

РАДАР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

студент гр. 10309117 Василькевич Ф.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Обнаружение и отображение целей в высоком разрешении в реальном времени имеет большое значение как для военной, так и для гражданской промышленности, например, для захвата и отслеживания быстро движущихся целей, для которых требуется радиочастотный (РЧ) радар, работающий на высокой частоте и в широкой полосе пропускания с возможностью обработки сигналов в реальном времени. Это требование создает большие проблемы для современной электроники. В данном докладе представляется радар высокого разрешения, основанный на фотонике.

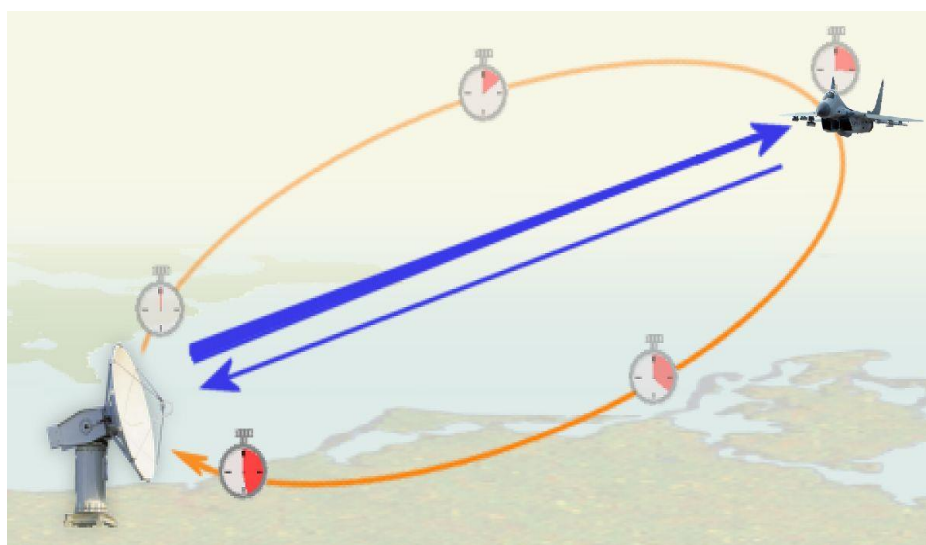
Как это работает?

Рис 1. Принцип работы радара.

Широкополосный сигнал генерируется в передатчике с помощью четырехкратного увеличения фотонной частоты, а принятый эхо-сигнал дешифруется до низкочастотного сигнала путем смещения фотонных частот. Система может работать на высокой частоте и большой полосе пропускания, одновременно обеспечивая обработку в реальном времени за счет низкоскоростного аналого-цифрового преобразования и цифровой обработки сигналов. Обработка же сигнала в 8 ГГц в реальном времени (LFM) достигается с частотой дискретизации 500Мпа/с. Точное измерение расстояния осуществляется с максимальной погрешностью 4 мм в диапазоне ~ 3,5 метра. Обнаружение двух целей демонстрируется с разрешением по дальности до 1,875 см. Максимальная полоса пропускания работы в основном определяется электрооптическими устройствами, которые могут составлять десятки или даже сотни гигагерц. В результате чего возможно обнаружение радаром объекта не только с очень высоким разрешением, но и удалённом на достаточно большое расстояние при низкой задержке сигнала.

Устройство системы

Свет непрерывной волны от лазерного диода модулируется двухпараллельным модулятором (DPMZM), который возбуждается непрерывным сигналом LFM, генерируемым низкоскоростным генератором электрических сигналов. Для простоты понимания мы предполагаем, что мгновенная частота сигнала IF-LFM равна:

$$f_{IF}(t) = f_0 + kt,$$

где f_0 - начальная частота, а k – линейная частота.

Модулятор DPMZM состоит из двух составляющих MZM (MZM-a и MZM-b), и каждый MZM встроен в одно плечо родительского MZM (MZM-c). Перед применением к DPMZM сигнал IF-LFM проходит через преобразователь сигнала, и полученные два сигнала с разностью фаз в 90° используются для возбуждения двух соответствующих MZM.

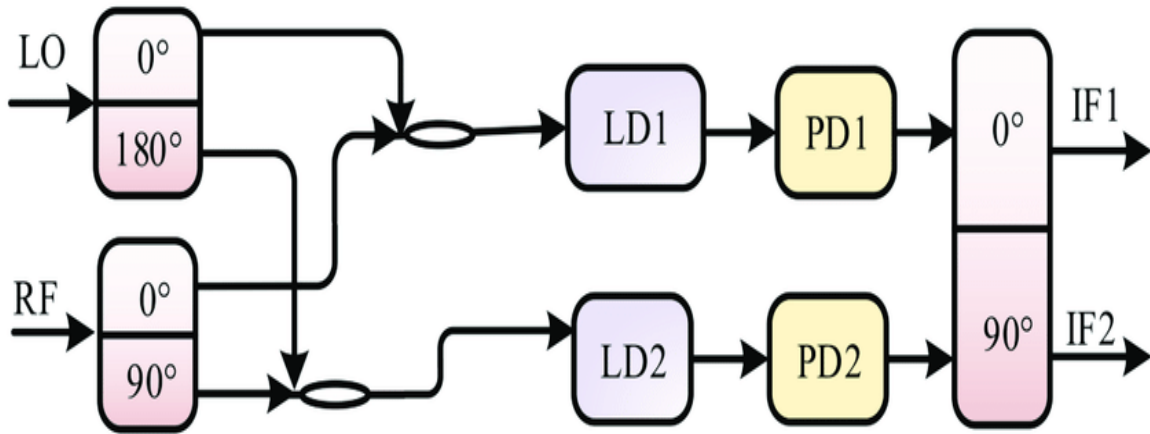


Рис 2. Устройство системы.

При правильной настройке напряжения смещения этот оптический сигнал затем равномерно разделяется на две ветви с помощью оптического соединителя (ОС). В одной ветви оптический сигнал используется в качестве эталона для обработки принятых эхосигналов, а в другой ветви сигнал отправляется на фотоприемник для реализации оптического преобразования в электрический. Полученный электрический сигнал имеет частоту в четыре раза по сравнению с частотой сигнала IF-LFM. Следовательно,

$$f_{LFM}(t) = 4f_0 + 4kt,$$

Сигнал LFM усиливается широкополосным электрическим усилителем и запускается в воздух через антенну для обнаружения цели. Отраженный мишенью сигнал собирается другой антенной и должным образом усиливается перед подачей на электрооптический фазовый модулятор (ЭФМ). ЭФМ используются для модуляции оптического сигнала опорного от нижней ветви. В этом процессе, две оптические боковые полосы в оптическом сигнале можно рассматривать как два оптических носителя:

$$f_c - 2f_0 - 2kt \quad (1)$$

$$f_c + 2f_0 + 2kt \quad (2)$$

Частота боковой полосы 1 порядка, генерируемой посредством фазовой модуляции при условии (1), находится в положении:

$$f_c + 2f_0 + 2kt + 4k\Delta\tau,$$

где $\Delta\tau$ – задержка по времени отраженного сигнала НЧМ по сравнению с передаваемым сигналом.

Для уменьшения интенсивности передаваемого сигнала используется оптический полосовой фильтр (ОПФ). После ОПФ оптический сигнал отправляется на другой фотодетектор для выполнения оптического преобразования в электрический. На выходе получается электрический сигнал с частотой:

$$\Delta f = 4k\Delta\tau$$

На практике эта частота может быть получена путем выборки сигнала с использованием низкоскоростного электрического АЦП и последующего выполнения

простого спектрального анализа. Принимая во внимание, что $4k$ – это частота передаваемого LFM сигнала, задержка по времени $\Delta \tau$ может быть выражена как:

$$\Delta \tau = \frac{\Delta f}{4k} = \frac{T \Delta f}{B}$$

где B – ширина полосы, а T – временной период LFM сигнала, передаваемого через антенну.

Расстояние до цели можно определить же, как:

$$L = \frac{\Delta \tau}{2} c = \frac{c}{2B} T \Delta f$$

Минимальное разнесение спектра, которое можно выделить, составляет $\Delta f_{\min} = 1/T$, таким образом, разрешение по дальности составляет:

$$L_{RES} = \frac{c}{2B} T \Delta f_{\min} = \frac{c}{2B}$$

Данное уравнение показывает, что большая полоса пропускания передаваемого сигнала помогает достичь высокого разрешения.

Вывод. В представленном радаре генерация фотонов и расщепление сигналов могут иметь очень большую рабочую полосу. После фотонного дешифрирования в приемнике может использоваться АЦП с умеренной скоростью дискретизации и высокой точностью, что позволяет обрабатывать сигналы в реальном времени. Следовательно, может быть достигнуто обнаружение цели в реальном времени с высоким разрешением, что делает предложенную радиолокационную систему весьма перспективной в различных применениях.

Литература

1. Радиолокационные станции бокового обзора / Под редакцией А. П. Реутова. — М.: Советское радио, 1970. — 360 с. — 6700 экз.
2. Translation Bureau (2013). "Radar definition". Public Works and Government Services Canada. Retrieved 8 November 2013.
3. "US879532A - Space telegraphy". *Google Patents*. 1907-01-29. Retrieved 2019-08-10.
4. Grodkowski, Paul (2015-08-24). *Beginning Shortwave Radio Listening*. Booktango. ISBN 9781468964240.
5. Valipour, M. Hadi; Homayounpour, M. Mehdi; Mehralian, M. Amin (2012). "Automatic digital modulation recognition in presence of noise using SVM and PSO". *6th International Symposium on Telecommunications (IST)*. pp. 378–382.
6. Karl Paulsen. "Coding for Magnetic Storage Mediums". 2007.

УДК 004.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА МОДИФИКАЦИИ ЯРКОСТИ ПИКСЕЛЯ В МЕТОДЕ КУТТЕРА-ДЖОРДЕНА-БОССЕНА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

студент 4 курса, 5 группы Сорока В. Б.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Стеганография на ряду с криптографией является одним из важнейших способов защиты информации от несанкционированного доступа. В настоящее время существует большое количество стеганографических методов для сокрытия информации в изображениях. Одним из известных методов является метод Куттера-Джордена-Боссена(КДБ). Идея метода состоит в том, что мы увеличиваем (уменьшаем) яркостную компоненту пикселя на некоторое значение, исходя от значения исходной яркости для