

後期実験 9

学籍番号: 03240470

氏名: 井手陸大

December 6, 2024

1 観測結果と考察

1.1 観測場所

観測は 2 号館 12 階の教室で実施した。

1.2 観測データの整理

- 周波数: 80 MHz
- 強度: -80 dBm
- 観測されたスペクトラム:
 - 1 枚目の画像は FM 信号である。
 - 2 枚目の画像は NHK 信号である。

1.3 観測スペクトラムの画像

以下に観測したスペクトラムのスクリーンキャプチャを示す。

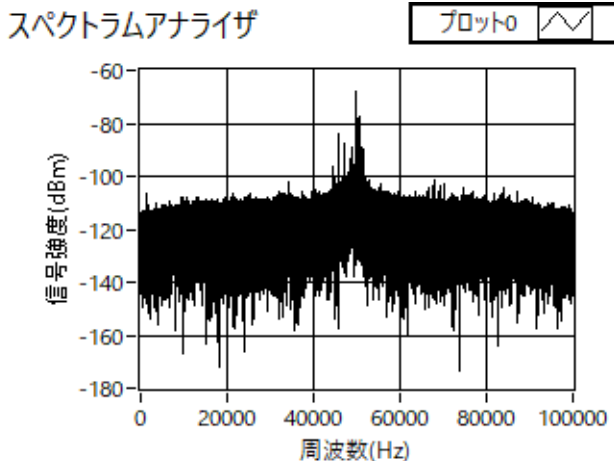


Figure 1: 片側カラム内の画像

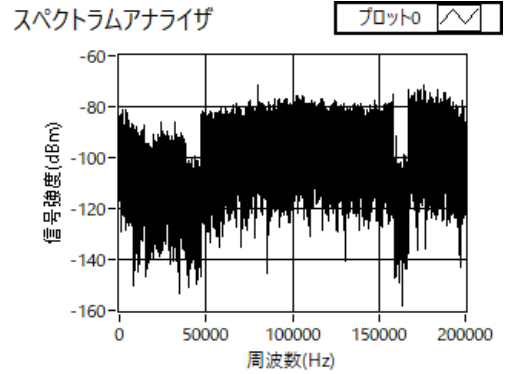


Figure 2: NHK 信号のスペクトラム

課題 2: FM 送受信機の実装

考察事項

FM 変復調器の原理を数式とブロックダイアグラムを用いて説明する。

FM 変調の原理

FM 変調は、音声信号 $m(t)$ を用いて搬送波の周波数を変化させる方式である。送信信号は以下で表される：

$$s(t) = A \cos \left(2\pi f_c t + 2\pi k \int m(t) dt \right)$$

ここで、

- f_c : 搬送波の中心周波数
- k : 周波数変調指数
- $\int m(t) dt$: 音声信号の積分

USRP では、複素 IQ 信号として搬送されるため、以下の形に変換される：

$$s_{IQ}(t) = e^{j(2\pi f_c t + 2\pi k \int m(t) dt)}$$

FM 復調の原理

FM 復調では、受信信号 $s(t)$ から瞬時周波数を抽出する。理論上は以下の操作を行う：

$$f_{\text{inst}}(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \arg(s_{IQ}(t))$$

これにより、音声信号 $m(t)$ を復元する。

ブロックダイアグラムとの対応

以下に、FM 送受信機のブロックダイアグラムを示す。

受信についての考察

- IQ rate の限界：理論上、標本化定理より帯域幅の 2 倍まで下げられる。ただし、ノイズやフィルタリングの影響を考慮する必要がある。
- 音質と IQ rate の関係：IQ rate が低いと、帯域幅が狭くなり高周波成分が失われるため、音質が劣化する。

送信についての考察

- 適切な k の値：実験では $k \approx 10^{-6}$ 程度が適切だった。この値は音声信号の振幅と FM 変調器の設計による。
- リサンプリングと積分の順序：リサンプリングを積分前に行うことで、高精度な積分が可能になる。

FM の音質が良い理由

FM では振幅成分が一定で、ノイズが加わっても信号の周波数変化に影響を与えにくいため、AM より音質が良い。また、FM は広い帯域幅を利用できるため、高周波成分を含む信号を忠実に再現できる。