

АЛГОРИТМЫ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ В ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

Тукубаев З.Б.

(Международный Казахско-Турецкий университет имени
Ясауи, г.Туркестан, Казахстан)

zuhr@pochta.ru, zuhr08@rambler.ru

*В статье делается анализ алгоритмов адаптивной
фильтрации в пространственно-временной обработке сигналов в
подвижных объектах*

*The Creating Algorithms of adaptive filtration by space and time
reliation on actional objects.*

Ключевые слова: пространственно-временная обработка сигналов,
многолучевость распространения радиоволн, селективные
координаты сигналов,

В настоящей статье делается анализ алгоритмов адаптивной
фильтрации пространственно-временной обработке сигналов в
подвижных объектах (ПО) в условиях нестационарных
феддинговых замираний. В условиях дальней радиосвязи в
диапазонах ДКМ, УКВ наблюдается многолучевость, что
приводит к медленным замираниям; в этих условиях
эффективный или оптимальный прием возможен только при
обработке пространственно-временных (ПВ) сигналов по всем
координатам: как по времени- t , так и по частоте- f и в
пространстве- r .

По селективным координатам при условии полного разделения
путей в месте приема сигнал стационарен и используется
разнесенные методы приема и оптимальная обработка ПВ
сигналов. А по неселективным координатам сигнал
нестационарен, и по этим координатам производится адаптивный
прием по различным алгоритмам.



Различные алгоритмы адаптивной обработки сигналов в ПВ-каналах разработаны и предложены в работах Кловского Д.[1, 9-34], Камнева Е.Ф. и др.[2, 112-150]; в частности, алгоритм выбора ветвей с наиболее весомыми сигналами, алгоритм выбора ветви с наибольшим сигналом, алгоритмы дискретно-весовой обработки сигналов разнесенных ветвей и др.

По неселективным координатам производится адаптивные методы приема с компенсацией искажений ПВ-сигналов с применением различных адаптивных фильтров. Наибольший эффект можно получить при одновременной обработке ПВ-сигналов по всем координатам (t, f, r) как по селективным, так и по неселективным.

Для одновременной обработки по всем координатам ПВ-поля необходимы сложные ПВ-фильтры, разработка, проектирование и практическое применение которых остаются пока еще нерешенными. В настоящей работе предлагаются способы и алгоритмы решения этой задачи.

Во многих случаях обработка по всем координатам практически невозможна. Тем более в подвижных объектах по некоторым координатам возможности обработки сильно ограничены. Например, размеры антенной системы ограничены. Для сообщений высокой категории срочности временная координата также ограничена. В некоторых случаях частотные ресурсы также сильно ограничены. Поэтому для оптимального приема необходимо максимально использовать возможности ресурсов адаптивной антенной системы (ААС) по всем координатам. Для этого воспользуемся свойством факторизуемости корреляционной функции ПВ-поля по отдельным координатам (t, f, r) ; т.е.: $B(t, t', f, f', r, r') = B_1(t, t') \cdot B_2(f, f')$

Это дает возможность обработать ПВ-поле по отдельным координатам. В ПО параметры и размеры антенной системы определяются, в основном, размерами ПО, режимами его работы (поверхностью, морем, под водой и т.д.), корреляционными спектральными характеристиками и шириной полосы выделенного ПВ-канала, а также категорией срочности переданного сообщения. Поэтому возможности ПВ-обработки сигнала определяются объектом наблюдения (F, T, R) или обработки сигнала, где: F - ширина



полосы частот для организации ПВ-канала, T - определяется категорией срочности сообщения; R - определяется размерами и возможностями ПО при заданном режиме связи. Поскольку ПО не по всем координатам обладают широкими возможностями свойство факторизуемости корреляционной функции ПВ-поля в месте приема дает возможность выбирать сигнал таким образом, чтобы максимально использовать возможности ПО при заданных условиях.

Предположим, что ПВ-канал селективен в пространстве или по частоте, но не селективен во времени. При этом, обработка ПВ-сигнала производится по разнесенным в пространстве - элементам антенны или - элементарными частотными фильтрами с непересекающимися частотными полосами пропускания. В этом случае, в различные моменты времени

$K=1,2,3,\dots$ входное воздействие x_k^l на элементы антенны $-L$

образует вектор- $\overline{x_k}$ с L независимыми

компонентами $\overline{x_k} = (x_k^1, x_k^2, x_k^3, \dots, x_k^L)$.

По времени компоненты x_k^l коррелированы и поэтому по этой координате целесообразно применить теорию фильтрации для компенсации искажения ПВ-сигналов. Каждый элемент антенны имеет множитель входного воздействия на некоторый

коэффициент $-W_k^l, l = 1, L$. Совокупность этих коэффициентов в антенной системе образует вектор весовых коэффициентов -

ВВК: $\overline{W_k^L} = (W_k^1, W_k^2, W_k^3, \dots, W_k^L)$.

Задачей адаптивной обработки ПВ-поля в ААС является адаптивная дискретная фильтрация величин ВВК

В работах автора [3,12-17;4,16-24] приведен методика определения ВВК по экспериментальным измерениям сигналов.

В настоящее время известно различные алгоритмы в ААС, в которых управление амплитудно-фазовым распределением производится изменением значения ВВК [5,6].

Эти алгоритмы целесообразно оценить по трем критериям: степени подавления мешающих сигналов, скорости сходимости процесса адаптации и по вычислительной сложности



Ниже приводим некоторые из них;

1. Алгоритм Уидроу-Хоффа.

$$\overline{W}_k = \overline{W}_{k-1} + \mu \cdot [Z_k - \overline{X}_k^T \cdot \overline{W}_{k-1}] \cdot \overline{X}_k$$

, где:

$\overline{W}_k$ – значение ВВК в момент времени t_k ,

k- шаг итерации;

$\overline{X}_k$ – значение вектора входных воздействий;

Z_k – эталонный сигнал;

μ – коэффициент адаптации, определяющий скорость

сходимости и устойчивость алгоритма;

T – индекс транспонирования.

Недостатками этого алгоритма является низкая устойчивость

при неверном выборе значения μ и небольшая скорость

сходимости процесса адаптации.

2. Алгоритм Роббинса-Монро:

$$\overline{W}_k = \overline{W}_{k-1} + \mu_k \cdot [Z_k - \overline{X}_k^T \cdot \overline{W}_{k-1}] \cdot \overline{X}_k,$$

где: $\mu_k = \mu / k$, что обеспечивает ускорение сходимости

адаптации за счет пошагового уменьшения коэффициента

адаптации.

3. Алгоритм Ньютона-Рафсона.

$$\overline{W}_k = \overline{W}_{k-1} + [Y'(W_{k-1})]^{-1} \cdot [Z_k - \overline{X}_k^T \cdot \overline{W}_{k-1}] \cdot \overline{X}_k$$

, где $Y'(W_{k-1})$ – производная функции $Y_k = \overline{X}_k^T \cdot \overline{W}_{k-1}$ в точке

$W = W_{k-1}$.

4. Алгоритм Калмана-Бьюси.

$$\overrightarrow{W}_k = F \overrightarrow{W}_{k-1} + \mu_k \left[z_k - \overrightarrow{X}_k^T \overrightarrow{W}_{k-1} \right]$$

$$\mu_k = \frac{(FP_k F^T + GQ_k G^T) \overrightarrow{X}_k}{\overrightarrow{X}_k^T (FP_k F^T + GQ_k G^T) \overrightarrow{X}_k + 1}$$



$$P_k = \left[I - \overrightarrow{\mu_k} \overrightarrow{X_k^T} \right] \left[F P_k F^T + G Q_k G^T \right]$$

матрицы дисперсии ошибок оценивания ВВК и интенсивности шумов возбуждения, F, G – матрицы состояния и возбуждения.

5. Алгоритм непосредственного обращения выборочных корреляционных матриц:

$$\overline{W}_{opt} = R_{xx}^{-1} \overline{R}_{xz},$$

$$R_{xx} = E \left[\overline{X_k} \overline{X_k^T} \right] -$$

корреляционная матрица вектора входных воздействии- $\overline{X_k}$;

$$\overline{R}_{xz} = E \left[Z_k \overline{X_k} \right] - \text{корреляционный вектор входного и}$$

эталонного сигналов. Вместо неизвестных корреляционных матриц и вектора используют их максимально правдоподобные оценки

$$R_{xx}^{\wedge} = 1 / N \sum_{k=1}^N \overline{x_k^T} \overline{x_k}, R_{xz}^{\wedge} = 1 / N \sum_{k=1}^N Z_k \overline{X_k^T}$$

где T -число отсчетов для формирования $R_{xx}^{\wedge}$.

6. Алгоритм Вудбери (рекуррентного вычисления обращаемой матрицы)

$$\overline{R}_{k+1} = \frac{k+1}{k} \overline{R}_k^{/-1} - \frac{k+1}{k^2} \left[1 + \frac{1}{k} \overline{X_k^T} \overline{R}_k^{/-1} \overline{X_{k+1}} \right]^{-1} \times \overline{R}_k^{/-1} \overline{X_{k+1}} \overline{X_{k+1}^T} \overline{R}_k^{/-1}$$

Выводы:

L - количество элементов в AAC.

При $L < 8$, наиболее быстродействующий алгоритм- рекуррентный алгоритм непосредственного обращения;

при $L > 8$, быстродействие у алгоритмов Робертса-Монро, Уидроу-Хоффа, Ньютона-Рафсона выше. А алгоритм Калмана-Бьюси без усовершенствования практически применить не возможно. С точки зрения практической реализации наиболее целесообразными являются алгоритмы Вудбери, Ньютона-Рафсона и



стохастической аппроксимации. Такая оценка произведена относительно ААС и по вышеприведенным трем критериям. Выбор конкретного типа адаптивного фильтра целесообразно производить исходя из типа и требования практически решаемой задачи. Предложенные алгоритмы можно использовать для построения ААС дальней радиосвязи с подвижными объектами.

Л и т е р а т у р а

1. КЛОВСКИЙ Д.Д.и др. *Обработка пространственно-временных сигналов.* –М.,Связь, 1976, -208 с.
2. КАМНЕВ Е.Ф. и др. *Методы обработки сигналов при наличии помех в линиях связи.* Под ред. Камнева Е.Ф.–М., Радио и связь, 1985,-224с.
3. ТУКУБАЕВ З.Б. *Обобщенный алгоритм измерения, аппроксимации, моделирования и прогнозирования в управлении пространственно-временными каналами.* Журнал “Проблемы информатики и энергетики”, изд. Фан, вып.5, Ташкент, 1998 г.
4. ТУКУБАЕВ З.Б. *Моделирование разнесенного приема сигналов и вопросы прогнозирования в условиях общих гауссовских замираний,* НТС Техника средств связи, сер. Системы связи, вып.6, -М., 1990г., с.16-24.
5. ТУКУБАЕВ З.Б. *Результаты моделирования разнесенного приема сигналов в условиях общей гауссовской модели замираний,* НТС Техника средств связи, сер. Техника проводной связи, вып.7, -М., 1989г., с.103-111.
6. ГЛУШАНКОВ Е.И., КОБИН Н.И. *Сравнительный анализ алгоритмов пространственно-временной обработки радиосигналов.* НТС Техника средств связи, Сер. Системы связи, вып.2, -М., НИИ ЭКО, 1988г. с.10-25.



1
2
3
4
5
6
7
8
9

