

Лекция 7. Построение блока быстрого поиска

Болденков Е.Н.

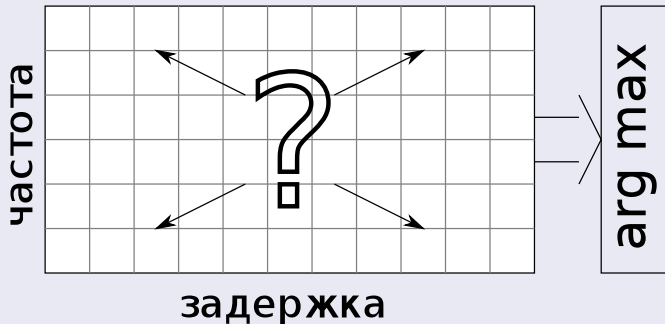
Московский Энергетический институт

октябрь 2014

- 1 Зачем нужен блок быстрого поиска?
 - Необходимое число параллельных корреляторов
 - Области применения поиска сигнала
- 2 Предварительное накопление
- 3 Варианты реализации блока поиска
 - Многоотводный коррелятор
 - Многоканальный коррелятор
 - Алгоритм в виде согласованного фильтра
 - Алгоритмы на основе БПФ по частоте
 - Алгоритмы на основе БПФ по задержке
 - Комбинированные алгоритмы

Зачем нужен блок быстрого поиска?

Поиск предполагает накопление сигнала в большом количестве ячеек



Зачем нужен блок быстрого поиска?

Количество ячеек поиска может быть очень велико

Сигнал	Символов на период	N_T	$N_T \times N_f$	Нужно корреляторов
ГЛОНАСС ПТ	511	1022	40880	197
GPS C/A	1023	2046	81840	403
Galileo E1	4092	8184	327360	1697
GPS L1C	10230	20460	81840	4314
GPS L2 CL	767250	1534500	61380000	368 тыс.

Примечание. Приведены параметры, необходимые для обеспечения TTFF=35 с с вероятностью $P_D = 0.9$.

Диапазон поиска по частоте 20 кГц, обнаружение сигнала стандартного уровня $q_{c/n_0} = 42$ дБГц

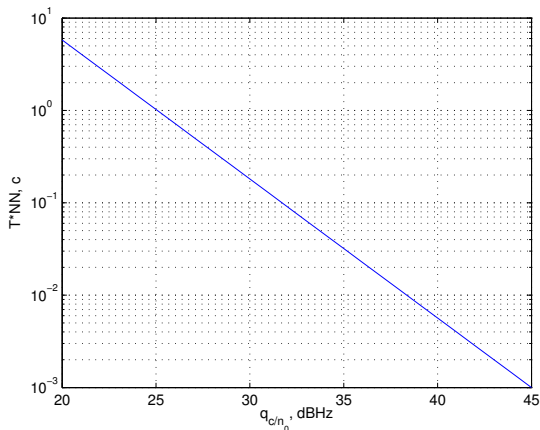
Зачем нужен блок быстрого поиска?

Количество полноценных корреляторов в приёмнике обычно невелико

Приёмник	Число корреляторов	Год выпуска
PLGR	5	1993
DAGR	12+12	2003
SiRFstar II	24	2002
SiRFstar III	24	2005
SiRFstar IV	32	2008
u-blox6	32	2010
NV-08C	32	2011
Javad TRIUMPH	216	2009

Зачем нужен блок быстрого поиска?

Если нужно искать слабые сигналы, время накопления существенно возрастает



Зачем нужен блок быстрого поиска?

Время анализа в каждой из ячеек невелико

Чувствительность, дБГц	T, мс	NN	$T \cdot NN$, мс
45	1	1	1
35	2	15	30
30	2	67	134
25	2	530	1060
20	2	2135	4270

Но это время анализа в **каждой** ячейке!!!

Типы старта приёмника

При *холодном старте* всегда используется полный поиск сигнала

- Не известен перечень доступных сигналов.
- Полная неопределённость по задержке (период кода).
- Полная неопределённость по частоте (максимальный доплер + сдвиг генератора)

Пример

- Поиск сигнала GPS C/A — 2046 позиций по задержке.
- Сдвиг доплеровской частоты ± 6.2 кГц.
- Неопределённость частоты ОГ ± 3 кГц.
- При накоплении $T = 2$ мс шаг поиска по частоте 500 Гц.
- Количество позиций поиска по частоте 31.
- Общее число позиций 63426.

При *тёплом старте* приблизительно доступно текущее время, положение и эфемериды

- Известны доступные сигналы.
- Полная неопределённость по задержке (период кода).
- С некоторой точностью известна частота.

Пример

Слежение за сигналом прервалось на 20 минут.

- Поиск сигнала GPS C/A — 2046 позиций по задержке.
- Сдвиг доплеровской частоты -00 за счёт потребителя, ± 100 Гц.
- Неопределённость частоты ОГ — 50 Гц.
- При накоплении 10 мс шаг поиска по частоте 100 Гц.
- Количество позиций поиска по частоте — 3.
- Общее число позиций поиска 6138.

Типы старта приёмника

При *горячем старте* время и положение известно достаточно хорошо

- Известны доступные сигналы.
- Небольшой диапазон поиска по задержке.
- Небольшой диапазон поиска по частоте.

Пример

Горячий старт 3GPP fine aiding.

- Время с точностью 10 мкс, положение с точностью 200 м.
- Поиск сигнала GPS C/A — 23 позиции по задержке.
- Неопределённость частоты ОГ — 50 Гц.
- При накоплении 10 мс шаг поиска по частоте 100 Гц.
- Количество позиций поиска по частоте — 3.
- Общее число позиций поиска 66.

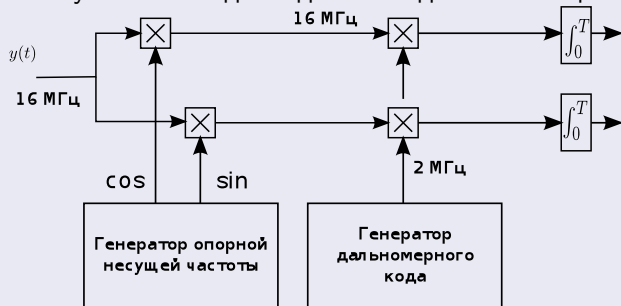
В каких ситуациях применим поиск?

Как результат, в зависимости от типа получается разное время старта

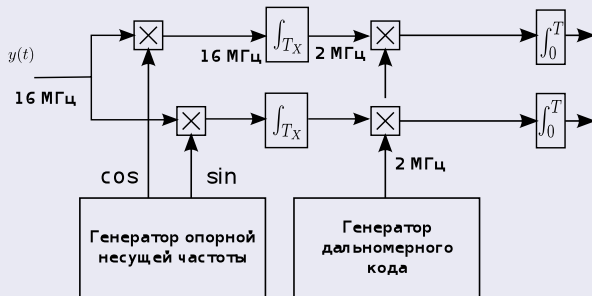
Тип старта	Холодный	Тёплый	Горячий
DAGR	100	22	10
Геос-1	31	5	4
SiRFstar IV	31	5	3

Основная сложность - поиск по задержке

- Для сигнала GPS C/A шаг поиска по задержке $1/2 \times 1 \text{ мкс}/1023$ (2 МГц).
- Темп поступления входных данных - десятки МГц.

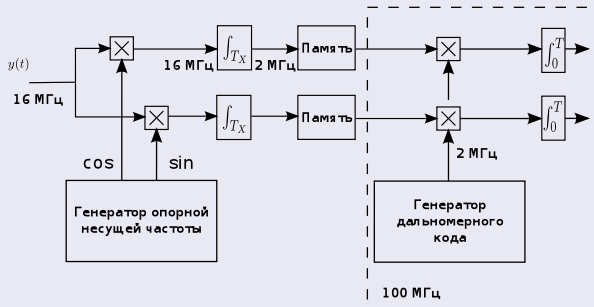


Можно снизить темп обрабатываемых данных



Предварительное накопление

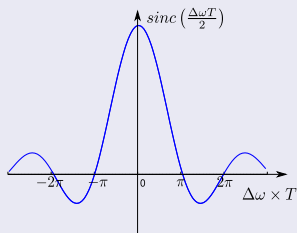
Темп работы схемы поиска по задержке может быть выше, чем темп поступления полусимволов



Пример

На ПЛИС Xilinx Spartan3 можно реализовать схему поиска на частоте 100 МГц. Выигрыш в 50 раз!

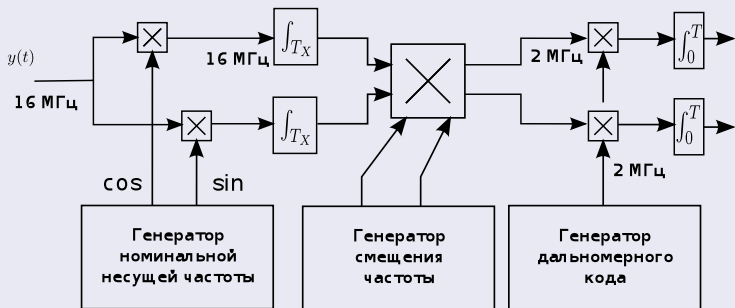
Частотная характеристика предварительного накопителя



$$M[I] = 2q_{c/n_0} T \cdot \operatorname{sinc}\left(\frac{\Delta\omega T}{2}\right) \rho(\Delta\tau) \cos(\Delta\omega T + \Delta\varphi)$$

$$M[Q] = 2q_{c/n_0} T \cdot \operatorname{sinc}\left(\frac{\Delta\omega T}{2}\right) \rho(\Delta\tau) \sin(\Delta\omega T + \Delta\varphi)$$

Поиск по частоте также можно сделать после предварительного накопления



Многоотводный коррелятор

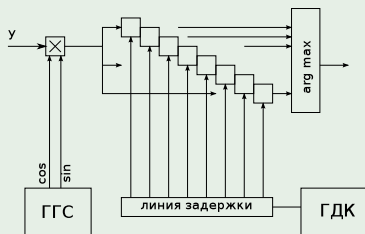
Увеличение количество боковых отводов коррелятора позволяет сэкономить на генераторах опорного сигнала

Пример

SiRFstar II в каждом канале коррелятора по задержке имел 32 отвода.

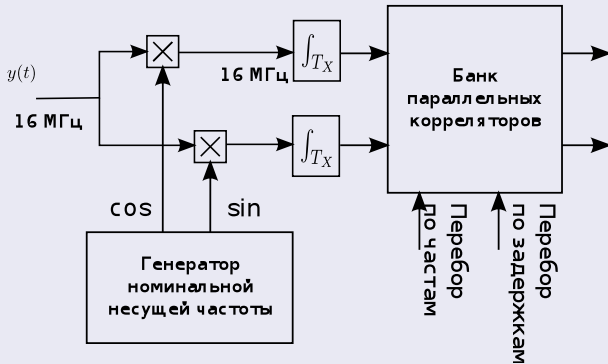
Пример

Именно этот подход используется в блоках допоиска сигнала.



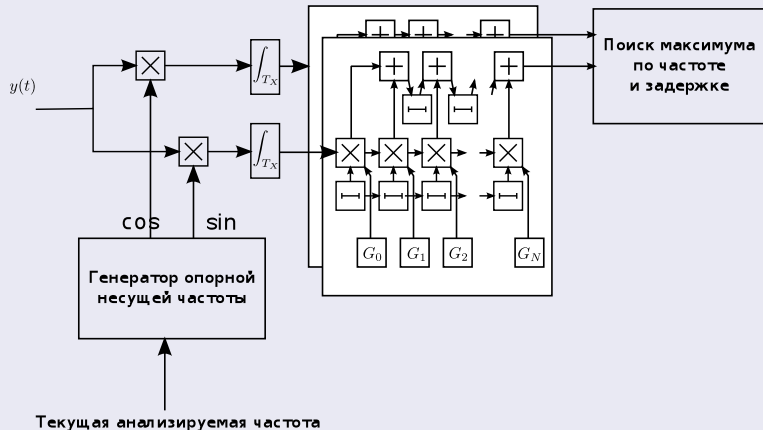
Многоканальный коррелятор

Развязывание частоты накопления отсчётов и частоты обработки позволяет увеличить темп обработки

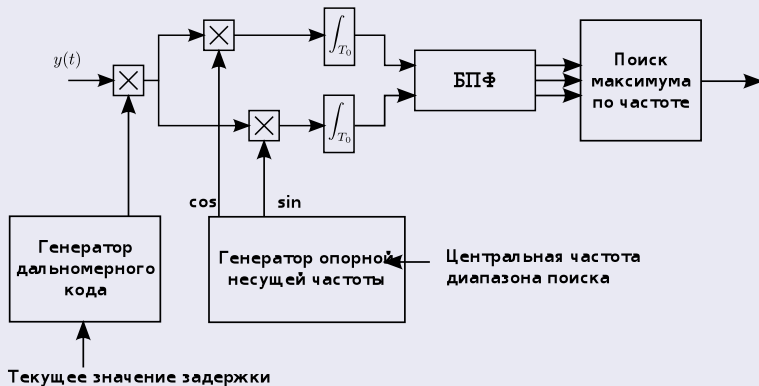


Алгоритм в виде согласованного фильтра

Структура алгоритма в виде согласованного фильтра



Структура алгоритма поиска с БПФ по частоте



Теорема о дискретной свёртке в спектральной области

$$z_k = \sum_{m=0}^{N-1} x_m \cdot y_{k-m} \xrightarrow{F} Z_n = X_n \cdot Y_n$$

Комплексное сопряжение спектра

$$z_{-k} \xrightarrow{F} Z_n^*$$

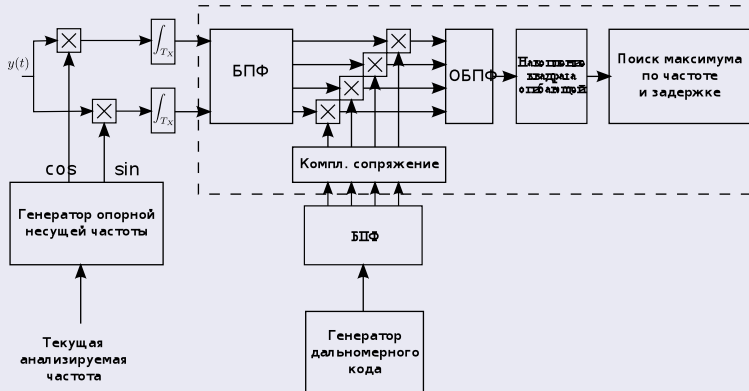
$$Z_n^* = \text{real}(Z_n) - i \cdot \text{imag}(Z_n)$$

Сдвиг по частоте в спектральной области

$$z_k \cdot \exp \left\{ -i \frac{2\pi}{N} \cdot m \right\} \xrightarrow{F} Z_{n-m}.$$

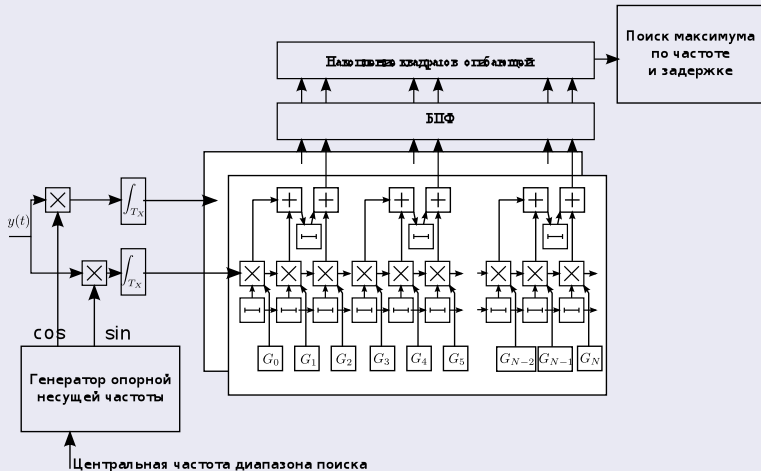
Алгоритм на основе БПФ по задержке

Структура алгоритма поиска с БПФ по задержке

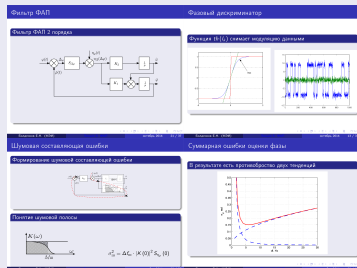


Комбинированные алгоритмы

Структура алгоритма с согласованным фильтром по задержке и БПФ по частоте



Тема следующей лекции - система слежения за фазой сигнала



Посетите наш web-сайт

<http://srns.ru>

