

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАЗДЫВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ СИГНАЛОВ С ПОЛНЫМ И ЧАСТИЧНЫМ ОТКЛИКОМ

Хачатурян А.Б.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Ипатов В.П.

ОАО «Российский институт радионавигации и времени», Россия

E-mail: khachaturyan.al@gmail.com

Аннотация — Произведено ранжирование ряда модуляционных форматов согласно критерию потенциальной точности измерения запаздывания сигнала с ограниченной регламентной полосой. Показано, что усложнение модуляционного формата за счет введения памяти не приносит ощутимых выгод в рамках рассматриваемого критерия.

1. Введение

Одним из способов преодоления проблемы бесконфликтного сосуществования новых глобальных навигационных систем, как между собой, так и с соседствующими в эфире системами иного назначения, является переход к спектрально-эффективным форматам, то есть модуляции с непрерывной фазой (МНФ). Доклад посвящен исследованию точностных характеристик дальномерного сигнала с МЧМ, а также более сложных видов МНФ с полным и частичным откликом.

2. Основная часть

Оптимальная оценка запаздывания τ сигнала, принимаемого в смеси с аддитивным белым гауссовым шумом, предполагает согласованную фильтрацию наблюдаемого колебания с последующей фиксацией момента максимума реализации на выходе согласованного фильтра [1]. В реальном приемнике наблюдение предварительно проходит через частотно-селективный тракт, который смоделирован идеальным фильтром нижних частот с двусторонней полосой пропускания $2W$. Тогда потенциальная дисперсия $\text{var}\{\hat{\tau}\}$ оценки запаздывания сигнала, асимптотически, приближающаяся к границе Крамера-Рао, может быть найдена из соотношения [1]

$$\text{var}\{\hat{\tau}\} \approx -\frac{1}{q^2 \rho''(0)}, \quad q \gg 1, \quad (1)$$

где $q^2 = 2E_w/N_0$ — отношение сигнал-шум по мощности на выходе согласованного фильтра; N_0 — односторонняя спектральная плотность аддитивного белого шума; E_w и $\rho''(0)$ — энергия и автокорреляционная функция (АКФ) наблюдаемого сигнала, ограниченного по полосе фильтром нижних частот.

Исследование производилось для ряда МНФ с полным откликом: стандартная МЧМ, форматы с синусоидальным законом изменения фазы — МНФА и МНФП и полиномиальным законом изменения фазы — МНФПЛ; а также для форматов с частичным откликом: МНФЧЛ с памятью $L = 2$ и гауссовской МЧМ (ГМЧМ). Подробное описание указанных модуляционных форматов приведено в [2].

При сравнении дисперсий оценки запаздывания МНФ сигналов, учитывалось, что их универсальной моделью является дискретный сигнал, в котором от вида модуляции зависит только форма элементарной посылки (чипа). Длительность чипа сигнала T отождествлялась с регламентной полосой, концентрирующей 99% энергии сигнала, т.е.

$$T = a/2W_{99}, \quad (2)$$

где $2W_{99}$ — располагаемый частотный ресурс; a — параметр, зависящий от конкретного типа модуля-

ции. Значения a для рассматриваемых видов модуляции табулированы в [2].

В таблице 1 представлены отношения дисперсий временной привязки (1) исследуемых МНФ форматов $\text{var}_1\{\hat{\tau}\}$ и бинарной фазовой модуляции $\text{var}_0\{\hat{\tau}\}$.

Таблица 1

W/W_{99}	$\gamma_1 = \text{var}_0\{\hat{\tau}\}/\text{var}_1\{\hat{\tau}\}$					
	МЧМ	МНФ	МНФА	МНФП	МНФЧЛ	ГМЧМ
0,5	7,53	6,58	3,24	3,97	8,0	9,48
1	4,18	3,85	1,96	2,38	4,47	5,67
1,5	2,86	2,58	1,31	1,59	3,08	3,82
2,0	2,18	1,94	0,98	1,19	2,34	2,89
2,5	1,76	1,55	0,79	0,96	1,89	2,31
3,0	1,48	1,29	0,66	0,79	1,57	1,92

При прохождении сигналом фильтра с односторонней полосой пропускания $W = 0,5W_{99}$ наименьшую дисперсию измерения задержки сигнала обеспечивают форматы с памятью МНФЧЛ и ГМЧМ за счет наименьшего значения параметра a из (2).

При расширении полосы до уровня регламентной (99 % энергии сигнала) выигрыш сигналов с частичным откликом в точности временной привязки уже не так очевиден по сравнению с МЧМ. Дальнейшее расширение полосы подтверждает данный факт.

3. Заключение

Применение МНФ для формирования дальномерного сигнала ГНСС значительно повышает точность определения временной привязки. В условиях регламентной полосы использование модуляционных форматов с памятью не является целесообразным.

4. Список литературы

- [1] Гришин Ю.П. Радиотехнические системы: учебник для вузов. / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов [и др.]. — М.: Высшая школа, 1990. — 495 с.
- [2] Ипатов В.П. Спектрально-эффективные CDMA — сигналы и помеха множественного доступа / В.П. Ипатов, А.Б. Хачатурян // Радиотехника. — 2012. — №7. — С. 9 — 13.

POTENTIAL ACCURACY OF A FULL RESPONSE SPECTRAL-EFFICIENT SIGNALS' DELAY ESTIMATION

Khachaturian A.B.

Scientific adviser: Ipatov V.P.

Russian Institute of Radionavigation and Time, Russia

Abstract — Modulation models are rated according to potential accuracy of band-limited signal's delay estimation criteria. It is shown that part response modulation schemes are not profitable in terms of this criterion.