

## ПОИСК ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАЧ СИНХРОНИЗАЦИИ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Ахметшин А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук Кузьмин Е. В.

*Сибирский федеральный университет*

В морских радионавигационных системах с опорными станциями (ОС) наземного базирования требуется высокоточная синхронизация шкал времени ОС, для чего применяется аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем (АП СРНС). Возможны случаи, когда по ряду причин невозможно синхронизировать ОС от АП СРНС. Тогда остро встает задача автономной синхронизации опорных станций. Необходимо оценить временное положение прихода сигнала от ведущей станции с высокой точностью. На практике оценка временного положения реализуется в два этапа: поиск и слежение. Поиск сигнала производит грубое измерение временных параметров и позволяет выполнить предварительную оценку для обеспечения работоспособности схемы слежения. Слежение – оценка временного положения с точностью до фазы, реализуемая специализированными схемами.

Так как в морской радионавигационной системе используется квазинепрерывный шумоподобный сигнал минимальной частотной манипуляции (ШПС-МЧМ) с большой базой, видимой сложностью разработки системы синхронизации является реализация модуля поиска ШПС-МЧМ. Это параллельная многоканальная корреляционная обработка, однако в этом случае реализационные затраты максимальные. Чтобы обеспечить минимальные реализационные затраты можно воспользоваться последовательным временным поиском, но он не будет обеспечивать быстрый поиск.

Цель исследования: разработка алгоритмов быстрого поиска ШПС-МЧМ методом согласованной фильтрации.

Интерес представляет то, что ОС неподвижны, поэтому задачу приема сигнала можно решить с помощью согласованного фильтра (СФ), порогового устройства и блока компенсации задержки. Ведущая ОС излучает сигнал, ведомые ОС принимают сигнал и должны обеспечить нахождение временного положения паузы, имеющейся в каждом цикле излучения (  $\Delta t$  ), скомпенсировать известную задержку на распространение и аппаратурные задержки, после чего выдать сигнал разрешения на излучение.

Математическая модель ШПС-МЧМ в комплексной форме:

$$\dot{s}_{\text{ш}}(t) = AD(t)\dot{S}(t)\exp[j(2\pi f_0 t - \varphi_0)], \quad (1)$$

где  $A$  – амплитуда сигнала;  $D(t)$  – информационный сигнал;  $f_0$  – центральная частота;  $\varphi_0$  – начальная фаза;  $\dot{S}(t)$  – комплексная огибающая вида:

$$\dot{S}(t) = \exp[j\Theta(t)] = \cos \Theta(t) + j \sin \Theta(t) = I(t) + jQ(t), \quad (2)$$

$$\Theta(t) = \frac{\pi}{2T_0} \int_0^t d(t') dt', \quad (3)$$

$$d(t) = \sum_{i=0}^{N-1} d_i \text{rect}(t-iT), \quad (4)$$

где  $\Theta(t)$  – функция, определяющая закон угловой модуляции;  $d(t)$  – псевдослучайная последовательность (ПСП) длины  $N$ ;  $T$  – длительность элемента ПСП;  $\text{rect}(t)$  – прямоугольный импульс единичной амплитуды и длительностью  $T$ .

В системах, осуществляемых обработку радиосигналов вида  $S(t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \theta(t)]$ , используются фильтры, согласованные с их комплексной огибающей (2). При цифровой обработке ШПС-МЧМ необходимо выделить действительную и мнимую составляющие комплексной огибающей, применив схему переноса спектра сигналов методом цифрового гетеродинирования. Затем, необходимо отфильтровать сигналы квадратурных составляющих комплексной огибающей от второй гармоники, применив цифровой фильтр нижних частот. Следующим этапом обработки сигнала является согласованная фильтрация комплексной огибающей. Импульсная характеристика фильтра, согласованного с комплексной огибающей сигнала, определяется по формуле:

$$h_k(n) = S_k^*(N-1-n) = S(N-1-n)e^{-j\Theta(N-1-n)}. \quad (6)$$

Так как комплексная огибающая состоит из двух квадратурных составляющих, то для её оптимальной фильтрации необходимо синтезировать согласованные фильтры для квадратурных составляющих. Импульсной характеристикой фильтра, согласованного с действительной компонентой комплексной огибающей  $I(t)$ , является зеркальное отображение её отчетов, задержанных на период. Для фильтра, согласованного с мнимой составляющей комплексной огибающей  $Q(t)$ , аналогично. Результаты работ:

– Разработан проект согласованного фильтра ШПС-МЧМ в Xilinx System Generator for DSP и MatLAB.

– Реализован согласованный фильтр ШПС-МЧМ (с манипулирующей ПСП длиной  $N = 63$ ) на отладочной плате Xtreme DSP Development Kit-IV (ПЛИС Virtex4 xc4vsx35-10ff668).