

УДК 621.387

К.С. Козелкова

ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління», Київ

МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ МЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ БАГАТОСУПУТНИКОВОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Одним з ключових підходів до дослідження процесів управління потоків інформації є вибір і створення моделей цих процесів. У даній статті були проаналізовані моделі мережевої системи багатосупутникової екологічної системи дистанційного зондування Землі.

Ключові слова: багатосупутникова екологічна система, дистанційне зондування Землі, інформаційні потоки, пакети інформації.

Вступ

Управління мережею в реальному масштабі часу і апроксимація процесів мережевого рівня дифузійною моделлю вимагають розробки рекурентних процедур оцінювання параметрів потоків вимог, як для стаціонарних процесів, так і для процесів з параметрами, що змінюються в часі.

Основна частина

Сформулюємо завдання ідентифікації параметрів моделі таким чином.

Нехай z_n – вектор спостережуваних параметрів:

$$\{z_n, n=1, \dots, N\}, z_n = (z_{1n}, \dots, z_{kn}) \in Z_n,$$

де $y_n = (y_{1n}, \dots, y_{kn})$ – вектор оцінюваних параметрів.

Нехай $p_0(y_n)$ апріорна щільність y , де $\omega(z_n | y_n)$ – умовна щільність вірогідності z_n ,

$$p_n(y | z_n) = \omega(z_n | y_n) p_0(y_n) / \int_{Y_n} \omega(z | y_n) p_0(y_n) dy_n;$$

$$g_n(\Theta_n, \hat{\Theta}_n) - p_u(\Theta_n - \hat{\Theta}_n) + C(n),$$

де $g_n(\Theta_n, \hat{\Theta}_n)$ – функція втрат; $\hat{\Theta}_n$ – деяка оцінка; $C(n)$ – вартість n спостережень.

Нехай $\omega(z_n | y_n) = \prod_{k=1}^n \omega(z_k | y_k)$, $n \geq 1$ і існує статистика $T_n = T_n(z_n, T_{n-1})$, така, що

$$p_n(y | z_n) = p_n(y | T_n)$$

$$\text{и } M[g_n(y - y_n)] < \infty, n=1, \dots, N.$$

Тоді T_n – достатня статистика.

Оптимальне правило здобуття оцінки параметра дискретного розподілу і закінчення спостереження визначається методом мінімізації середньої ризику. Відомо, що мінімізація середньої ризику для послідовних процедур оцінювання пов'язана з визначенням поточної найменшої апостеріорної ризику. При цьому для кожного спостереження знаходиться найменший апостеріорний ризик і порівнюється з ризиком на

попередньому кроці. Якщо ризик на подальшому кроці більший, ніж на попередньому, то спостереження процесу закінчується і оцінка поступає в обробку для визначення параметрів дифузійної моделі. Функція найменшої ризику при $v \geq 2$ має вигляд

$$R_n^N(T_n) = \int_Y \left\{ \sum_{v=1}^{N-n} \left[r_y^{(v)}(T_n, N) + C(n+v) p_y^{(v)}(T_n, N) \right] \right\} p_n(y | T_n) dy,$$

де

$$r_y^{(v)}(T_n, N) = \int_{Z_{n+1}} r_y^{(v-1)}(T_{n+1}, N) \omega(z_{n+1} | y_{n+1}) dz_{n+1};$$

$$p_y^{(v)}(T_n, N) = \int_{Z_{n+1}} p_y^{(v-1)}(T_{n+1}, N) \omega(z_{n+1} | y_{n+1}) dz_{n+1};$$

$$r_y^{(1)}(T_n, N) = \int_{Z_{n+1}} g_{n+1}(y - y_{n+1}(T_{n+1})) \omega(z_{n+1} | y_{n+1}) dz_{n+1};$$

$$p_y^{(1)}(T_n, N) = \int_{Z_{n+1}} \omega(z_{n+1} | y_{n+1}) dz_{n+1};$$

$$R_n^0(T_n) = \inf_{(y_n - y_n) \in R} R_n^n(y, z_n) =$$

$$\inf_{(y_n - y_n) \in R} \int_Y g_{n+1}(y - y_n(T_n)) p_n(y | T_n) dy + C(n);$$

$$y_n^0 = M(y_n | z_n) = \int y_n p_n(y | T_n) dy.$$

Переповнювання буфера. Переповнювання буфера приводить до переважань в мережі, що виявляється у виникненні тупикових ситуацій, коли пакети з деякого вузла не можуть далі просуватися по мережі через відсутність вільного місця в буферах сусідніх вузлів. Проте, зважаючи на зниження вартості буферів, їх об'єм повинен забезпечувати відсутність переповнювань. Тому основним чинником, що визначає управління потоками, є затримка пакету в мережі.

Для управління потоками між абонентами мережі найчастіше використовують так звані «віконні» методи, які полягають у встановленні верхньої межі числа одиниць даних, які можуть бути передані до здобуття підтвердження про їх доставку. Верхня межа (ціле по-

зитивне число) називається розміром вікна або просто вікном. Передбачається, що одержувач повідомляє джерело інформації про здобуття одиниці даних шляхом відправлення спеціального повідомлення, званого підтвердженням або квитанцією. Після здобуття підтвердження джерело може передати наступну одиницю даних. Одиницями даних у вікні можуть бути, наприклад, повідомлення, пакети або байти.

Основна ідея «віконної» стратегії полягає в тому, щоб зменшити інтенсивність вхідного трафіку при уповільненні повернення підтверджень. Останнє може бути пов'язане як з виникненням перевантажень в мережі, так і з штучною затримкою відправлення підтвердження одержувачем, наприклад, з метою усунення переповнення буферів.

Найбільш поширеними методами віконного управління потоками є міжкінцеве «віконне» управління (або віконне управління від кінця до кінця) і віконне управління між кожною парою послідовних вузлів уздовж віртуального ланцюга.

Міжкінцеве управління потоками. У простому випадку міжкінцевого управління потоками розмір вікна вибирається рівним числу W пакетів інформації, яке може бути передане без здобуття підтвердження. У разі, коли затримка d між відправленням пакету і поверненням підтвердження менше, ніж час, необхідний для передачі всього вікна з W пакетів, тобто $d < W \Delta T$, де ΔT – час передачі одного пакету, джерело може передавати пакети з швидкістю, рівною $1/\Delta T$ пакетів в секунду і управління потоком в даному випадку виявляється неактивним. У разі, коли затримка $d > \Delta T$ і всі пакети у вікні будуть передані до моменту повернення першого підтвердження, а джерело завжди має чекаючи в черзі пакети, швидкість передачі рівна W/d пакетів / сек. Таким чином, максимальна швидкість передачі даних при міжкінцевому віконному управлінні потоками, відповідна затримці підтвердження d , рівна

$$r = \min \left\{ \frac{1}{\Delta T}, \frac{W}{d} \right\}.$$

Гідністю «віконних» методів управління потоками є швидка реакція на перевантаження – (не більше ніж за час передачі W пакетів у поєднанні з малими додатковими навантаженнями).

Для досягнення хорошого співвідношення між затримкою і пропускною спроможністю мережі при міжкінцевому віконному управлінні потоками необхідно реалізувати динамічний вибір розмірів вікна. При цьому в умовах малого навантаження вікна мають бути великими і дозволяти вести безперешкодну передачу, а в умовах великого навантаження вікна мають бути зменшені для дотримання справедливості і мінімізації затримки.

Міжвузлове віконне управління для віртуальних каналів. В цьому випадку є окреме вікно для кожної пари суміжних вузлів у віртуальному каналі.

При цьому кожен вузол може уникнути накопичення великого числа пакетів в своїй пам'яті шляхом зменшення швидкості, з якою він повертає підтвердження передавальному вузлу, тобто вузол-приймач, що має буфер об'ємом V , повертає вузлу-передавачу підтвердження лише тоді, коли в його W -пакетному буфері з'являється вільне місце для запису хоч би ще одного пакету.

Міжвузлове віконне управління володіє однією позитивною межею в порівнянні з міжкінцевим управлінням. Об'єм буферної пам'яті, який необхідний в кожному вузлі, при вузловому віконному управлінні може бути набагато менше, ніж в разі міжкінцевого віконного управління.

Різновидом віконного управління потоками є іза-рітмічний метод, в якому є лише одне загальне вікно для всієї мережі. Ідея полягає в тому, що для обмеження сумарного числа пакетів в мережі потрібно мати фіксоване число дозволів, циркулюючих по мережі. Пакет входить в мережу лише після того, як він захопив один з цих дозволів. Попавши в свій вузол-одержувач, пакет відпускає дозвіл. Таким чином, сумарне число пакетів в мережі обмежене числом дозволів. При цьому питання справедливості і перевантаження усередині мережі істотно залежать від того, як розподілені по мережі дозволи, що не має адрес. В даний час не відомий жоден алгоритм управління місцем розташування дозволів і це є головною трудностю на дорозі практичної реалізації цієї схеми.

Розглянемо один з підходів до міжвузлового управління навантаженням з використанням методу дифузійної апроксимації. Нехай для кожної компоненти $y_i(t)$ вектора стану вузлів мережі y , що характеризує довжину черг в кожному вузлі мережі, визначена величина порогу, що є оптимальною в деякому розумінні або максимально допустимою довжиною черги у вузлі.

Нехай $y(t)$ – дифузійний процес, що задовольняє співвідношенню типу $\frac{dp}{dt} = -\frac{d[ap]}{dx} + \frac{1}{2} \frac{d^2[\beta p]}{dx^2}$:

$$\frac{d\omega(y,t)}{dt} = \frac{d^T}{dy} \left\{ A(y,t) w(y,t) + \left[+1/2 \operatorname{tr} \left[\frac{d}{dy} \frac{d^T}{dy} B(y,t) B^T(y,t) \right] \omega(y,t) \right] \right\},$$

де $\omega(y,t)$ – щільність розподілів процесу; $A(y,t)$ – вектор сноса; $B(y,t)$ – вектор дифузії; i визначена щільність вірогідності процесу на момент часу t_0 .

Нехай процес $y_i(t)$ має два стани з номерами 1 і 2 відповідно, причому процес знаходиться в змозі з номером 1, якщо $y_i(t) \leq y_{\text{пор}}$ і в змозі з номером 2 інакше. Тоді щільність вірогідності компоненти y_i даного процесу (далі просто y), званого процесом змінної структури, визначається системою диференціальних рівнянь

$$\frac{d\omega^{(i)}(y,t)}{dt} = (y - y_{\text{пор}}) \frac{d}{dy} p^{(i)}(y,t) - p^{(i)}(y,t) \delta(y - y_{\text{пор}}) + p^{(i)}(y_{\text{пор}}, t) q_{\text{pi}}(y,t | y_{\text{пор}});$$

$$p^{(i)}(y,t) = a^{(i)}(y,t) \omega^{(i)}(y,t) - 1/2 \frac{d}{dy} b^{(i)}(y,t) \omega^{(i)}(y,t);$$

$$p^{(r)}(y,t) = a^{(r)}(y,t) \omega^{(r)}(y,t) (y,t | y_{\text{пор}}) - 1/2 \frac{d}{dy} b^{(r)}(y,t | y_{\text{пор}}),$$

де $q_{\text{pi}}(y,t | y_{\text{пор}})$ – функція відновлення.

Нехай для управління у вузлі використовується найбільш відповідний для динамічних мереж критерій оптимальності

$$I_0 = l_1(y, t_k) + \int_{t_0}^{t_k} l_2(y, x, \tau) d\tau.$$

Тоді оптимальна дія $x(t)$, що управляла, може бути отримане шляхом вирішення узагальненого рівняння Беллмана

$$-\tilde{S}^{(l)}(y,t) = \min_{x(t) \in X} \left\{ l_2^{(l)}(y,x,t) + [A^{(l)}(y,x,t)]^T \times \right.$$

$$\times \left[\frac{d}{dy} \tilde{S}^{(l)}(y,t) \right] + \text{tr} [B^{(l)}(y,t) [B^{(l)}(y,t)]^T \times$$

$$\times \frac{d^2}{dy dy^T} \tilde{S}^{(l)}(y,t) - [A^{(l)}(y,x,t) \tilde{S}^{(l)}(y,t)] +$$

$$+ \frac{1}{2} t_{\text{r}} [B^{(1)}(y,t) [B^{(1)}(y,t)]^T \frac{d}{dy} \tilde{S}^{(1)}(y,t) \delta[y(t) - y_{\text{пф}}] +$$

$$+ A^{(2)}(y,x,t) \tilde{S}^{(2)}(y,t) \delta[y_{\text{пор}} - y(t)] - \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \times$$

$$\times B^{(2)}(y,t) \delta[y_{\text{пор}} - y(t)] \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{S}^{(1)}(y,t) q_{21}(y_1 t / y_{\text{пор}}) dy \},$$

з відповідними обмеженнями на дію, що управляє, і стан. Це рівняння може бути конкретизоване для ситуації управління вхідним потоком в окремо взятому вузлі. Для цього необхідно покласти

$$A^{(1)}(y,x,t) \equiv d^{(1)}(t) y^{(1)}(t) + x^{(1)}(t) + n(t);$$

$$A^{(2)}(y,x,t) \equiv d^{(2)}(t) y^{(2)}(t) + x^{(2)}(t) + n(t);$$

$$B^{(1)}(y,t) \equiv h^{(1)} N_0; \quad B^{(2)}(y,t) \equiv h^{(2)} N_0;$$

МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ МОДЕЛИ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ МНОГОСПУТНИКОВОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Е.С. Козелкова

Одним из ключевых подходов к исследованию процессов управления потоков информации является выбор и создание моделей этих процессов. В данной статье были проанализированы модели сетевой системы многоспутниковой экологической системы дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: многоспутниковая экологическая система, дистанционное зондирование Земли.

MONITORING AND ANALYSIS OF MODEL OF NETWORK SYSTEM OF MULTISATELLITE ECOLOGICAL SYSTEM OF REMOTE SENSING OF EARTH

Ye.S. Kozelkova

One of the key going near research of processes of management of streams of information there is a choice and creation of models of these processes. The models of the network system of the multisatellite ecological system of the remote sensing of Earth were analysed in this article

Keywords: multisatellite ecological system, remote sensing of Earth.

У випадку, якщо

$$l_1^{(r)} = (y^{(r)}(t_k) - y_{\text{пор}})^2 g^{(r)};$$

$$l_2^{(r)} = l^{(r)} (y^{(r)}(t) - y_{\text{пор}})^2 + x^2(t) / k,$$

де $l^{(r)}$ и $g^{(r)}$ – константи, рівняння Беллмана:

$$-\tilde{S}^{(2)}(y,t) = \min_{x(t) \in X} \left\{ l^{(r)} [y^{(r)}(t) - y_{i \delta}]^2 + x^2(t) / k + \right.$$

$$+ [d^{(2)}(t) y^{(2)}(t) + x^{(2)}(t)] [d/dy S^{(2)}(y,t)] +$$

$$+ h^{(1)} N_0 d^2/dy^2 S^{(2)}(y,t) - [d^{(2)}(t) \times y^{(2)}(t) +$$

$$+ x^{(2)}(t) S^{(2)}(y,t) + 1/2 h^{(2)} N_0 d/dy S^{(2)}(y,t)] \times$$

$$\times \delta[y(t) - y_{i \delta}] + [y_{i \delta} + x^{(2)}(t)] + \delta[y_{i \delta} - y(t)] \}.$$

Вирішення цього рівняння може бути отримане чисельними методами.

Висновки

Таким чином, високі показники якості функціонування мережі забезпечуються реалізацією досить складних адаптивних методів управління інформаційними потоками, що передбачають наявність в кожному вузлі мережі спеціалізованого процесора, що управляє, і виділення мережевих ресурсів на обмін службовою інформацією. Тому виникає необхідність в моделюванні функціонування БЕС ДЗЗ.

Список літератури

1. Основы теории полета космических аппаратов / Под ред. Г.С. Нариманова, М.К. Тихонравова. – М.: Машиностроение, 1972. – 608 с.
2. Кондратьев К.Я. Новое в дистанционном зондировании окружающей среды / К.Я. Кондратьев, Д.В. Поздняков // Исследования Земли из космоса. – 1996. – № 1. – С. 107-121.
3. Солозуб А.В. Космические аппараты систем зондирования поверхности Земли / А.В. Солозуб, Г.П. Анишанков, В.В. Данилов. – М. Машиностроение, 1993. – 368 с.
4. Козелков С.В. Особенности выбора орбитального построения многоспутниковых низкоорбитальных сетевых систем / С.В. Козелков, В.Ф. Столбов // Системы обработки информации. – X.: ХВУ, 2002. – Вып. 1 (17). – С. 187-190.

Надійшла до редколегії 1.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Л. Баранов, ДП «Центральний НДІ навігації та управління», Київ.