

*Исследование алгоритмов коррекции
несущей сигналов
в системах спутниковой связи*

Выполнил
Студент группы ФРМ-502-О-07
Дереча Е. В.

Научный руководитель
к.т.н., руководитель группы ОАО «ОНИИП»
Привалов Д.Д.

Цель:

Исследовать алгоритмы частотной коррекции сигнала в системах спутниковой связи

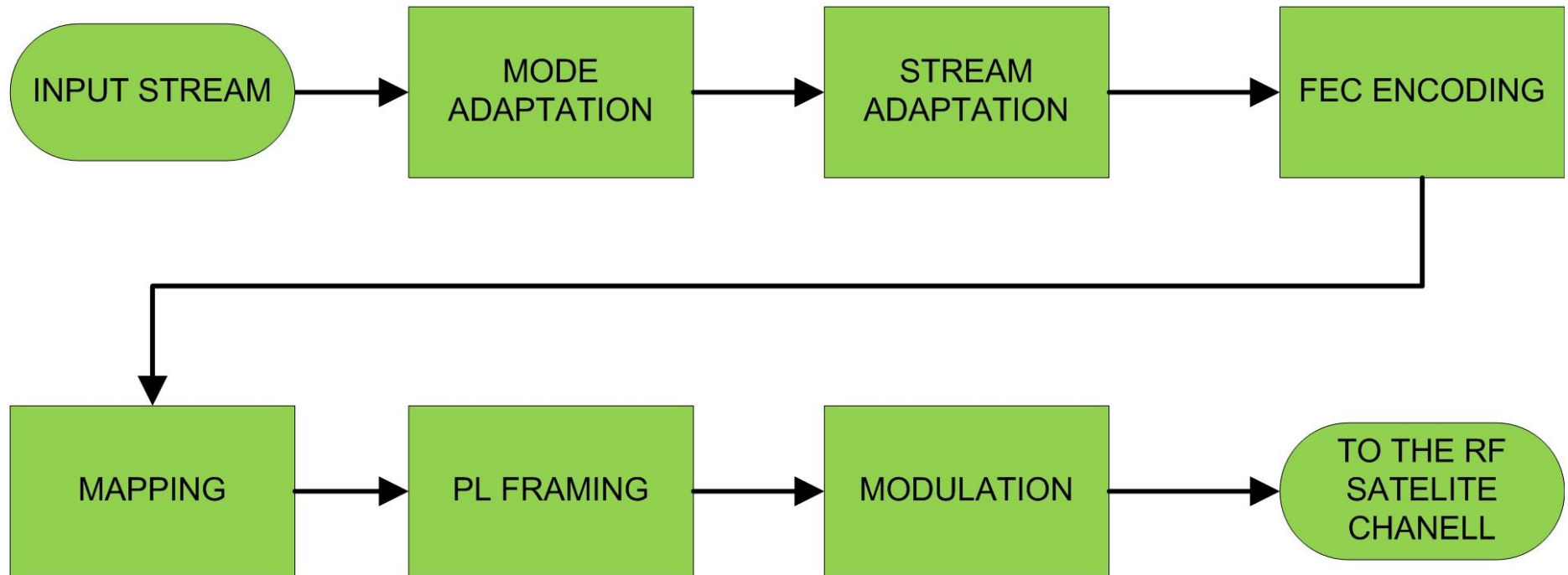
Задачи:

Изучение стандартов DVB-S2 и DVB-S2Ex

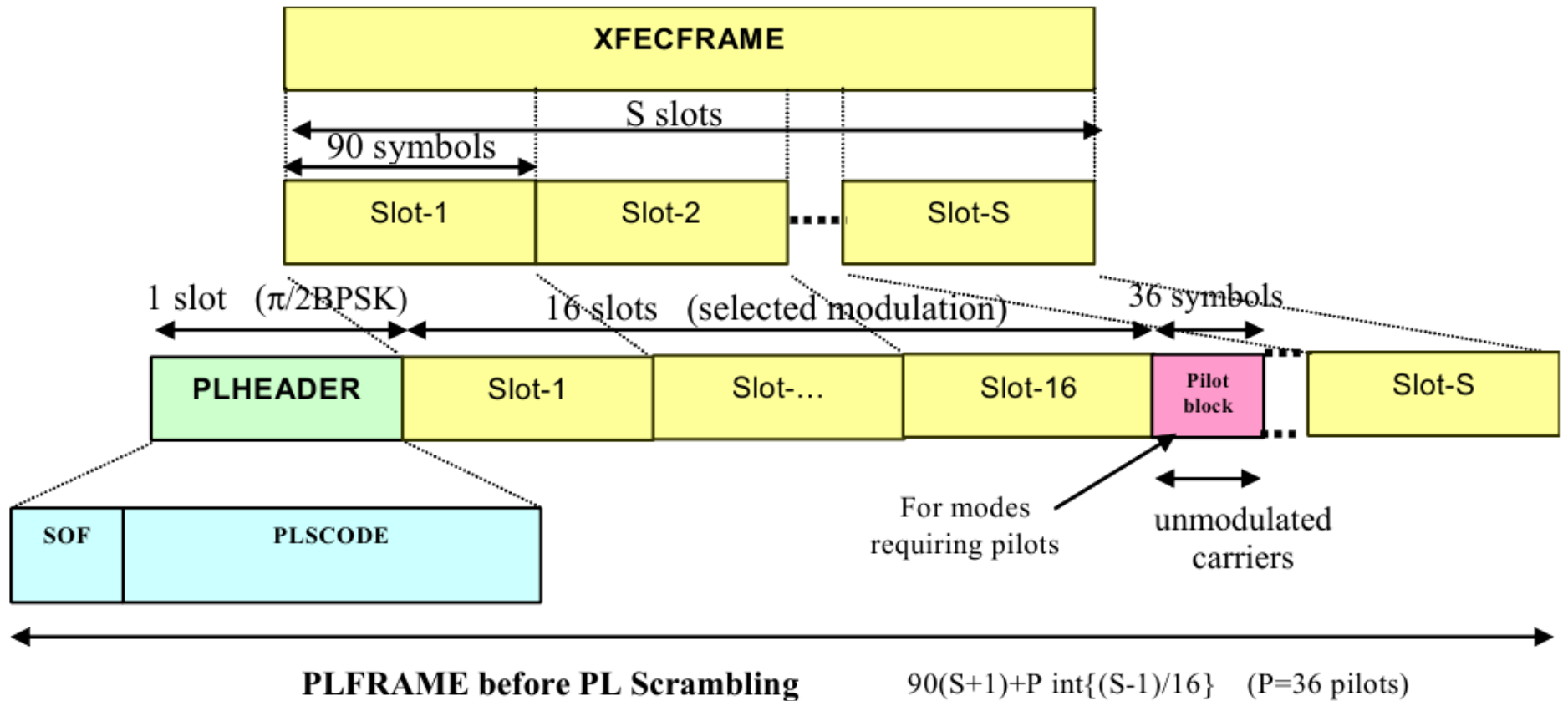
Поиск алгоритмов оценки частоты

Анализ этих алгоритмов в зависимости от частотного сдвига, отношения сигнал-шум и других параметров.

Функциональная блок-диаграмма системы DVB-S2



Формат фрейма физического уровня PLFRAME



Функция правдоподобия

$$\Lambda(r | \boldsymbol{\gamma}) = \exp \left\{ \frac{1}{N_0} \sum_{k=1}^N \operatorname{Re} \{ r_k s_k^* (\boldsymbol{\gamma}) \} - \frac{1}{2N_0} \sum_{k=1}^N |s_k (\boldsymbol{\gamma})|^2 \right\} \quad (1)$$

r_k - принятый символ

s_k - опорный символ

N - длина наблюдаемой последовательности

N_0 - спектральная плотность мощности шума

$\boldsymbol{\gamma}$ - оцениваемые параметры

$$\hat{\boldsymbol{\gamma}}_{ML}(r) = \arg \left\{ \max_{\boldsymbol{\gamma}} \{ \Lambda(r | \boldsymbol{\gamma}) \} \right\} \quad (2)$$

Оценка Кея

$$\hat{\nu} = \frac{1}{2\pi T_s} \sum_{k=0}^{L_0-2} w_k \arg\{z_k^* z_{k+1}\} \quad (3)$$

Оконная функция:

$$w_k = \frac{3}{2} \frac{L_0}{L_0^2 - 1} \left[1 - \left(\frac{2k - L_0}{L_0} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Оценка Фитца

$$\hat{\nu} = \frac{1}{\pi N(N+1)T_s} \sum_{m=1}^N \arg\{R(m)\} \quad (5)$$

Автокорреляционная функция:

$$R(m) = \frac{1}{L_0 - m} \sum_{k=m}^{L_0-1} z(k) z^*(k-m) \quad (6)$$

L_0 - длина наблюдаемой последовательности

N - параметр

Оценка Луизе и Реджианнини (L&R)

$$\hat{\nu} = \frac{1}{\pi(N+1)T_s} \arg \left\{ \sum_{m=1}^N R(m) \right\} \quad (7)$$

$$R(m) = \frac{1}{L_0 - m} \sum_{k=m}^{L_0-1} z(k) z^*(k-m) \quad (8)$$

$$\hat{\nu} = \frac{1}{2\pi T_s} \sum_{k=1}^N l_k \arg\{R(k)R^*(k-1)\} \quad (9)$$

$$R(m) = \frac{1}{L_0 - m} \sum_{k=m}^{L_0-1} z(k)z^*(k-m) \quad (10)$$

$$l_k = \frac{3(L_0 - k)(L_0 - k + 1) - N(L_0 - N)}{N(4N^2 - 6NL_0 + 3L_0^2 - 1)} \quad (11)$$

Компьютерное моделирование

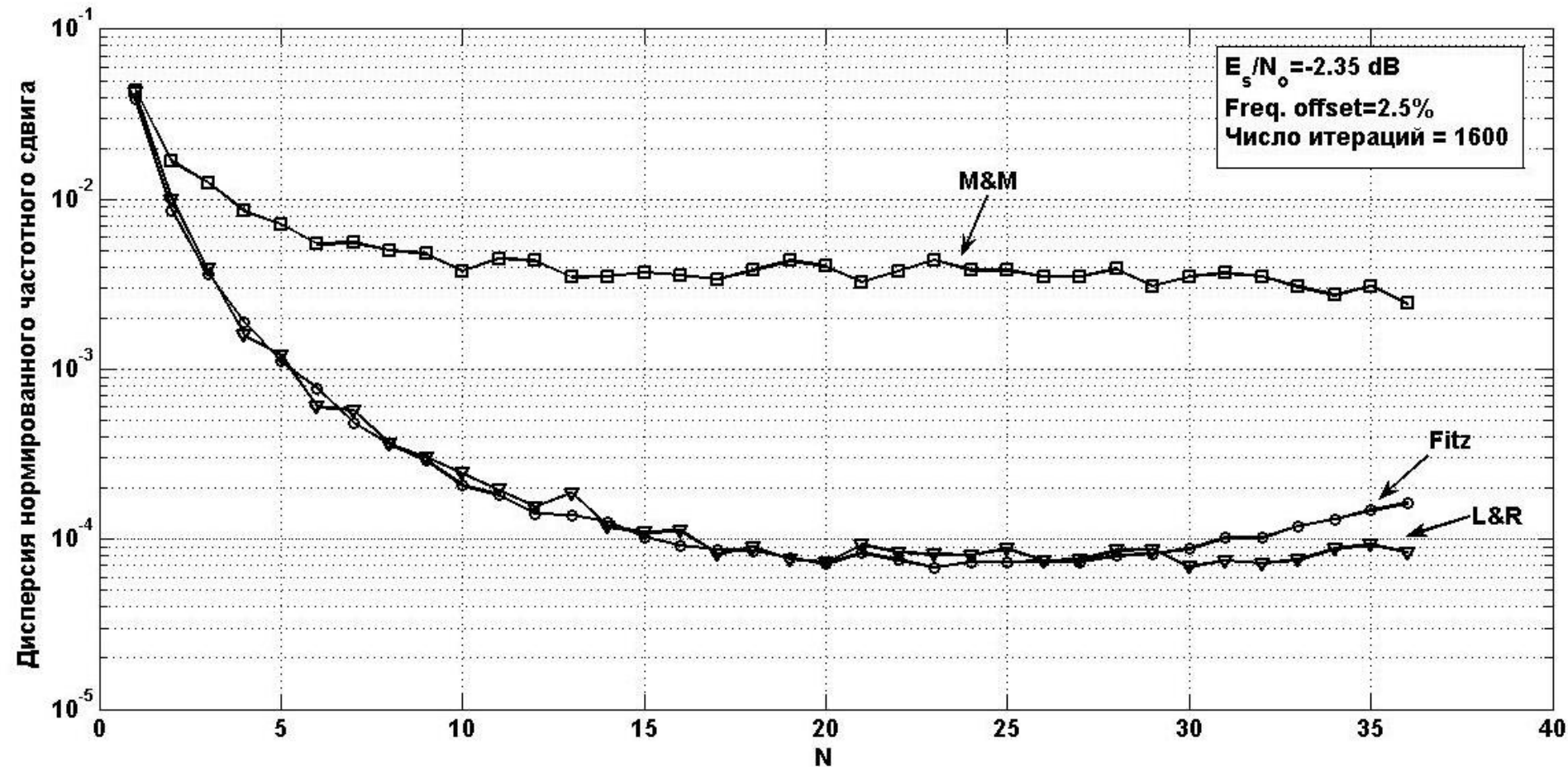
Сравнение между вышеупомянутыми оценками производится в зависимости от различных параметров:

- 1) Отношение сигнал-шум
- 2) Величина частотного сдвига
- 3) Значение параметра N

Моделирование проводилось при $F_{samp} = 2R$

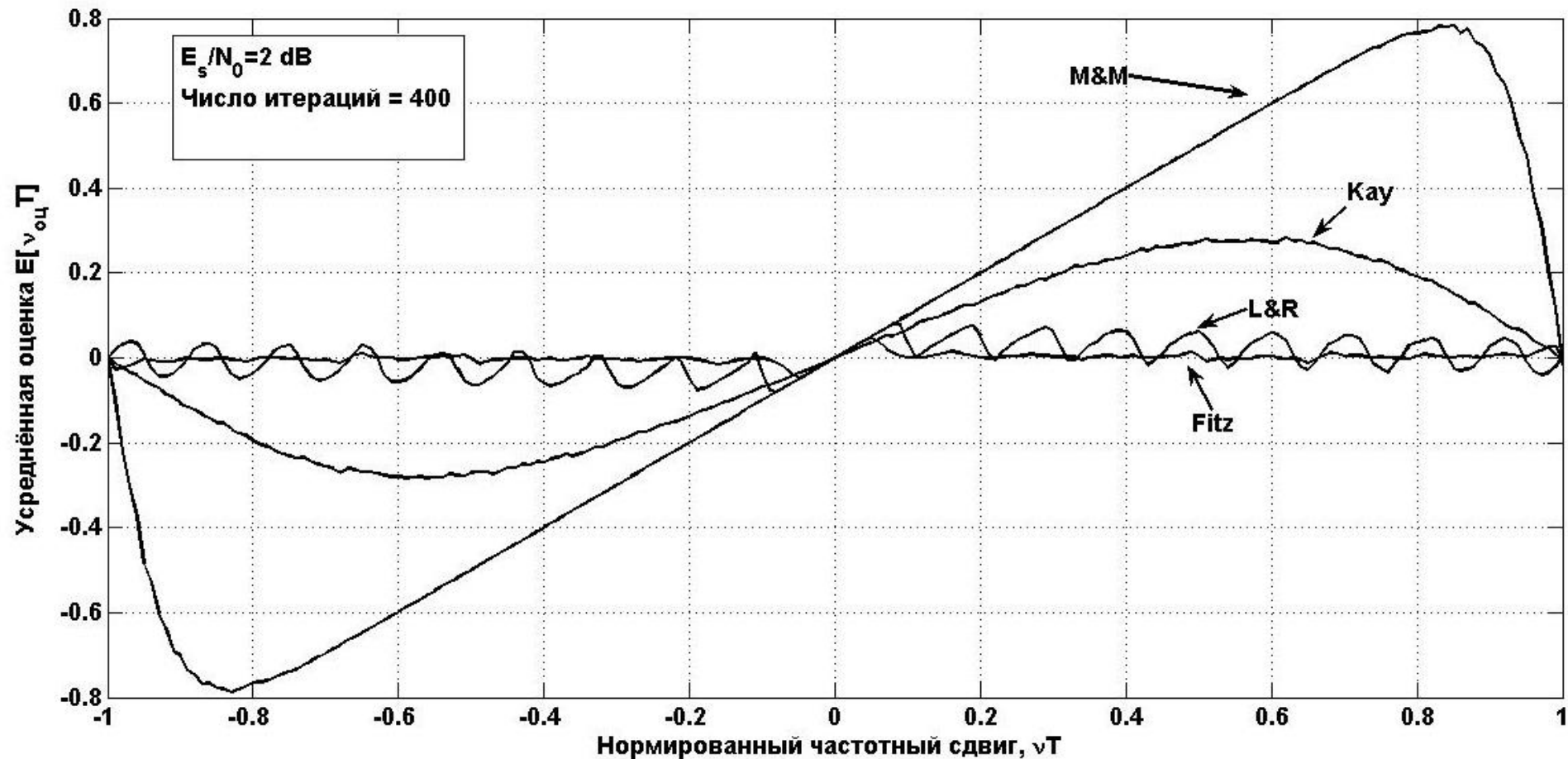
Длина наблюдаемой последовательности $L_0 = 36$ отсчётов

Компьютерное моделирование



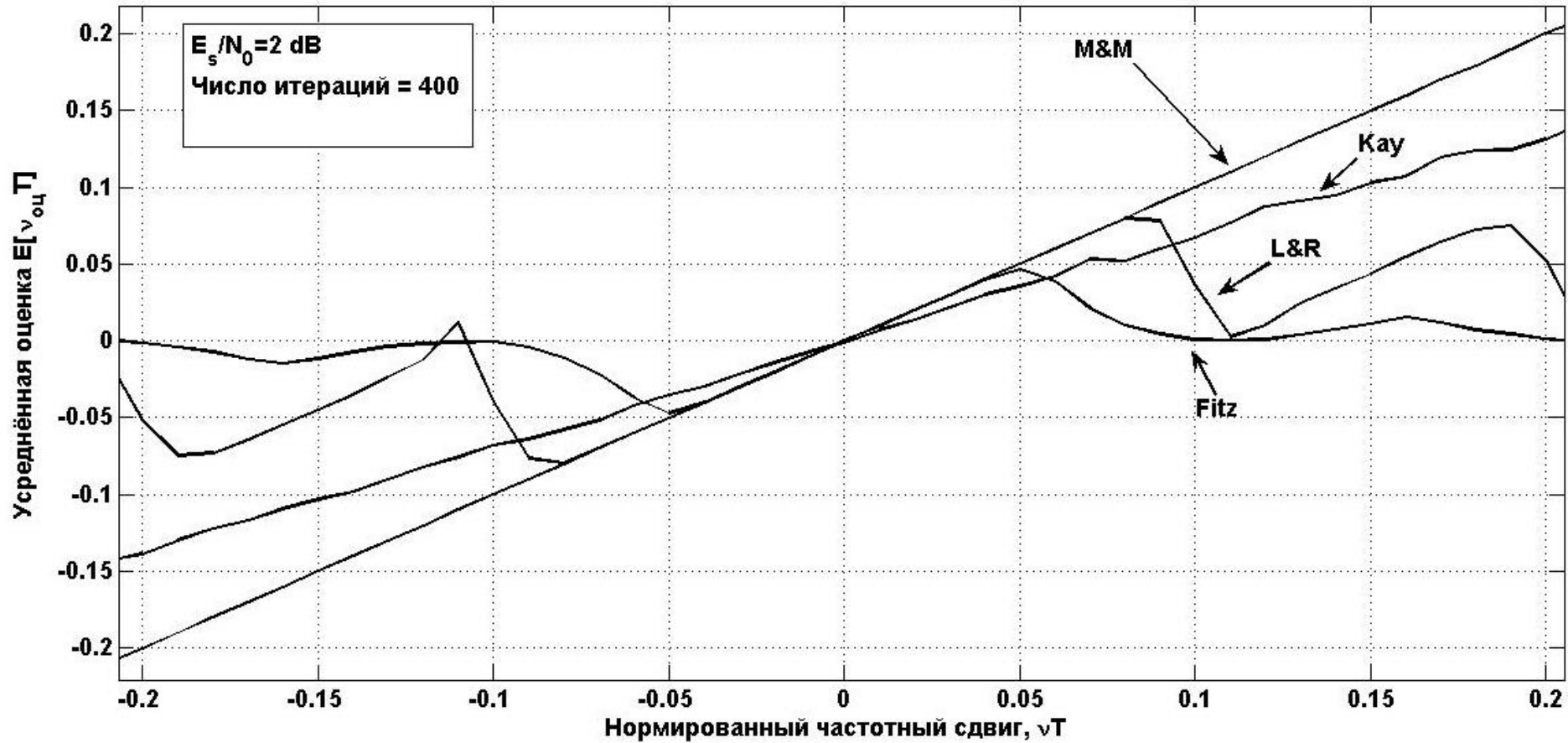
Зависимость дисперсии нормированного частотного сдвига от параметра для различных оценок.

Компьютерное моделирование



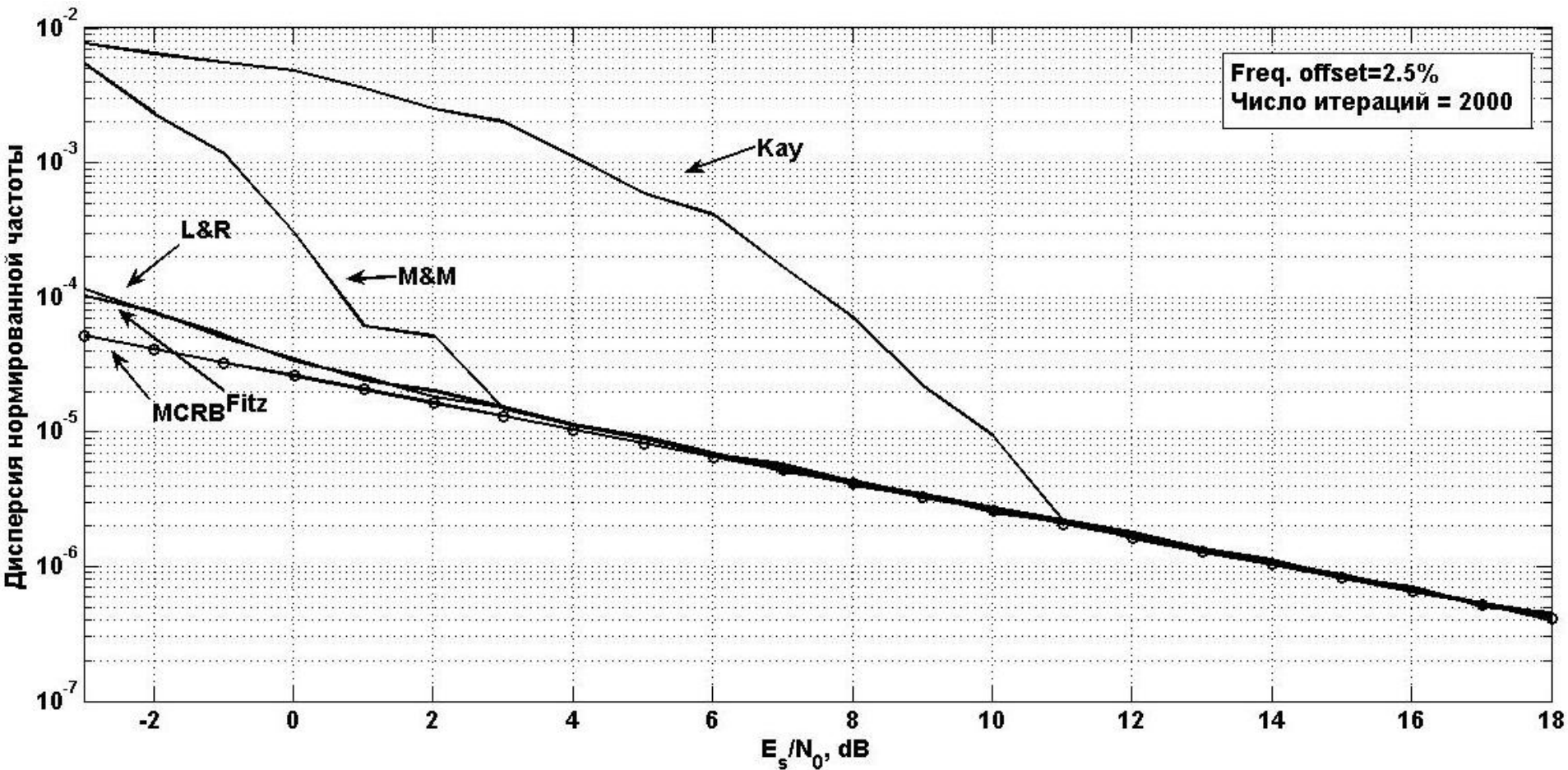
Зависимость средней оценки частотного сдвига от частотного сдвига.

Компьютерное моделирование



Зависимость средней оценки частотного сдвига от частотного сдвига (увеличенный вблизи нуля рис. 6).

Компьютерное моделирование



Зависимости для дисперсии частоты для различных оценок при расстройке 2.5%.

Выводы:

Алгоритм Менгали и Морелли целесообразно использовать для начальной частотной синхронизации, поскольку данный алгоритм работоспособен при больших частотных сдвигах (до 80% от символьной скорости) и отрицательных значениях сигнал-шум.

Значение параметра рекомендуется выбирать не более половины длины наблюдаемой последовательности с учётом требуемой точности.

В качестве следующего этапа частотной синхронизации рекомендуется использовать алгоритмы Луизе и Реджианнини, а также Фитца. Эти алгоритмы способны выполнить значительно более точную синхронизацию и тем самым обеспечить работоспособность следующих блоков.

Список используемой литературы

- [1] ETSI EN 302 307-2 V1.1.1 (2014-10) “Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-2S Extensions (DVB-2SX)”.
- [2] ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014-11) “Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2”.
- [3] U. Mengali, A. N. D’Andrea, Synchronization techniques for digital receivers, Pisa, Italy, 1997.
- [4] Kay S.A., A Fast and Accurate Single Frequency Estimator. // IEEE Trans. Acoust. Speech Sig. Proc., vol. ASSP-37, pp. 1987-1990, Dec. 1989.
- [5] Fitz M.P. Planar Filtered Techniques for Burst Mode Carrier Synchronization. //IEEE GLOBECOM 91, Phoenix, AZ, Dec. 1991, paper 12.1.
- [6] Luise M., Reggiannini R. Carrier Frequency Recovery in All-Digital Modems for Bust-Mode Transmissions. //IEEE Trans. Commun., vol. 43, pp.1169-1178, Feb/March/April 1995.
- [7] Morelli M., Mengali U. Carrier-Frequency Estimation for Transmissions over Selective Channels. // IEEE Trans. Commun., vol. 48, pp.1580-1589, №9, September 2000.