

2005年度秋期実用マイクロ波講座

無線機設計におけるRF技術のすべて

2005年 9月～12月

松下電器産業(株) 上野 伴希(工学博士)

研修アジェンダ

1. システム設計概要
2. 低雑音アンプ(LNA)その1
3. 低雑音アンプ(LNA)その2
4. ミクサ
5. ローカル発振器
6. 変復調その1
7. 変復調その2
8. パワーアンプ(PA)
9. その他の回路
10. ダイレクトコンバージョンRX / TX

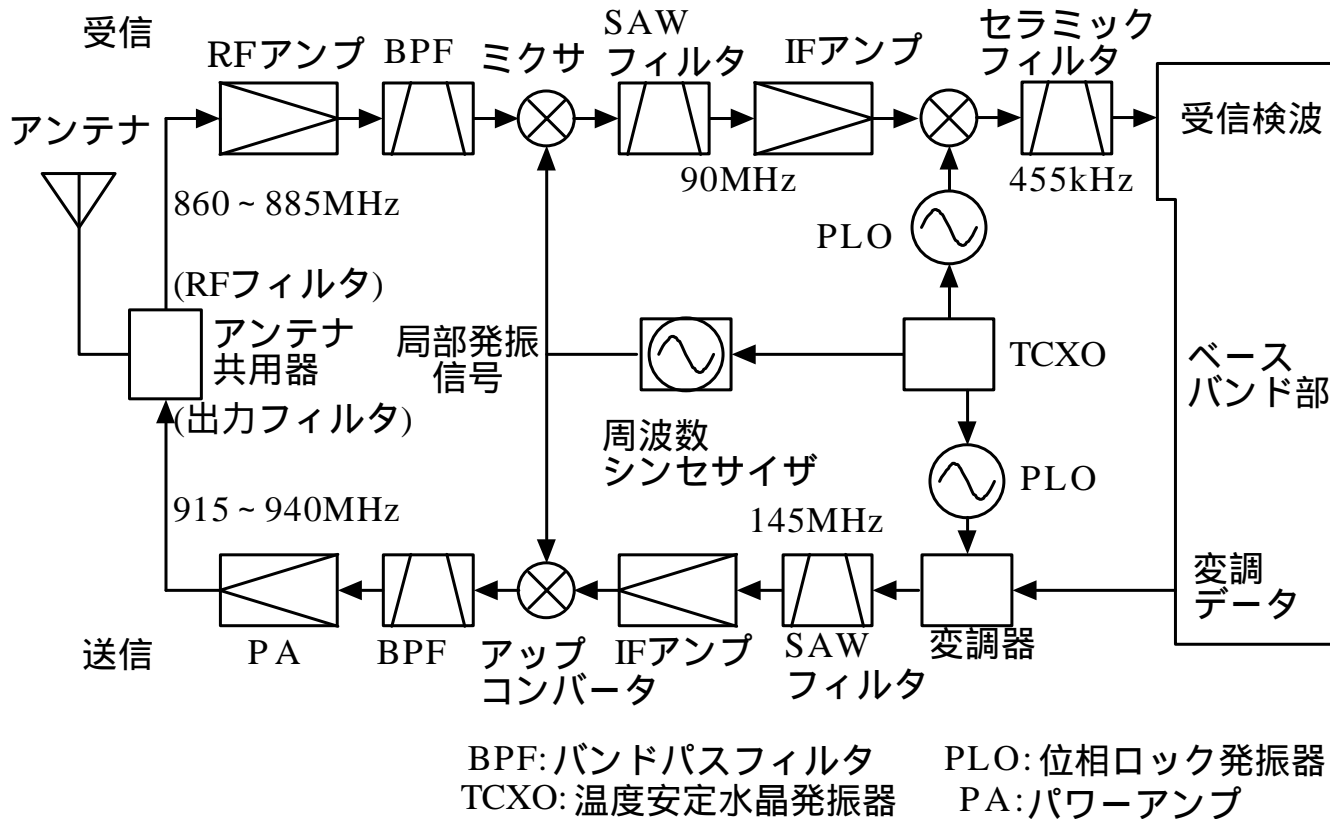
第1章 システム設計概要

2005年 9月14日

1. システム設計の必要性, 無線機諸元
2. 受信方式(スーパーヘテロダイン, DCR)
3. レベルダイアグラムによるシステム設計
4. 基本事項, dBパワー計算
5. リンクバジェット

システム設計の必要性

無線機ブロックダイアグラム



旧国内アナログセルラ携帯電話のブロック図

システム設計の必要性

無線機諸元(仕様)と意味

1 . 受信感度	……受けることが出来る最小信号レベル。単位は[dBm]またはdB μ V]
2 . 最大信号入力	……受けることが出来る最大信号レベル
3 . チャンネル選択度	……隣のチャンネルの受信抑圧度
4 . ブロック特性	……近接チャンネル信号が受信信号に妨害となるレベル
5 . スプリアス感度(RX)	……目的外信号の最大感度。スーパーヘテロダインではイメージ抑圧比
6 . 相互変調	……非線形歪による発生するスプリアス。あるいは歪みを評価する特性
7 . AMサプレッション	……GSMにおけるダイレクトコンバージョン受信機の2次歪妨害
8 . スプリアス輻射	……受信機のアンテナ端子などからの、不要な信号輻射
9 . 送信出力	……目的信号の送信出力レベル。単位は[W]または[dBW]
10 . 出力制御精度	……希望の出力レベルに対する誤差
11 . ACP R	……送信信号の隣接チャンネルへ漏洩電力
12 . 占有帯域幅	……送信信号エネルギーの占める帯域
13 . SW時スペクトル	……TDMAバースト送信過渡時のスペクトラム拡がり
14 . 変調精度	……デジタル変調で希望の振幅位相と実際の誤差。Rmsで評価
15 . スプリアス(TX)	……送信機の目的外信号放射。高調波やその他の不要信号

システム設計の必要性

無線機諸元と回路ブロックの関係

無線機諸元

1. 受信感度 (BER=10⁻³)
2. 最大信号入力
3. チャンネル選択度
4. ブロック特性
5. スプリアス感度 (RX)
6. 相互変調
7. AMサプレッション
8. スプリアス輻射
9. 送信出力
10. 出力制御精度
11. ACP R
12. 占有帯域幅
13. SW時スペクトル
14. 変調精度
15. スプリアス (TX)

回路(機能)ブロック

・LNA

・ミクサ

・VCO

シンセサイザ

・PA

・変調器

・フィルタ

・SW

問題

「無線機諸元」と「回路(機能)ブロック」の関連を線で結んでください。

システム設計の必要性

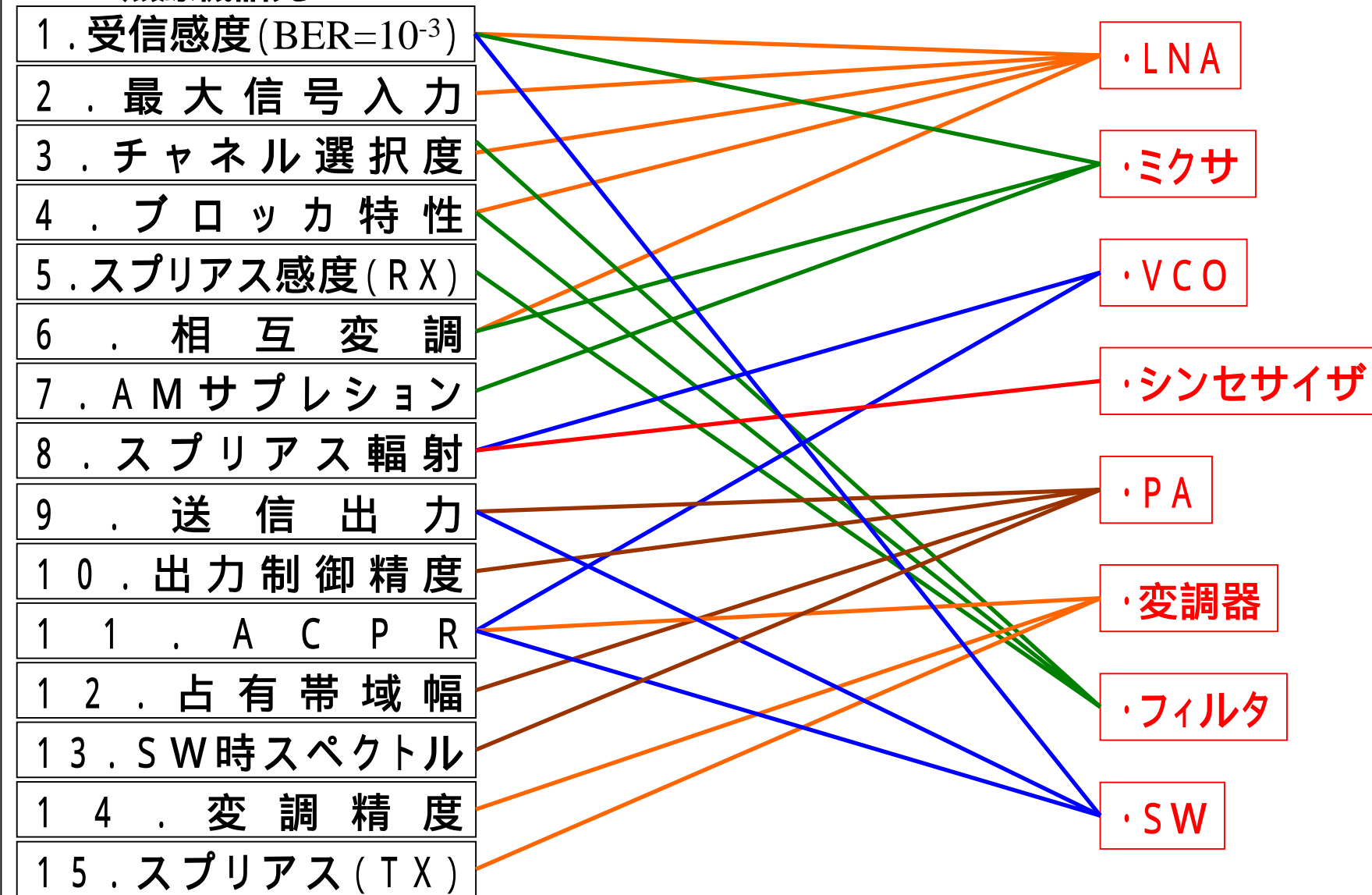
無線機諸元とブロックの関係例

無線機諸元

1. 受信感度 (BER=10⁻³)
2. 最大信号入力
3. チャンネル選択度
4. ブロック特性
5. スプリアス感度 (RX)
6. 相互変調
7. AMサプレッション
8. スプリアス輻射
9. 送信出力
10. 出力制御精度
11. ACP R
12. 占有帯域幅
13. SW時スペクトル
14. 変調精度
15. スプリアス (TX)

回路(機能)ブロック

- ・LNA
- ・ミクサ
- ・VCO
- ・シンセサイザ
- ・PA
- ・変調器
- ・フィルタ
- ・SW



システム設計の必要性

無線機諸元と回路ブロックの関係

無線機諸元

ブロック仕様

回路(機能)ブロック

1. 受信感度 (BER=10⁻³)

2. 最大信号入力

3. チャンネル選択度

4. ブロッカ特性

5. スプリアス感度 (RX)

6. 相互変調

7. AMサプレッション

8. スプリアス輻射

9. 送信出力

10. 出力制御精度

11. ACPR

12. 占有帯域幅

13. SW時スペクトル

14. 変調精度

15. スプリアス (TX)

・利得

・NF

・IIP₃

・IIP₂

・P_{1dB}

・効率

・CN

・アイソレーション

・フェーズノイズ

・減衰特性

・挿入損

・LNA

・ミクサ

・VCO

・シンセサイザ

・PA

・変調器

・フィルタ

・SW

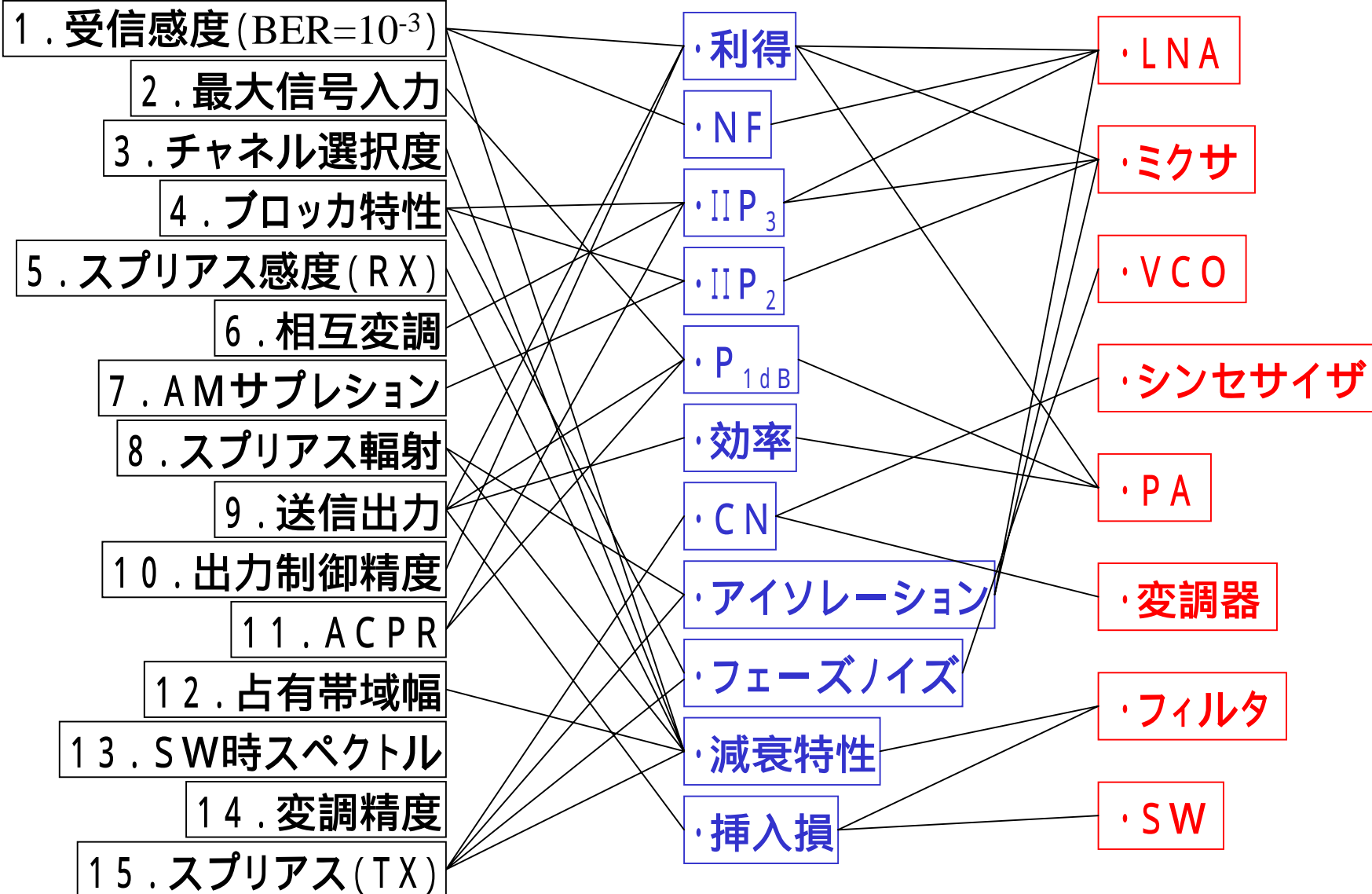
システム設計の必要性

無線機諸元と回路ブロックの関係

無線機諸元

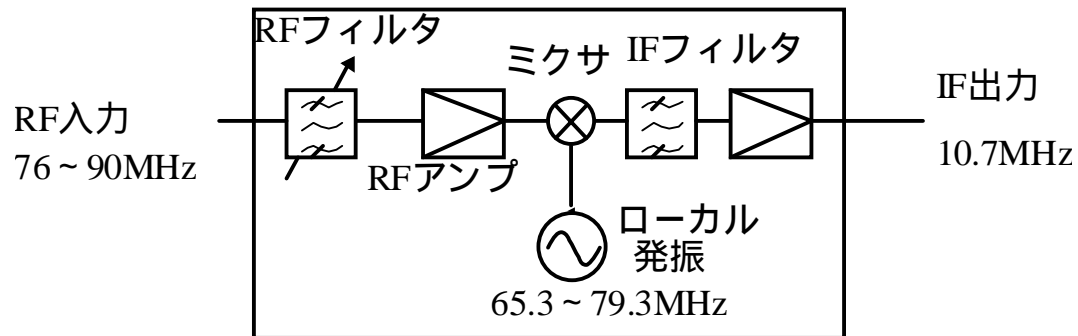
ブロック仕様

回路(機能)ブロック

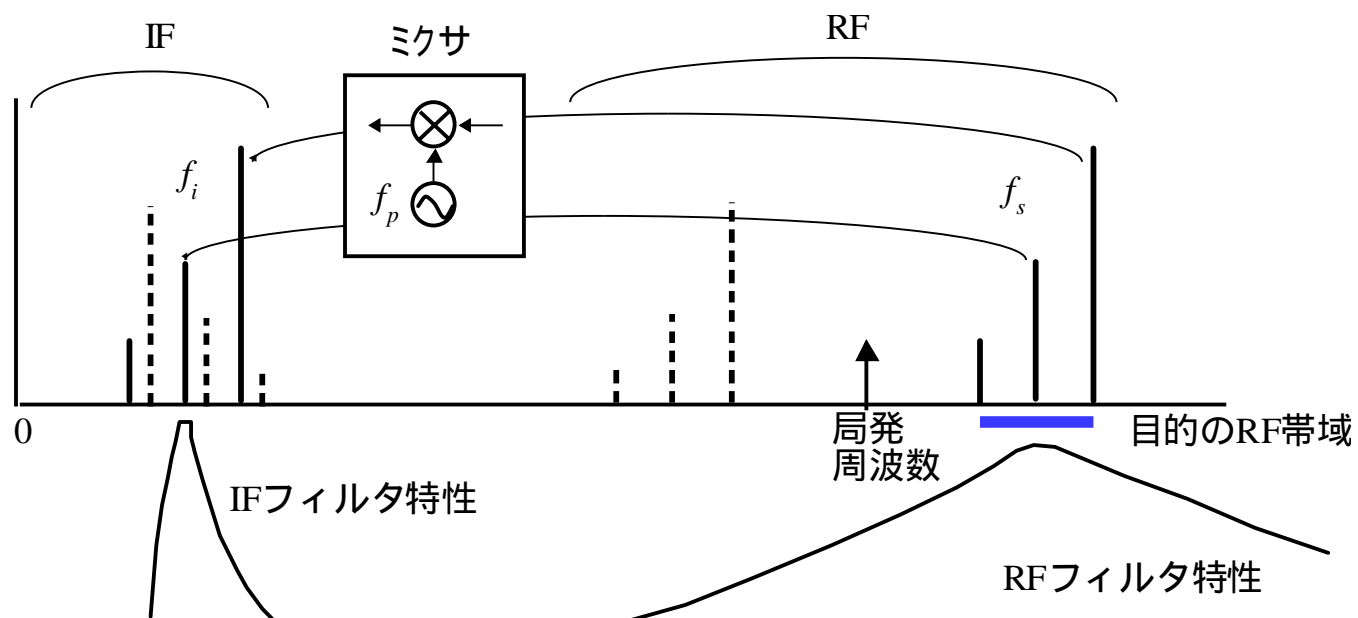


受信方式

スーパーヘテロダイン方式

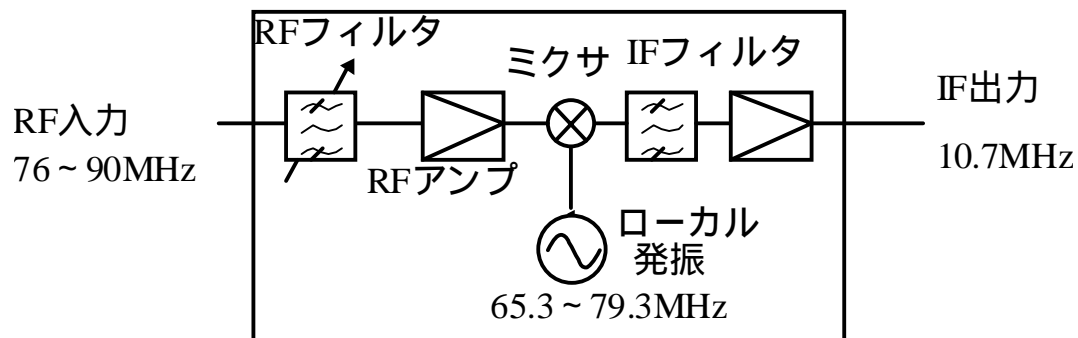


周波数変換とフィルタ動作



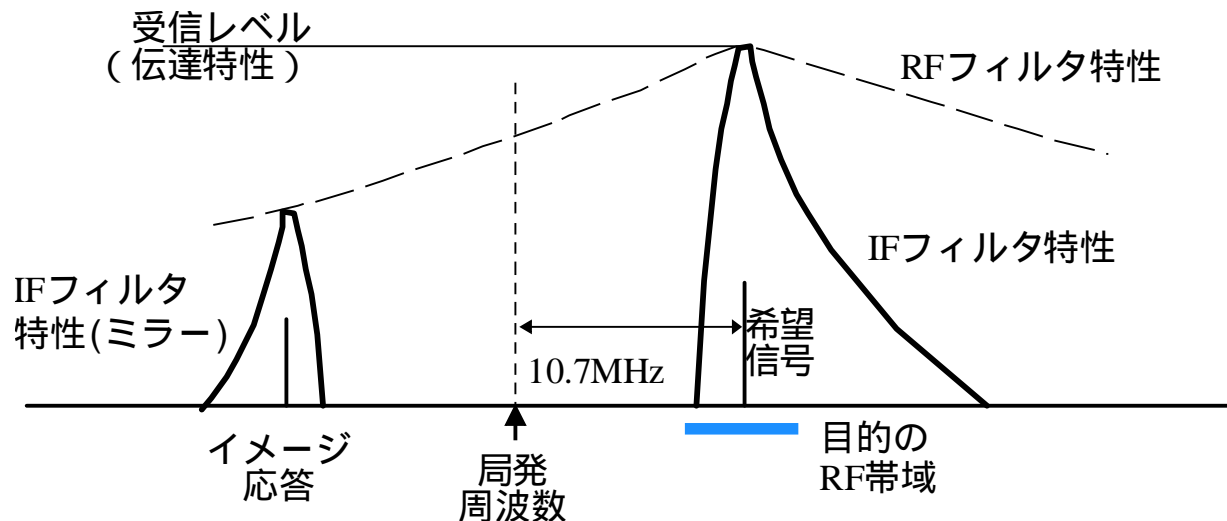
受信方式

スーパーヘテロダイン方式



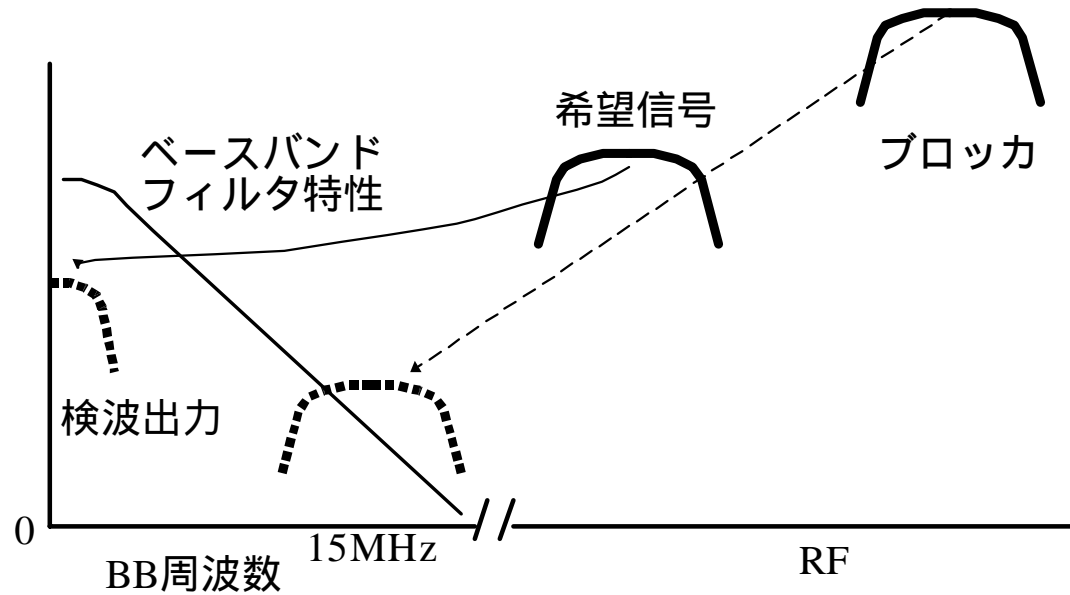
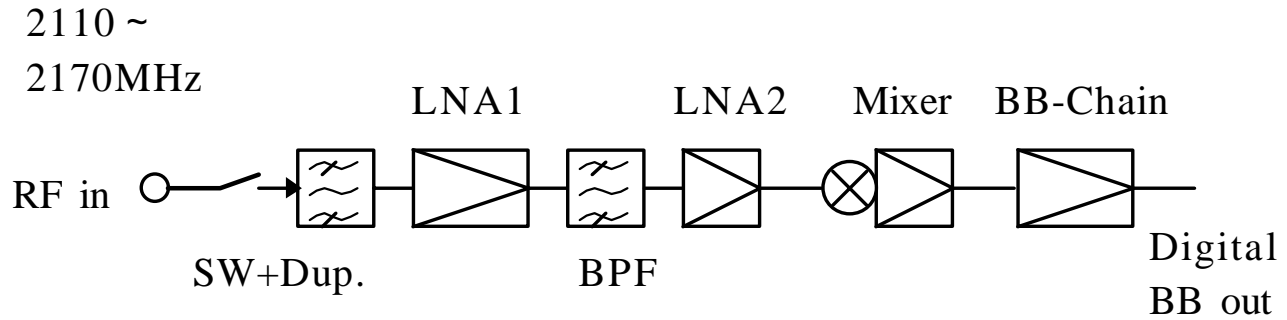
スーパーヘテロダイン受信機

周波数伝達特性“イメージ応答”



受信方式

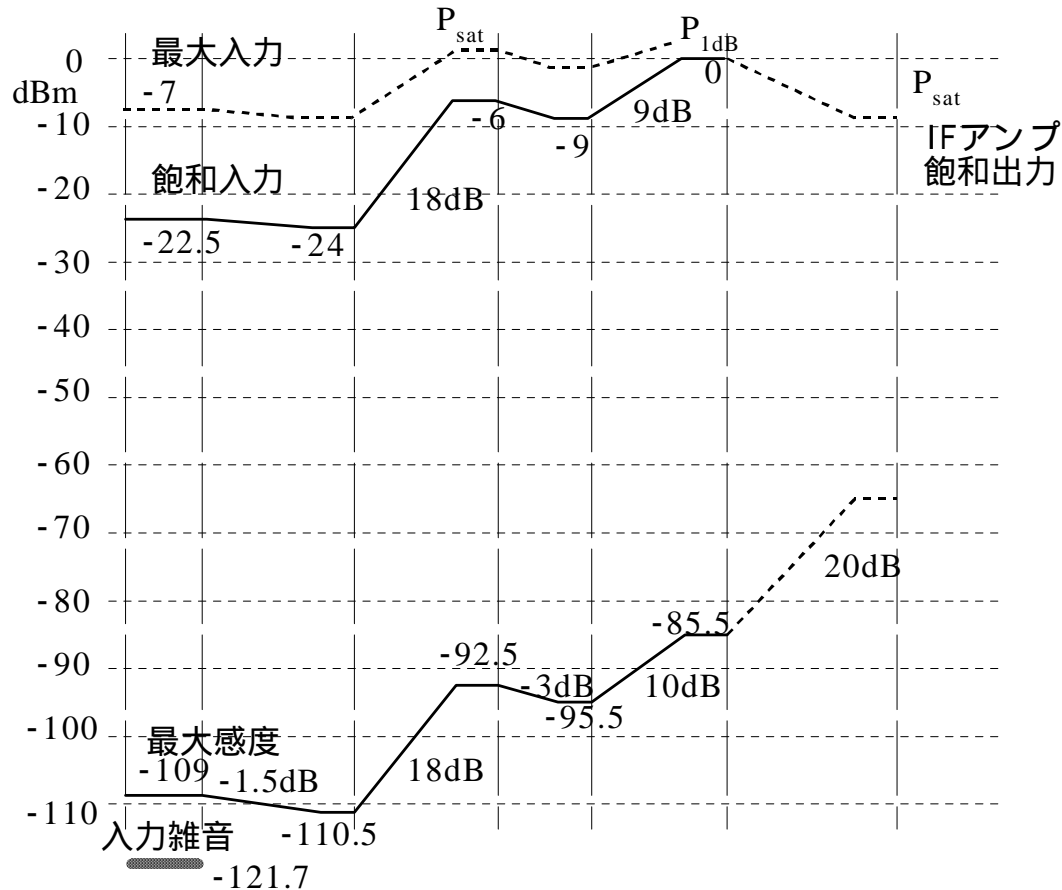
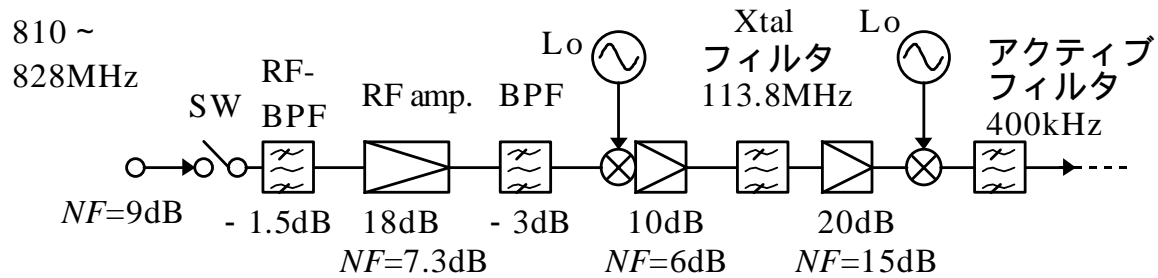
ダイレクトコンバージョン(DCR)



レベルダイアグラムによるシステム設計

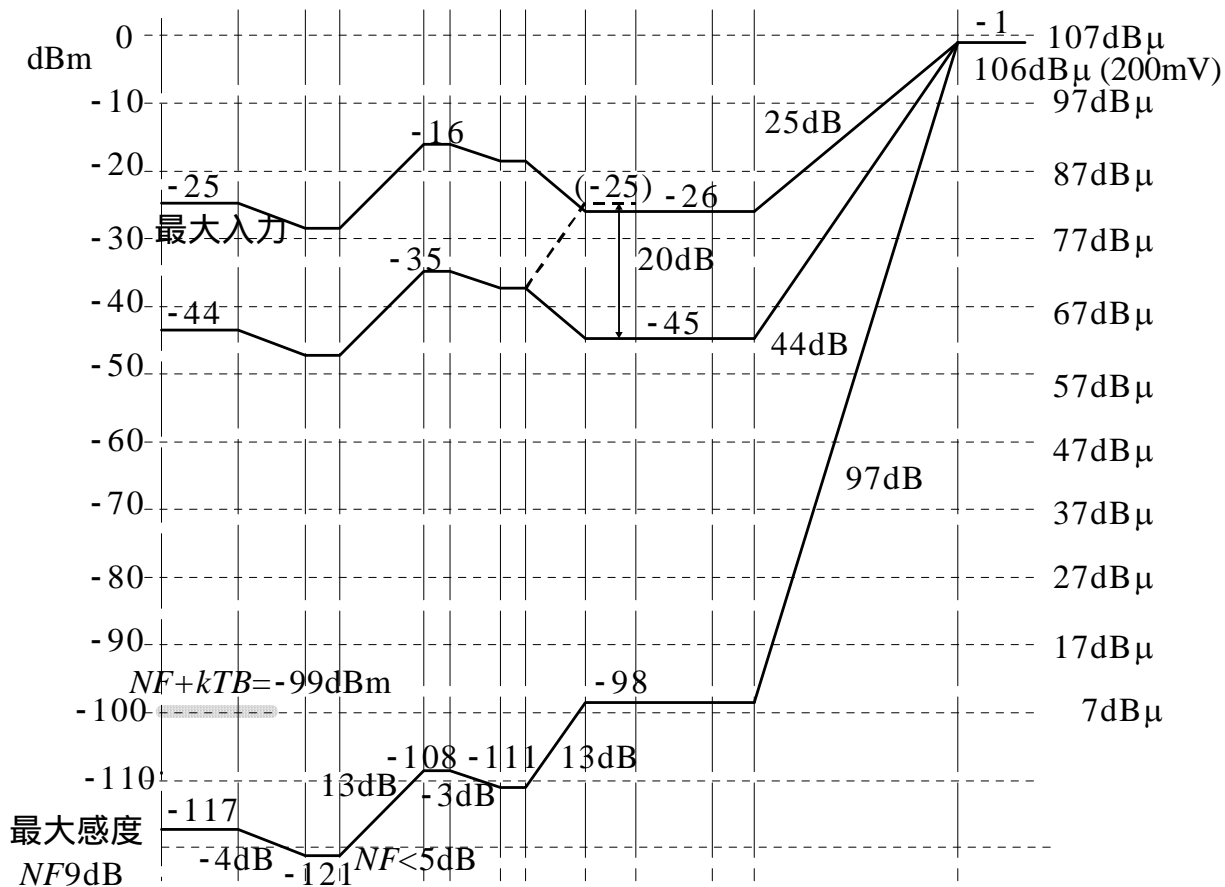
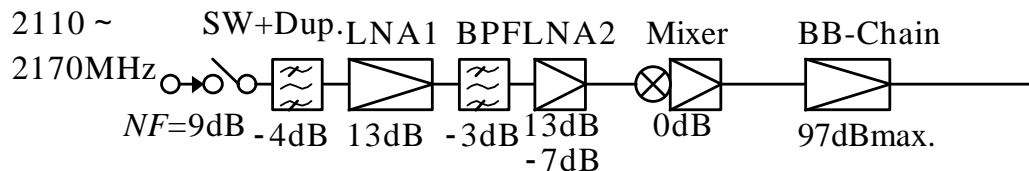
スーパーヘテロダイン方式

PDC受信機



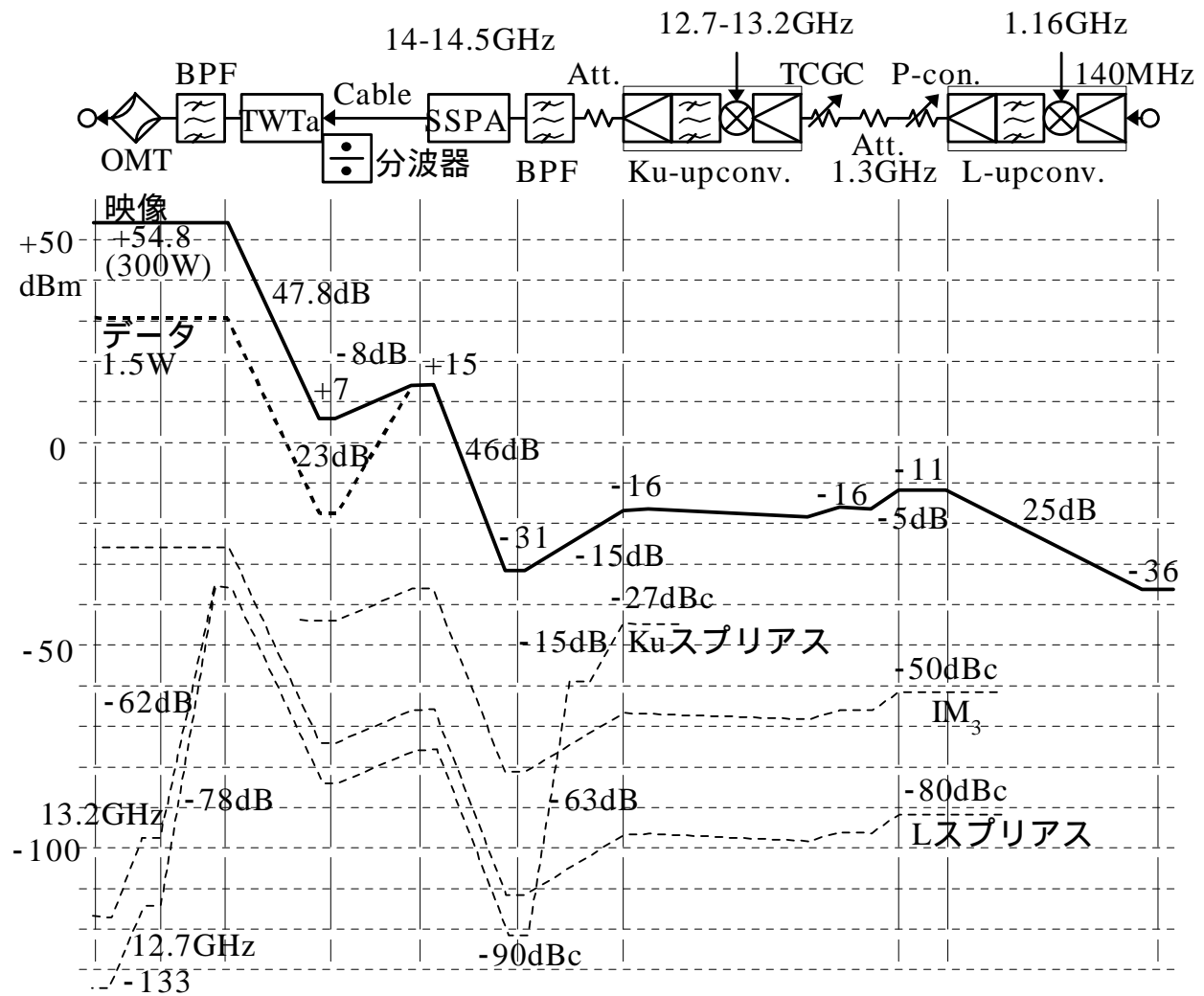
レベルダイアグラムによるシステム設計

ダイレクトコンバージョン(DCR)



レベルダイアグラムによるシステム設計

送信機



衛星通信送信機

基本事項

dBmとdB μ

[dBm]は電力を表す単位

1[mW]に対するdB値: q [mW] = $10\log q$ [dBm]

$$1\text{mW} = 10\log 1 = 0\text{dBm}$$

$$0.1\text{mW} = 10\log 0.1 = -10\text{dBm}$$

$$2\text{mW} = 10\log 2 = 3\text{dBm}$$

[dB μ]は電圧を表す単位

1[μ V]に対するdB値: r [μ V] = $20\log r$ [dB μ]

$$1\mu\text{V} = 20\log 1 = 0\text{dB}\mu$$

$$2\mu\text{V} = 20\log 2 = 6\text{dB}\mu$$

問題

0dBmの換算: 何[dB μ]?

50 負荷

75 負荷

基本事項

dBパワの足し算

つぎの計算を求めよ $P_t = P_1 + P_2$ [W]

$$3.01\text{dBm} = 0\text{dBm} + 0\text{dBm}$$

$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (3\text{dBm})$$

$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-1\text{dBm})$$

$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-2\text{dBm})$$

$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-3\text{dBm})$$

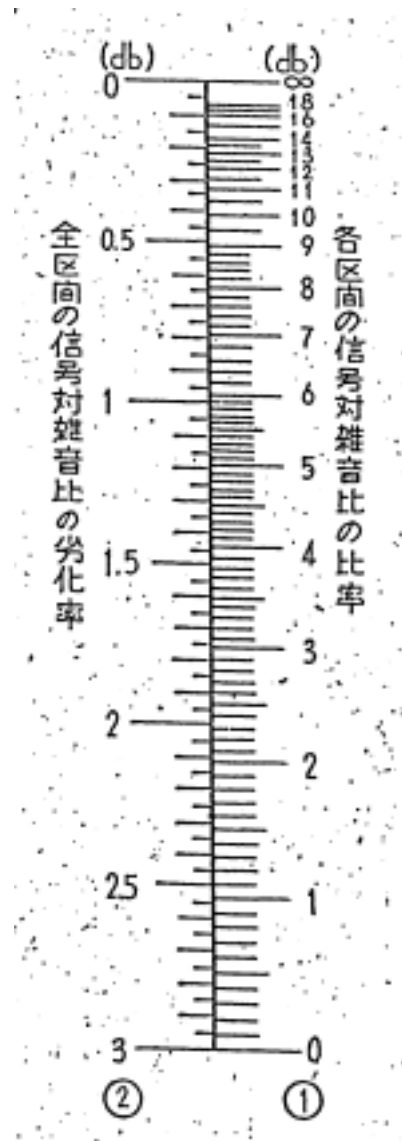
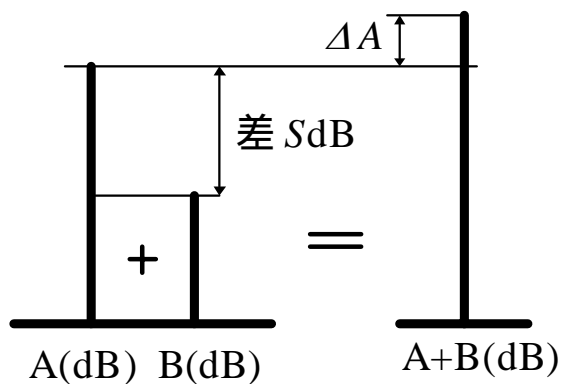
$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-6\text{dBm})$$

$$?\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-10\text{dBm})$$

基本事項

dBパワの足し算

Nomograph



基本事項

交流表現

$$v(t) = A \cos(\omega t + \theta)$$

瞬時値表現

$$V = A e^{j(\omega t + \theta)} = V_a e^{j\omega t}$$

複素数表現

$$A e^{j\theta} = V_a$$

A : 実数

V_a : フェーザ

$$v(t) = \text{Re}[V] = \text{Re}[A e^{j(\omega t + \theta)}]$$

フェーザの利点 複素オームの法則

$$Z = \frac{V}{I}$$

受信レベル

1. 受信電力密度 P_1 , 送信電力 P_t

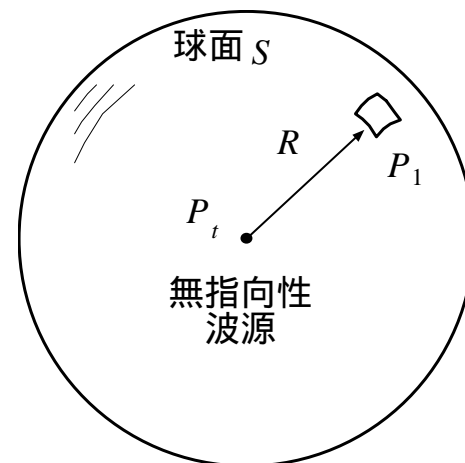
$$P_1 = \frac{P_t}{S} = \frac{P_t}{4\pi R^2}$$

2. 送信アンテナ利得 G_t , 受信電力密度 P_2

$$P_2 = G_t P_1 = \frac{G_t P_t}{4\pi R^2} = \frac{P_{eirp}}{4\pi R^2}$$

3. 受信アンテナ利得 G_r , 受信電力 P_r

$$P_r = A_e P_2 = P_t G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_r \quad \text{ただし} \quad A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_r$$

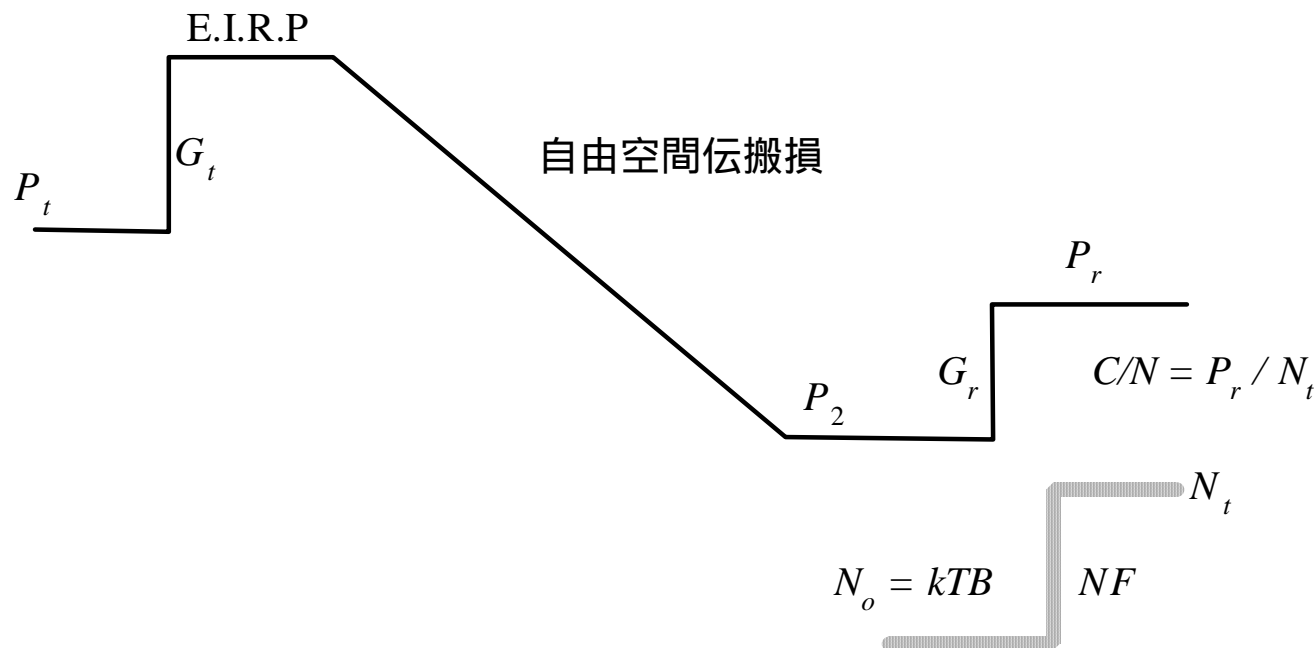


リンクバジェット

リンクバジェット図

$$P_r = A_e P_2 = P_t G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_r$$

$$P_r [\text{dBW}] = P_t [\text{dBW}] + G_t [\text{dB}] + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right) + G_r [\text{dB}]$$



受信レベルの問題

1. BSから5km離れた位置のPDC携帯端末のCN比を求めよ。

条件

送信周波数820MHz, 出力1W

受信機NF=9dB, IF帯域幅21kHz

2. 携帯端末から10/30cm離れた位置の受信レベルを求めよ。

条件

送信周波数950MHz, 出力0.8W

$$P_r = A_e P_2 = P_t G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_r$$

For Instructor

基本事項

0dBmの換算：何[dB μ]？

50 負荷

75 負荷

解答

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

$$V_{50} = \sqrt{50 \times 1 \times 10^{-3}} = 0.2236\text{V}$$

$$20\log V_{50} = 20\log(0.2236 \times 10^6) = 107\text{dB}\mu$$

$$V_{75} = \sqrt{75 \times 1 \times 10^{-3}} = 0.2739\text{V}$$

$$20\log V_{75} = 20\log(0.2739 \times 10^6) = 108.8\text{dB}\mu \approx 109\text{dB}\mu$$

基本事項

dBパワの足し算 解答

$$3.01\text{dBm} = 0\text{dBm} + 0\text{dBm}$$

$$4.76\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (3\text{dBm})$$

$$2.54\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-1\text{dBm})$$

$$2.12\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-2\text{dBm})$$

$$1.76\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-3\text{dBm})$$

$$0.97\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-6\text{dBm})$$

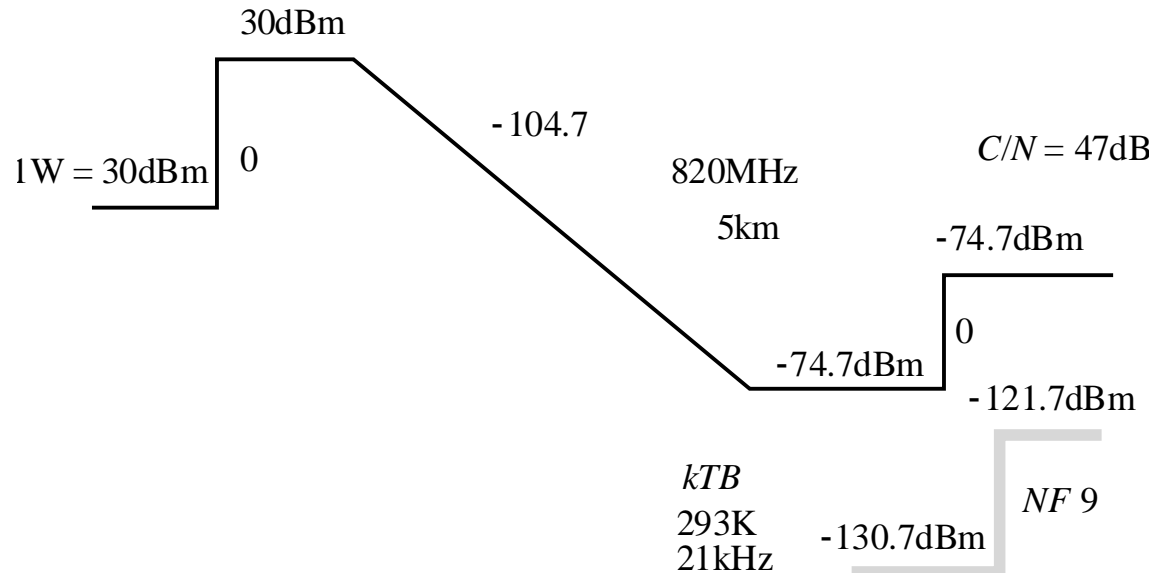
$$0.41\text{dBm} = (0\text{dBm}) + (-10\text{dBm})$$

リンクバジェット

1. BSから5km離れた位置のPDC携帯端末のCN比を求めよ。

送信周波数820MHz, 出力1W 受信機NF=9dB, IF帯域幅21kHz

解答



2. 携帯端末から10/30cm離れた位置の受信レベルを求めよ。

送信周波数950MHz, 出力0.8W

解答

10cm: 17dBm, 30cm: 7.5dBm

正弦余弦の公式

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$$

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$$

$$\sin A \sin B = -\frac{1}{2} \{ \cos(A+B) - \cos(A-B) \}$$

$$\sin A \cos B = \frac{1}{2} \{ \sin(A+B) + \sin(A-B) \}$$

$$\cos A \cos B = \frac{1}{2} \{ \cos(A+B) + \cos(A-B) \}$$

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2}$$

$$\cos A + \cos B = 2 \cos \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2}$$

$$\cos A - \cos B = -2 \sin \frac{A+B}{2} \sin \frac{A-B}{2}$$