm tomando como referencia 1 mW (milivatio)

0 dBm corresponde por lo tanto a **1 mW**.

Note que es imposible expresar 0 mW (cero potencia, es decir la ausencia de potencia) usando dBm!

dBm y mW

- ▶ Para convertir potencia en mW a dBm:

$$P_{\text{dBm}} = 10 \log_{10} P_{\text{mW}}$$

10 veces el *logaritmo en base 10* de la
“Potencia en mW”

- ▶ Para convertir potencia en dBm a mW:

$$P_{\text{mW}} = 10^{P_{\text{dBm}}/10}$$

10 a la (“Potencia en dBm” dividida
por 10)

Estas fórmulas se basan en la definición de dBm y permiten hacer la conversión de mW a dBm y viceversa, pero hay una manera más simple que no requiere de una calculadora como veremos pronto.

dBm y mW

- ▶ Ejemplo: mW a dBm

Potencia del radio: 100mW

$$P_{\text{dBm}} = 10 \log_{10}(100)$$

$$100\text{mW} \rightarrow 20\text{dBm}$$

- ▶ Ejemplo: dBm a mW

Medida de una señal: 17dBm

$$P_{\text{mW}} = 10^{17/10}$$

$$17\text{dBm} \rightarrow 50 \text{ mW}$$

14

Ejemplo: imagine un radio con una potencia de 100mW

Ejemplo: imagine que midió una señal de 17 dBm

Para estos cálculos se requiere una calculadora, pero hay una manera más simple de obtener el resultado mentalmente como veremos pronto.

Usando dB

- ▶ En dB, las pérdidas y ganancias son **aditivas**.

Recuerde el ejemplo anterior:

Cierta potencia + 10 dB = 10 veces la potencia
Cierta potencia - 10 dB = un décimo de la potencia
Cierta potencia + 3 dB = doble de la potencia
Cierta potencia - 3 dB = mitad de la potencia

Imagine una situación en la que:

10 mW + 10 dB de ganancia = 100 mW = 20 dBm
10 dBm = 10 mW = un décimo de 100mW
20 dBm - 10 dB de pérdida = 10 dBm = 10mW
50 mW + 3 dB = 100 mW = 20 dBm
17 dBm + 3 dB = 20 dBm = 100 mW
100mW - 3 dB = 50 mW = 17 dBm

15

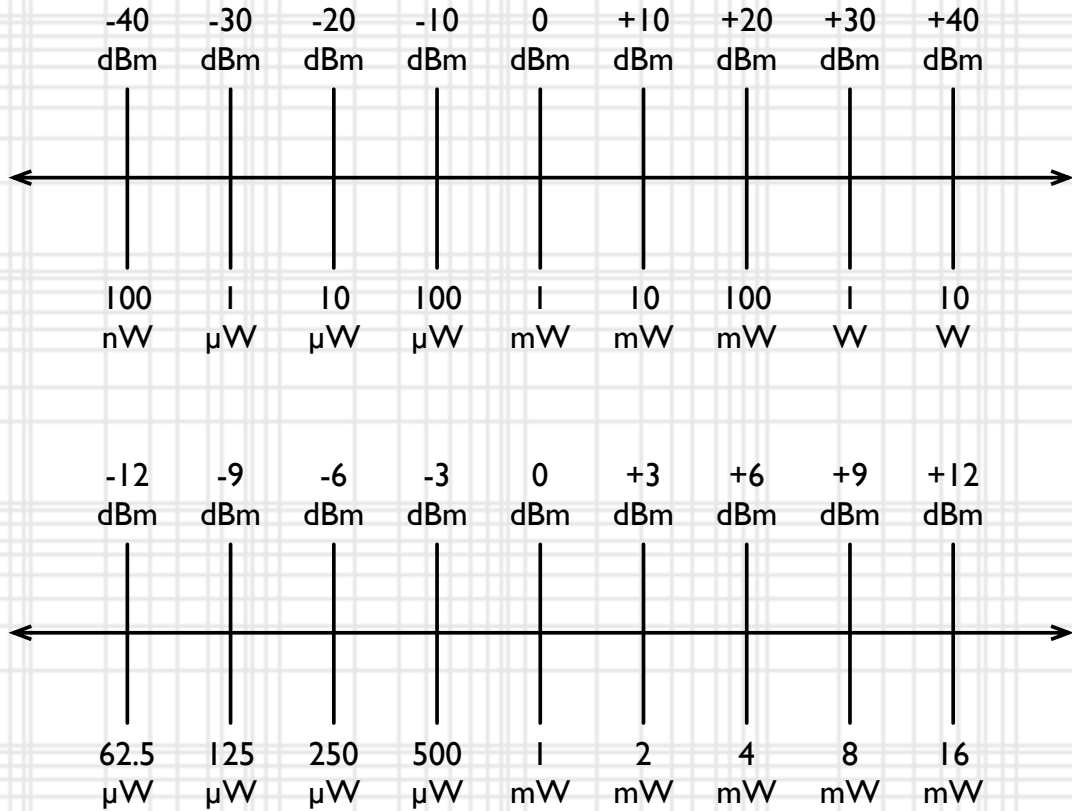
Usar dB facilita los cálculos, especialmente cuando se trata de ganancias y pérdidas

Explique estos ejemplos paso a paso, usando las relaciones expuestas y el hecho de que

100mW = 20dBm (como se vió anteriormente).

Usted puede hacer otros ejemplos, o pedirle a los estudiantes que los hagan.

Usando dB



Este gráfico puede usarse para convertir dBm a mW y viceversa. Nótese que también puede usarse para convertir dB a cocientes de potencia.

dB y milivatios

Es fácil utilizar dB para simplificar el cálculo de ganancias y pérdidas y luego volver a convertir a milivatios cuando se necesite expresar el resultado en esta unidad.

1 mW	=	0 dBm
2 mW	=	3 dBm
4 mW	=	6 dBm
8 mW	=	9 dBm
10 mW	=	10 dBm
20 mW	=	13 dBm
50 mW	=	17 dBm
100 mW	=	20 dBm
200 mW	=	23 dBm
500 mW	=	27 dBm
1000 mW (1W)	=	30 dBm

17

Los estudaintes no necesitan memorizar esta tabla, sólo es necesario recordar el significado de

3 y 10 dB, todos los otros casos se pueden deducir a partir de éstos como se verá en los siguientes ejemplos.

Cálculos con dB simplificados

¿A cuánta potencia corresponden 43 dBm?

- ▶ +43 dBm son 43 dB relativos a 1 mW
- ▶ 43 dB = 10 dB + 10 dB + 10 dB + 10 dB + 3 dB

$$\begin{aligned} 1 \text{ mW} \times 10 &= 10 \text{ mW} \\ &\times 10 = 100 \text{ mW} \\ &\times 10 = 1000 \text{ mW} \\ &\times 10 = 10\,000 \text{ mW} \\ &\times 2 = 20\,000 \text{ mW} \\ &= 20 \text{ W} \end{aligned}$$

- ▶ Por tanto, +43 dBm = **20 W**

18

Si tiene un radio cuya potencia de salida es de 43dBm, ¿a cuánto corresponde en Watts?

Se procede paso a paso...

¿Que hay con los valores negativos?

Negativo no significa malo. ;-)

¿A cuánta potencia corresponden -26 dBm?

- ▶ -26 dBm son 1mW (0dBm) “menos” 26 dB
- ▶ -26 dB = -10 dB - 10 dB - 3 dB - 3 dB

$$1 \text{ mW} / 10 = 100 \text{ } \mu\text{W}$$

$$/ 10 = 10 \text{ } \mu\text{W}$$

$$/ 2 = 5 \text{ } \mu\text{W}$$

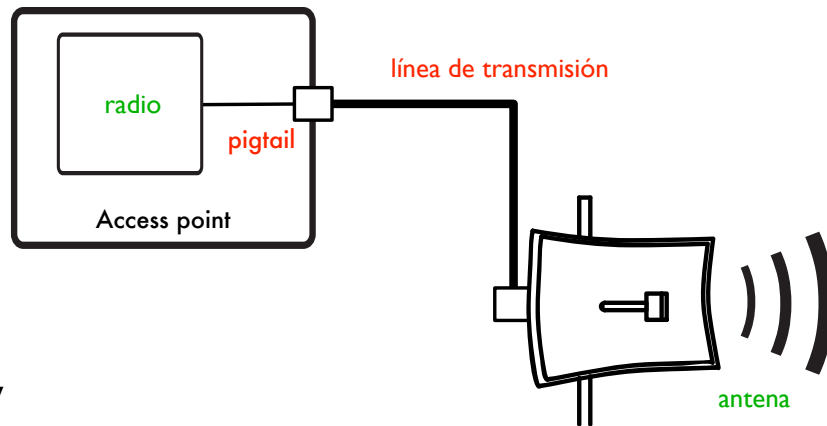
$$/ 2 = 2.5 \text{ } \mu\text{W} \quad (2.5 * 10^{-6} \text{ W})$$

- ▶ Por tanto, -26 dBm = **2.5 μ W**

19

Si midió una señal
de -26 dBm, ¿Cuánto es en vatios?
Se procede paso a paso...

Ejemplo usando mW

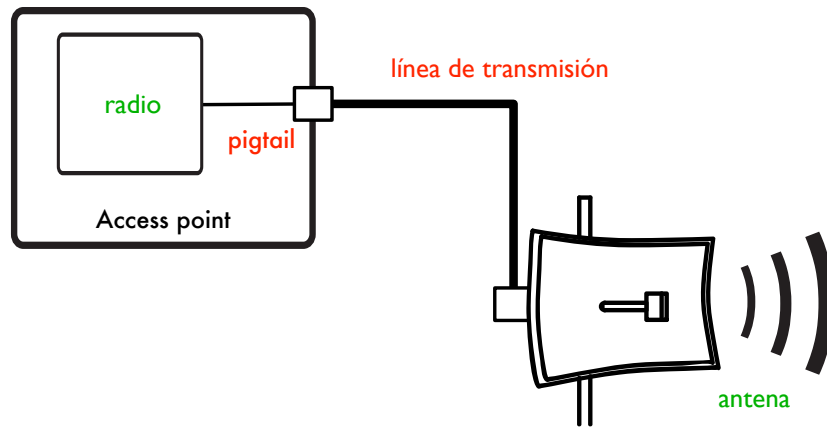


Usando mW

Potencia de salida del radio	Pérdida en el pigtail	Potencia de salida del A.P.	Pérdida de la línea de T.	Potencia entrada a la antena	Ganancia de la antena	Potencia de salida antena
100 mW	pierde la mitad		pierde la mitad		16 veces la potencia	
	$100 \text{ mW} / 2$	50 mW				
			$50 \text{ mW} / 2$	25 mW		
					$25 \text{ mW} \times 16$	400 mW

Es más difícil hacer los cálculos con valores en mW.

Ejemplo usando dB



Usando dB

Potencia de salida del radio	Pérdida en el pigtail	Potencia de salida del A.P.	Perdida de la línea de T.	Potencia entrada a la antena	Ganancia de la antena	Potencia de salida antena
20 dBm	-3 dB		-3 dB		+12 dBi	
	-3 dB	17 dBm				
			- 3 dB	14 dBm		
					+ 12 dBi	26 dBm (400mW)

Calculation is easier using dB

Conclusiones

- ▶ los dB proporcionan una manera más fácil de realizar los cálculos en enlaces inalámbricos.
- ▶ La ventaja principal es que las ganancias y pérdidas son **aditivas**.
- ▶ Es muy fácil hacer los cálculos mentalmente usando dB en lugar de mW.

El gran rango dinámico de los radios, que abarca altas potencias de transmisión y minúsculas potencias de recepción es más fácil de manejar usando unidades logarítmicas como los dBm.

Gracias por su atención

Para más detalles sobre los tópicos presentados en esta charla, vaya al libro **Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo**, de descarga gratuita en varios idiomas en:

<http://wndw.net/>



23

ver páginas 24-25 del libro RIPD.