

Лекция 15. Решение навигационной задачи в виде фильтрационного алгоритма

Болденков Е.Н.

Московский Энергетический институт

декабрь 2014

Содержание

- 1 Классификация программной организации навигационных приёмников
 - Параметры сигнальные и навигационные
 - Классическая двухэтапная схема обработки
 - Решение навигационной задачи в виде следящего фильтра
 - Приёмник с одноэтапной обработкой
- 2 Решение навигационной задачи в виде фильтрационного алгоритма
- 3 Одноэтапная обработка в навигационном приёмнике

Параметры сигнальные и навигационные

Потребителю требуется решение навигационной задачи

- Положение потребителя x, y, z .
- Вектор скорости потребителя V_x, V_y, V_z .
- Смещение шкалы времени потребителя Δ_T .
- Смещение частоты опорного генератора Δ_f .

Сигнал непосредственно не содержит данных параметров!!!

Параметры сигнальные и навигационные

Структура навигационного сигнала

$$s(t) = A \cdot G_{\text{ДК}}(t - \tau) G_{\text{НС}}(t - \tau) \cos(\omega_0 t + \omega t + \varphi)$$

“Сигнальные” параметры, это:

- τ — задержка сигнала;
- ω — частота сигнала;
- φ — фаза сигнала;
- и т.д.

Да, связь между “сигнальными” и “навигационными” параметрами существует

Связь задержек и координат

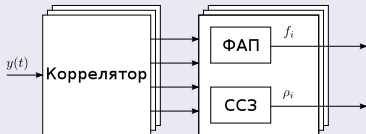
$$\begin{cases} \rho_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} + \Delta\tau \cdot c \\ \rho_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2} + \Delta\tau \cdot c \\ \rho_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2} + \Delta\tau \cdot c \\ \rho_4 = \sqrt{(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2} + \Delta\tau \cdot c \end{cases}$$

Связь частот и вектора скорости

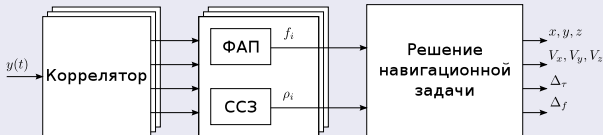
$$\vec{f} = \frac{f_0}{c} \times (\cos(\alpha) V_x + \cos(\beta) V_y + \cos(\gamma) V_z)$$

Классическая двухэтапная схема обработки

Сначала определяются сигнальные параметры



Потом - навигационные



Классическая двухэтапная схема обработки

Решение навигационной задачи обычно делают с помощью МНК

Данное решение использует данные только для текущего момента.

Классическая двухэтапная схема обработки

Решение навигационной задачи обычно делают с помощью МНК

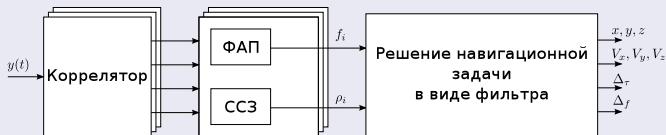
Данное решение использует данные только для текущего момента.

Для учёта связи во времени используется вторичное сглаживание параметров



Решение навигационной задачи в виде следящего фильтра

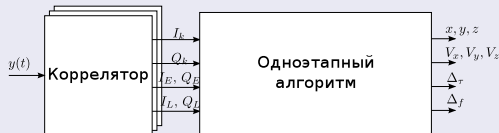
Более совершенный метод — фильтр, одновременно решающий навигационную задачу и проводящий сглаживание во времени



Входными параметрами фильтра являются псевдодалности, выходными - координаты.

Одноэтапный приёмник

В одноэтапном приёмнике все сигналы отслеживаются в одном большом фильтре



Решение навигационной задачи в виде фильтра

Введём вектор состояния потребителя

$$\vec{X} = [x \quad y \quad z \quad V_x \quad V_y \quad V_z \quad a_x \quad a_y \quad a_z \quad \Delta_\tau \quad \Delta_f]^T$$

Необходимо описать связь компонент вектора состояния во времени

$$\begin{cases} x_k = x_{k-1} + T \cdot V_{x,k} \\ V_{x,k} = V_{x,k-1} + T \cdot a_{x,k-1} \\ a_{x,k} = a_{x,k-1} + \eta_{x,k} \end{cases}$$

где $\eta_{x,k}$ — формирующий шум.

Решение навигационной задачи в виде фильтра

Априорные данные могут быть записаны в матричном виде

$$\vec{X}_k = \mathbf{F} \cdot \vec{X}_{k-1} + \mathbf{G} \cdot \vec{\eta}_k.$$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & T & & \\ 0 & 0 & 1 & \dots & \\ 0 & 0 & 0 & & \\ & \dots & & \ddots & \end{bmatrix}$$

Решение навигационной задачи в виде фильтра

Введём вектор наблюдений

$$\vec{y}_k = [\rho_1 \quad \rho_2 \quad \dots \quad \rho_N \quad f_1 \quad f_2 \quad \dots \quad f_N]^T$$

Необходимо описать связь вектора состояния и наблюдений

$$\rho_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} + \Delta\tau \cdot c$$

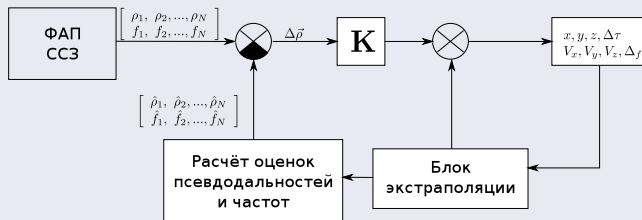
$$f_i = \frac{f_0}{c} [\cos(\alpha) V_x + \cos(\beta) V_y + \cos(\gamma) V_z] + \Delta f$$

Решение навигационной задачи в виде фильтра

Дальше известно решение в виде расширенного фильтра Калмана

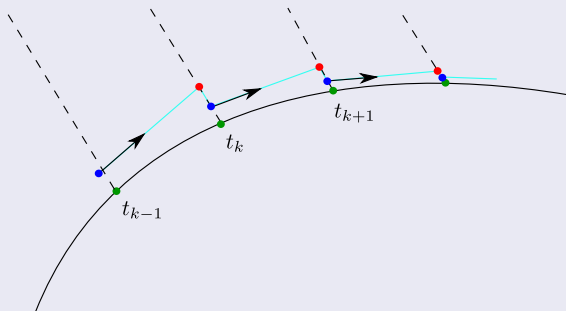
$$\hat{\vec{X}}_k = \mathbf{F}\hat{\vec{X}}_{k-1} + \mathbf{K} \left(\vec{y}_k - \hat{\vec{y}}_k \left(\vec{X}_k \right) \right)$$

Структура алгоритма



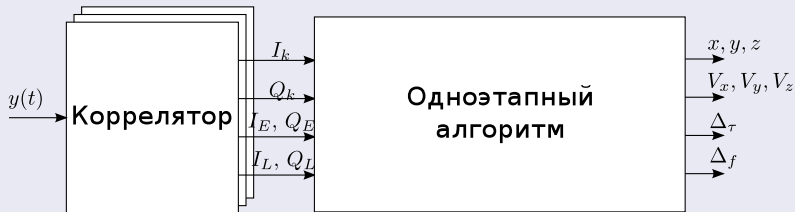
Решение навигационной задачи в виде фильтра

Принцип работы алгоритма



Одноэтапная обработка в приёмнике

Более сложным является алгоритм одноэтапной обработки



Одноэтапная обработка в приёмнике

Связь “сигнальных” и “навигационных” параметров известна

$$\tau_i = \rho_i(\vec{X}_i) / c$$

$$f_i = \frac{f_0}{c} V_i(\vec{X}_i)$$

Наблюдениями для одноэтапного фильтра являются не псевдодальности и частоты, а сам сигнал

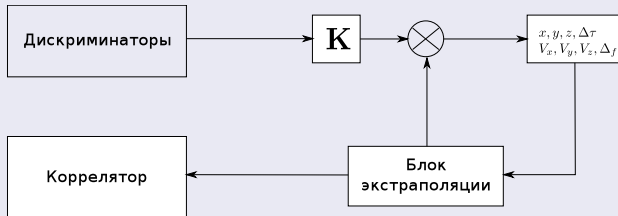
$$y_i(t) = AG_{\text{ДК}}(t - \tau_i) \cos(\omega_0 t + 2\pi f_i t + \varphi_i)$$

Одноэтапная обработка в приёмнике

В результате возможен синтез фильтра

$$\hat{X}_k = F\hat{X}_{k-1} + K\vec{U}_{Д,k}$$

Структура алгоритма



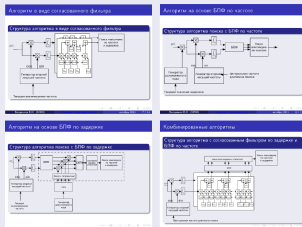
Одноэтапная обработка в приёмнике

Что даёт одноэтапная обработка?

- Учитываются связь между псевдодальностями и скоростями в разных каналах
- Корректируются общие для разных каналов ошибки

Следующая лекция

Тема следующей лекции - контроль целостности



Посетите наш web-сайт

<http://srns.ru>

