УДК 629.783

**Андреєв О.В., к.т.н., доц.,**
**Веліꬺдус Ю.В., магістр**
*Житомирський державний технологічний університет*

# ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИНАМІЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПОВІДОМЛЕНЬ

Сучасні цифрові системи передачі даних відносяться до багатоканальних систем передачі інформації. Найбільш розповсюдженим способом розділення інформаційних каналів у цих системах є часове розділення, що передбачає формування інформаційного кадру відомої структури і виділення окремих каналів для передачі службової інформації, що дозволяє провести виділення каналів на прийомній стороні. Під дією перешкод і збоїв у каналі зв'язку можливе порушення структури кадру, що приводить до порушення в роботі каналу у вигляді появи у випадкові моменти часу аномальних вимірів.

У гауссівських каналах зв'язку помилки при прийомі елементарних символів у кодовій комбінації з простим кодуванням можна вважати незалежними, тобто імовірність перекручування кожного з розрядів кодової комбінації однакова і постійна . Для цього випадку імовірність того, що серед кодової комбінації довжиною в p символів зустрінеться q помилкових символів, може бути визначена на підставі формули Бернуллі

$$P_{ош}(q) = C_{\mathrm{p}}^{q}\, \mathrm{P}_{\mathrm{ош}}^{q} \left(1 - \mathrm{P}_{\mathrm{ош}}\right)^{\mathrm{p}-q}, \qquad (1)$$

де $C_{\mathrm{p}}^{q} = \dfrac{\mathrm{p}!}{(\mathrm{p}-q)!\,q!}$ - кількість можливих положень q помилкових символів у межах p – розрядної комбінації.

Відповідно до (1), для випадку q=1, маємо

$$P_{іø}(1) = \tilde{N}_{\mathrm{p}}^{1}\, Ð_{іø} \left(1 - \mathrm{P}_{іø}\right)^{\mathrm{p}-1} = pP_{іø} - p(p-1)P_{іø}^{2} + \cdots + p\,\mathrm{P}_{іø}^{\mathrm{p}} \qquad (2)$$

При відносно низькому рівні шумів у каналі зв'язку, можна вважати, що $P_{ош}(1) \approx p\, P_{ош}$, а при q=p, $P_{ош}(p) = P_{ош}^{p}$ . Отже, імовірність $P_{ош}(q)$ досить швидко зменшується з ростом q і переважну частину помилок, при передачі повідомлень, будуть складати одиничні збої. Одиничні помилки, що викликані цими збоями, з імовірністю $\mathrm{P}_{ош}(1-\mathrm{P}_{ош})^{\mathrm{p}-1}$ можуть приймати одне з наступних значень :

$$\Delta_{ш} = \pm 2^{0}\, d_{кв};\ \pm 2^{1}\, d_{кв}; \cdots; \pm 2^{p-1}\, d_{кв} \qquad (3)$$

де $d_{кв}$ – крок квантування.

При цьому, імовірність появи один за одним r раз підряд аномальних повідомлень може бути визначена таким чином

$$P_{ош}^{r}(1) = \left(pP_{ош}\right)^{r} < P_{ош} \text{ при } p\,P_{ош} < 1 \qquad (4)$$

Тоді підвищення вірогідності правильного прийняття рішення методом допусків по виявленню аномальних повідомлень можливо шляхом наступної модифікації алгоритму прийняття рішення. Якщо для r сусідніх різниць $\Delta j = \left|y(j) - y(j-1)\right|$, $j = \overline{1, r}$, що надходять за достовірним повідомленням y(0), виконуються умови:

$$\begin{cases} \Delta 1 = \left|\, y(1) - y(0) \,\right| > \Delta y_{max} \\ \Delta j \le \Delta y_{max},\ j = \overline{2, r}, \end{cases} \qquad (5)$$

то з досить високою імовірністю можливо вважати, що перевищення допуску відбулося через зміну значень самого параметра, що контролюється а, отже, $y(j)$, $j = \overline{1, r}$ є вірогідними. Розрахунок граничного значення $\Delta y_{\max}$ доцільно здійснювати на основі інформації, що міститься у вимірах . Різниця між вимірами $\Delta y = y_{i+1} - y_{i}$ є випадковою величиною з розподілом φ(Δy), що характеризується математичним очікуванням $m_{\Delta y}$ і СКВ $\sigma_{\Delta y}$. Якщо випадкова величина Δy розподілена за нормальним законом, то максимальна відміна наступного виміру від попереднього буде складати :

$$\Delta y_{\max} = m_{\Delta y} + 3\sigma_{\Delta y}. \qquad (6)$$

Однією з основних вимог до автоматизованої обробки та подання результатів параметрів сигналу є забезпечення високої вірогідності результатів обробки . Як правило, вхідні дані, що підлягають обробці, - це обмежені у часі дискретні реалізації випадкового процесу y(t), які є функцією корисної складової x(t) і перешкоди V(t) . Динаміка зміни параметрів сигналу, як і будь-якої динамічної системи, у кожний момент часу $t_{к}$, $k = \overline{1, n}$ може бути описана лінійним дискретним різницевим рівнянням:

$$X(k+1) = \hat{Ô}(k)\tilde{Õ}(k) + \gamma(k)B(k,m) \quad (7)$$

де $\hat{Ô}(k)$ - перехідна матриця, що описує зміну вектора стану $\tilde{Õ}(k) = [x(k)\,\hat{x}(k)]^T$ за крок дискретизації $\Delta t = t_{k+1} - t_k$; $\gamma(k)$ - приріст вектора стану за рахунок зміни динаміки поводження параметра; $B(k) = [1(k,m)\gamma(k,m)]^T$ - відомий оператор; $1(k,m)$ - одинична функція; т - невідомий момент виникнення змін у динаміці поводження параметра.

Механізм утворення даних, доступних спостереженню у кожний дискретний момент часу визначається рівнянням спостережень і матиме такий вигляд:

$$y(k) = H(k)X(k) + V(k), \quad (8)$$

де $y(k)$ - вектор вимірів; $H(k)$ - матриця спостережень; $V(k)$ - випадковий вектор гауссівських шумів вимірів з нульовим середнім і кореляційною матрицею $R(k)\delta(k,j)$;

Якщо швидкі зміни у поводженні параметра не відбуваються ( $y(k)$ =0), а початкове значення вектора $X(k)$ у момент $k=0$ є випадковою нормально розподіленою величиною з математичним сподіванням $\hat{X}(0)$ та кореляційною матрицею P(0/0), то алгоритм знаходження оцінки значення параметрів сигналу $\hat{x}(k+1)$, оптимальної за критерієм мінімуму середньоквадратичного відхилення випадкової похибки, фактично являє собою відомий алгоритм обробки - дискретний фільтр Калмана . Цей алгоритм обчислення оцінки описується системою рівнянь:

$$\hat{X}(k) = \hat{Ô}(k)\,\hat{X}(k-1) + K(k)[y(k) - H(k)\hat{Ô}(k)\,\hat{X}(k-1)], \quad (9)$$

$$K(k) = P(k/k-1)\,H^T(k)[H(k)P(k/k-1)\,H^T(k) + R(k)]^{-1}, \quad (10)$$

$$P(k/k-1) = \Phi(k)P(k-1/k-1)\,\Phi^T(k), \quad (11)$$

$$P(k/k) = P(k/k-1) - K(k)H(k)P(k/k-1). \quad (12)$$

Основний недолік цього фільтра полягає у тому, що з часом коефіцієнт підсилення $K(k) \to 0$ при $k \to \infty$, у результаті чого фільтр втрачає чутливість до даних, що надходять на обробку. Це призводить до розходження оцінки $\hat{x}(k)$ щодо дійсного значення параметру сигналу $x(k)$ при $y(k) \neq 0$. Отже, задача полягає у визначенні рекурентного алгоритму, який забезпечує одночасно чутливість до нових даних, що надходять на обробку, та високу точність оцінювання при $y(k) = 0$.

Метою роботи є визначення можливості використання для оцінювання значень параметрів сигналу, динаміка зміни яких описується (7), фільтра зі зміною початкових умов, який як за оцінку завжди братиме значення $\hat{x}^0(k)$, але у момент зміни значень параметра $\tau = k$ , $\hat{x}(k) = y(k)$, $P(k/k) = P(0/0)$ .

В роботі розроблено модель та отримані показники зміни параметрів сигналу на виході демодулятора, запропонований рекурентний алгоритм квазіоптимальної фільтрації та наводяться показники підвищення точності оцінювання параметрів на виході демодулятора радіолінії зв'язку для різних видів модуляції сигналу і різних показників якості передачі інформації.

АНДРЕЄВ Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Радіотехніка і телекомунікації» Житомирського державного технологічного університету. Наукові інтереси: космічні радіотехнічні системи спеціального призначення.

ВЕЛІКДУС Юлія Вадимівна, магістр групи ТТ-4м кафедри «Радіотехніка і телекомунікації» Житомирського державного технологічного університету. Наукові інтереси: телекомунікації.