

Blocks

Виктор Пичугов

5 февраля 2024 г.

Содержание

1	Предисловие	2
2	CFAR Detector	2
2.1	Смысл блока CFAR Detector	2
2.2	Архитектура CFAR Detector	2
2.3	Примечания	2
2.4	Примеры расчета порогового коэффициента, статистики помех	2
2.4.1	CA - Cell Averaging	2
2.4.2	GO - Greatest of Cell Averaging	4
2.4.3	SO - Smallest of Cell Averaging	5
2.4.4	OS - Order Statistics	6
3	CFAR Detector 2D	6
3.1	CA - Cell Averaging	7
4	MVDR Spectrum	8
5	Beamscan Spectrum	8
6	Propagation delay	8

1 Предисловие

В этом файлике я описываю примеры работы блоков, с которыми мне довелось поработать.

2 CFAR Detector

2.1 Смысл блока CFAR Detector

Желательным свойством детектора является способность поддерживать заданную среднюю вероятность ложной тревоги \bar{P}_{FA} в присутствии гетерогенных (неоднородных) или изменяющихся помех. Детектор, обладающий этим свойством, называется детектором с постоянной частотой ложных тревог.

Детекторы CFAR оценивают статистику помех \hat{g}_{Method} , полученную в результате измерений радаром, и регулируют порог детектора T_{Method} (threshold) для поддержания постоянной частоты ложных срабатываний или, что эквивалентно, $\bar{P}_{FA} = const$.

2.2 Архитектура CFAR Detector

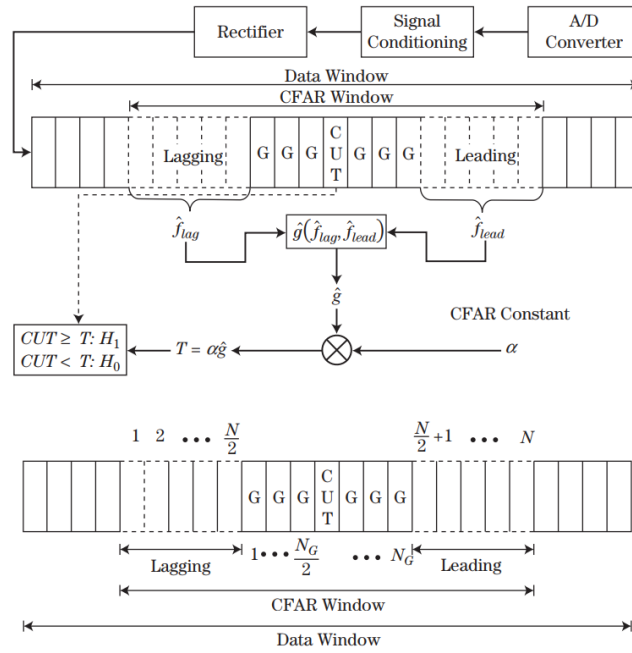


Рис. 1: Архитектура блока CFAR Detector

2.3 Примечания

Константа порогового значения α_{Method} вычисляется для белого Гауссовского шума.

В настоящее время мы можем рассчитать порог T_{Method} только тогда, когда на вход поступают одиночные импульсы (single pulses), без интегрирования импульсов.

2.4 Примеры расчета порогового коэффициента, статистики помех

2.4.1 CA - Cell Averaging

Пример 1. X - Vector(M,) Пусть:

- Number of guard cells - 0; (окружающие ячейки независимы)
- Number of training cells - 2;
- Threshold Factor Method - Auto;
- Probability of false alarm (\bar{P}_{FA}) - 0.1;
- Output Format - CUT result;

$$X = [5.825, 5.925, 12.22, 6.2, 2.525, 7.855, 1.725], Idx = 2$$

Защитные ячейки не участвуют в расчете, для вычисления оценки статистики \hat{g}_{CA} , найдем среднее голубых ячеек:

$$\hat{g}_{CA} = mean(z) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 z_i = \frac{5.825 + 12.22}{2} = 9.0225$$

Для вычисления константы порогового значения α_{CA} воспользуемся формулой:

$$\alpha_{CA} = N \left[\bar{P}_{FA}^{-\frac{1}{N}} - 1 \right] = 2 \left[0.1^{-0.5} - 1 \right] = 4.324555320336758$$

Порог T_{Method} во всех методах в Matlab рассчитывается по формуле:

$$T_{Method} = \alpha_{Method} \cdot \hat{g}_{Method} \Rightarrow$$

$$T_{CA} = \alpha_{CA} \cdot \hat{g}_{CA} = 4.324555320336758 \cdot 9.0225 = 39.018300377738406$$

$$T_{CA} = 39.018300377738406$$

$$\hat{g}_{CA} = 9.0225$$

$$Y = [5.925 > 39.018300377738406] = [0]$$

Пример 2. X - Matrix(M, N)

$$X = \begin{bmatrix} 6.99 & 7.09 & 6.354 \\ 13.38 & 7.365 & 4.19 \\ 3.69 & 9.02 & 8.33 \\ 2.89 & 7.855 & -2.79 \end{bmatrix}, Idx = 2$$

$$\hat{g}_{CA} = \left[\frac{6.99 + 3.69}{2}, \frac{7.09 + 9.02}{2}, \frac{6.354 + 8.33}{2} \right] = [5.34, 8.055, 7.342]$$

$$\alpha_{CA} = N \left[\bar{P}_{FA}^{-\frac{1}{N}} - 1 \right] = 2 \left[0.1^{-0.5} - 1 \right] = 4.324555320336758$$

$$T_{CA} = \alpha_{CA} \cdot \hat{g}_{CA} = broadcast(*, \alpha_{CA}, \hat{g}_{CA}) = [23.0931, 34.8343, 31.7509]$$

$$T_{CA} = [23.0931, 34.8343, 31.7509]$$

$$\hat{g}_{CA} = [5.34, 8.055, 7.342]$$

$$Y = [13.38 > 23.0931, 7.365 > 34.8343, 4.19 > 31.7509] = [0, 0, 0]$$

2.4.2 GO - Greatest of Cell Averaging

Пример 1. X - Vector(M,) Пусть:

- Number of guard cells - 4;
- Number of training cells - 4;
- Threshold Factor Method - Auto;
- Probability of false alarm (\overline{P}_{FA}) - 0.1;
- Output Format - CUT result;

$$X = \begin{bmatrix} 1.421 \\ 2.12 \\ 1.169 \\ 1.607 \\ 1.235 \\ 1.214 \\ 1.641 \\ 1.232 \\ 2.067 \\ 1.46 \\ 1.357 \\ 1.519 \\ 1.332 \\ 1.357 \\ 1.534 \end{bmatrix}, Idx = 8$$

$$\hat{g}_{GO} = \max(\text{mean}(\hat{f}_{GO,lag}), \text{mean}(\hat{f}_{GO,lead})) = \max(\hat{f}_{GO,lag}, \hat{f}_{GO,lead}) = \max\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} z_i, \frac{1}{N} \sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N z_i\right)$$

$$\hat{f}_{GO,lag} = \frac{1.607 + 1.235}{2} = 1.421$$

$$\hat{f}_{GO,lead} = \frac{1.357 + 1.519}{2} = 1.438$$

$$\hat{g}_{GO} = \max(1.421, 1.438) = 1.438$$

$$CAThreshold = N \left[\overline{P}_{FA}^{\frac{1}{N}} - 1 \right] = 4 \left[0.1^{-0.25} - 1 \right] = 3.113117640155691$$

$$\alpha_{GO} = |fzero(4, 0.1, |CAThreshold|, Rank = 1)| = 2.341796132759153$$

$$T_{GO} = \alpha_{GO} \cdot \hat{g}_{GO} = 2.341796132759153 \cdot 1.438 = 3.367502838907662$$

$$T_{GO} = 3.367502838907662$$

$$\hat{g}_{GO} = 1.438$$

$$Y = [1.232 > 3.367502838907662] = [0]$$

2.4.3 SO - Smallest of Cell Averaging

Пример 1. X - Vector(M,)

- Number of guard cells - 4;
- Number of training cells - 4;
- Threshold Factor Method - Auto;
- Probability of false alarm (\bar{P}_{FA}) - 0.1;
- Output Format - CUT result;

$$X = \begin{bmatrix} 1.421 \\ 2.12 \\ 1.169 \\ 1.607 \\ 1.235 \\ 1.214 \\ 1.641 \\ 1.232 \\ 2.067 \\ 1.46 \\ 1.357 \\ 1.519 \\ 1.332 \\ 1.357 \\ 1.534 \end{bmatrix}, Idx = 9$$

$$\hat{g}_{SO} = \min(\text{mean}(\hat{f}_{SO,lag}), \text{mean}(\hat{f}_{SO,lead})) = \min(\hat{f}_{SO,lag}, \hat{f}_{SO,lead}) = \min\left(\frac{1}{\frac{N}{2}} \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} z_i, \frac{1}{\frac{N}{2}} \sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N z_i\right)$$

$$\hat{f}_{SO,lag} = \frac{1.607 + 1.235}{2} = 1.2245$$

$$\hat{f}_{SO,lead} = \frac{1.357 + 1.519}{2} = 1.4255$$

$$\hat{g}_{SO} = \min(1.2245, 1.4255) = 1.2245$$

$$CAThreshold = N \left[\bar{P}_{FA}^{\frac{1}{N}} - 1 \right] = 4 \left[0.1^{-0.25} - 1 \right] = 3.113117640155691$$

$$\alpha_{SO} = |fzero(4, 0.1, |CAThreshold|, Rank = 1)| = 6.509460338847331$$

$$T_{SO} = \alpha_{SO} \cdot \hat{g}_{SO} = 6.509460338847331 \cdot 1.2245 = 7.970834184918557$$

$$T_{SO} = 7.970834184918557$$

$$\hat{g}_{GO} = 1.2245$$

$$Y = [2.067 > 7.970834184918557] = 0$$

2.4.4 OS - Order Statistics

Пример 1. X - Vector(M,)

- Rank 2;
- Number of guard cells - 4;
- Number of training cells - 4;
- Threshold Factor Method - Auto;
- Probability of false alarm (\bar{P}_{FA}) - 0.1;
- Output Format - CUT result;

$$X = \begin{bmatrix} 1.421 \\ 2.12 \\ 1.169 \\ 1.607 \\ 1.235 \\ 1.214 \\ 1.641 \\ 1.232 \\ 2.067 \\ 1.46 \\ 1.357 \\ 1.519 \\ 1.332 \\ 1.357 \\ 1.534 \end{bmatrix}, Idx = 9$$

$$\hat{g}_{OS} = sort(X) = sort \begin{bmatrix} 1.235 \\ 1.214 \\ 1.519 \\ 1.332 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.214 \\ 1.235 \\ 1.332 \\ 1.519 \end{bmatrix}, sort(X)[Rank] = sort(X)[2] = 1.235$$

$$T_{OS} = \alpha_{OS} \cdot \hat{g}_{OS}$$

$$CATHreshold = N \left[\bar{P}_{FA}^{-\frac{1}{N}} - 1 \right] = 4 \left[0.1^{-0.25} - 1 \right] = 3.113117640155691$$

$$\alpha_{OS} = fzero(4, 0.1, CATHreshold, Rank = 2) = 7.4688259109311740890688259109312$$

$$T_{OS} = 7.4688259109311740890688259109312 * 1.235 = 9.224$$

$$T_{OS} = 9.224$$

$$\hat{g}_{OS} = 1.235$$

$$Y = [2.067 > 9.224] = 0$$

3 CFAR Detector 2D

По сути, CFAR Detector 2D работает также, как и одномерный. Сейчас покажу в чем различия.

3.1 CA - Cell Averaging

Пример 1. X - Matrix(M, N, K)

- GuardBandSize - 0;
- NumTrainingCells - [2, 1];
- Threshold Factor Method - Auto;
- Probability of false alarm (\bar{P}_{FA}) - 0.1;
- Output Format - CUT result;

$$Idx = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

Вот тут надо по-медленнее. У нас в распоряжении 4 элемента: [3, 2], [3, 3], [3, 4], [3, 5]. Теперь для каждого элемента из Idx для каждой матрицы $X[:, :, i]$ рассчитывается статистики \hat{g}_{Method} . Например, для элемента [3, 2] получается такая картина. Не забываем, что область расчета для каждой ячейки [1, 2].

$$X[:, :, 1] = \begin{bmatrix} 0.3405 & 0.4562 & 0.5847 & 0.8753 & 0.9131 & 0.3587 \\ 0.3703 & 0.6264 & 0.5992 & 0.6108 & 0.8785 & 0.8746 \\ 0.0927 & 0.3006 & 0.9646 & 0.2729 & 0.081 & 0.9238 \\ 0.5937 & 0.5477 & 0.7804 & 0.9249 & 0.7785 & 0.066 \\ 0.9422 & 0.7789 & 0.4621 & 0.6751 & 0.9459 & 0.0758 \\ 0.9737 & 0.7881 & 0.4712 & 0.6059 & 0.1029 & 0.8549 \end{bmatrix},$$

$$X[:, :, 2] = \begin{bmatrix} 0.9488 & 0.8312 & 0.833 & 0.902 & 0.0536 & 0.152 \\ 0.4265 & 0.6524 & 0.399 & 0.3634 & 0.5333 & 0.3657 \\ 0.1149 & 0.4204 & 0.5529 & 0.604 & 0.9317 & 0.7697 \\ 0.4929 & 0.0506 & 0.5763 & 0.3867 & 0.684 & 0.4179 \\ 0.8446 & 0.6383 & 0.6795 & 0.5688 & 0.1191 & 0.3555 \\ 0.2888 & 0.9298 & 0.7851 & 0.7652 & 0.0636 & 0.0592 \end{bmatrix}$$

$$\hat{g}_{CA} = mean(X) = mean \begin{bmatrix} 0.3405 & 0.4562 & 0.5847 \\ 0.3703 & 0.6264 & 0.5992 \\ 0.0927 & & 0.9646 \\ 0.5937 & 0.5477 & 0.7804 \\ 0.9422 & 0.7789 & 0.4621 \end{bmatrix} = 0.5814$$

$$T_{CA} = \alpha_{CA} \cdot \hat{g}_{CA}$$

$$\alpha_{CA} = 2.502760887110222$$

$$T_{CA} = 0.5814 \cdot 2.502760887110222 = 1.4551051797658832$$

По аналогии остается рассчитать статистики для остальных элементов. Итого у нас получится матричка [4, 2]. То есть 4 - это вторая размерность Idx и 2 это 3 размерность матрицы X .

$$T_{CA} = 1.4551051797658832$$

$$\hat{g}_{CA} = 0.5814$$

$$Y = [0.3006 > 1.4551051797658832] = 0$$

4 MVDR Spectrum

5 Beamscan Spectrum

6 Propagation delay
