

## ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРИХОДА ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ НЕЗАВИСИМЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ НА ПРИЕМНЫХ ПУНКТАХ СИСТЕМЫ РАДИОМОНИТОРИНГА

Поболь А.Ю., Манюкевич Е.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Гринкевич А.В. - канд. техн. наук, доц.

*Аннотация* — Предложены алгоритм оценивания времени прихода импульсных сигналов на приемных пунктах (ПП) системы радиомониторинга (РМ), инвариантные к мощности полезного сигнала. Приведены оценки точности предлагаемых алгоритмов.

Одним из наиболее перспективных и экономичных методов определения координат радиоизлучающих объектов (РО) является разностно-дальномерный при независимом измерение времени прихода импульсных сигналов на ПП системы РМ. В [1] проведены исследования алгоритмов вторичной обработки сигналов в системах РМ. В то же время недостаточно исследованной является первичная обработки сигналов в указанных системах.

Наблюдению в  $i = \overline{1, N}$  приемных пунктах системы РМ доступны реализации смеси сигнала и шума после квадратичного детектирования, имеющие вид

$$y_i(t) = \int_0^t (\mu_i s_i(t-t_{3i}) + n_i(t))^2 g_{\text{дл}i}(t-\tau) d\tau,$$

где  $s_i(t) = \int_0^t s_0(\tau) g_{\text{пл}i}(t-\tau) d\tau$ ,  $\mu_i$ ,  $t_{3i}$  - временное представление, коэффициент ослабления и время задержки излученного РО сигнала на выходе приемника  $i$ -го ПП;  $s_0(\tau)$  - излученный РО сигнал;  $g_{\text{пл}i}$ ,  $g_{\text{дл}i}(t) = \beta e^{-\beta t}$  - импульсные характеристики линейной части приемника и цепей сглаживания квадратичного детектора.

В условиях априорной неопределенности при независимом оценивании единственным источником информации о времени прихода могут являться передний и задний фронты импульсных сигналов. Модель излученного РО импульсного сигнала запишем в виде

$$s_0(t) = A(1 - e^{-\alpha_1 t}) e^{-\alpha_2 \theta(t-\tau_{\text{п}})(t-\tau_{\text{н}})} \cos(\omega_0 t + \psi(t)),$$

где  $\alpha_{1(2)}$ ,  $A$ ,  $\tau_{\text{п}}$ ,  $\omega_0$ ,  $\psi(t)$  - параметры, характеризующие крутизну переднего (заднего) фронта, амплитуду, длительность, несущую частоту и закон фазовой модуляции сигнала;  $\theta(t)$  - функция включения.

Основное требование к алгоритму обработки заключается в независимости результатов оценивания от амплитуды сигнала на различных ПП. С учетом указанного алгоритм формирования временной задержки  $\hat{t}_3$  предлагается в виде

$$B_n = \frac{\sum_{i=n+M}^{n+2M-1} y(i/F_{\text{д}})}{\sum_{i=n}^{n+M-1} y(i/F_{\text{д}})} \quad (1); \quad K = \arg \max_n B_n \quad (2); \quad \hat{t}_3 = \frac{1}{F_{\text{д}}} \left( M + K + \frac{1}{2} + \frac{B_K - B_{K+1}}{B_{K-1} - 2B_K + B_{K+1}} \right) \quad (3),$$

где  $B_n$  - зависимость, аналогичная функции правдоподобия;  $M$  - число отсчетов, усредняемых опережающем и отстающем скользящих окнах;  $F_{\text{д}}$  - частота дискретизации; операция (3) - нахождение максимума при квадратичной аппроксимации  $B_n$  по трем отсчетам (рис. 1).

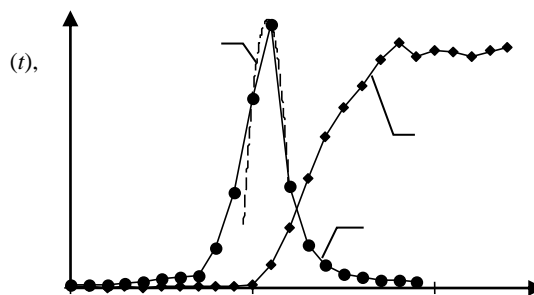


Рис.1.

Методом имитационного моделирования (100 реализаций) для  $\alpha_1 = F_d = 200$  МГц;  $M = 4$ ,  $\beta = 100$  МГц, полосе пропускания приемника 200 МГц и отношений сигнал/шум 17, 23, 27, 37 дБ получены значения среднеквадратической ошибки оценивания, составляющие 1,1; 0,32; 0,29; 0,22 нс. Статистически значимых отличий математических ожиданий оценок для различных времен прихода не зафиксировано.

Предлагаемый алгоритм обеспечивает оценивания времени прихода на ПП системы РМ при существенных различиях отношения сигнал/шум на них.

#### Список литературы

1. Кирсанов Э.А., Сирота А.А. Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы. М.: Физматлит, 2012. 344 с.