При взаємодії Вашого смартфона з Pebble часто застосовується практика фільтрації інформації, яка буде виводитись на екран. Оскільки екран невеликого розміру, користувачу не потрібно показувати все одночасно, потрібно ділити інформацію на блоки, розставляти акценти, видаляти зайву інформацію. Цим процесом займається UX Designer, в результаті ми отримуємо прототип. Після внесення всіх правок прототип передається UI Designer(у) для кінцевої візуалізації програмного рішення.

1. Розумні годинник Pebble. Особистий досвід використання / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://it-ua.info/news/ 2014/06/30/ rozumn-godinnik-pebble-osobistiy-dosvd-vikoristannya.html.
2. Pebble – розумний годинник, який дозволяє читати SMS та користуватися Інтернетом / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://24tv.ua/news/showNews.do?pebble_rozumniy_godinnik_yakiy_dozvolyaye_chitati_zmz_ta_koristuvatisya_internetom&objectId=218194.
3. Огляд розумного годиника Pebble / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://dvi.at.ua/news/ogljad_rozumnogo_godinika pebble/ 2013-10-23-5278.
4. «Розумні» годинник Pebble перетворилися у фітнес-трекер / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://www.pro-newz.com/3120-rozumni-godinnik-pebble-peretvorilisya-u-fitnes-treker.html.
5. *Хамула О.Г.* Перспективи використання технології електронного паперу (e-ink) // О. Г. Хамула, Н. В. Сорока / «Комп'ютерні технології друкарства». Збірник наукових праць – Львів: УАД, 2014. № 31, С. 116-123.
6. Pebble SmartWatch – огляд та досвід користування розумним годинником / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://vinsee.com.ua/old/view/24634
7. Pebble відкрила магазин додатків для розумних годинників / [Електронний ресурс]: [сайт]: – Режим доступу: – http://it-tehnolog.com/soft/pebble-vidkrila-magazin-dodatkiv-dlja-rozumnih-godinnikiv/.

Поступила 20.08.2014 р.

УДК 621.396.2

А.Р. Врублевський, І.П. Лісовий,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса

МОДИФІКАЦІЯ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ EIGRP НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Анотація. Дана робота присвячена синтезу маршрутизаторів, які здійснюють процес формування керуючого впливу на основі нечіткої логіки. У роботі розроблено алгоритм маршрутизації на основі нечіткої логіки для протоколу EIGRP з урахування двох параметрів метрики: завантаження вихідного буфера та частку вдало доставлених пакетів.

Abstract. In this paper, a routing algorithm based on fuzzy logic for EIGRP protocol with two metrics parameters: load output buffer and the percentage of successfully delivered packets. On the basis of the knowledge base of rules conducted simulation application package Matlab

© А. Р. Врублевський, І. П. Лісовий

З розвитком телекомунікаційних мереж виникає все більше і більше додаткових факторів, які необхідно враховувати в алгоритмах маршрутизації, що вказує на необхідність поліпшення протоколів маршрутизації шляхом аналізу і оцінок характеристик мереж. Складність телекомунікаційних мереж безперервно зростає й застосування лише відомих детермінованих та стохастичних моделей не завжди забезпечує необхідні характеристики. Тому разом з удосконаленням традиційних підходів необхідно розробляти нові принципи підвищення якості їх роботи.

Однією з основних проблем дослідження таких систем, є наявність невизначеність у описі поведінки окремих елементів, їх взаємозв'язки й т. ін., до того ж невизначеності, що описуються статистичним способом до яких можна віднести, наприклад помилки в інформаційних каналах, ступінь достовірності деяких вихідних даних й т. ін.), не вичерпують всього різноманіття невизначеностей. Такі невизначеності містяться як у характеристиках середовища так і в характеристиках системи.

При синтезі процедур керування навантаженням на основі нечіткої логіки необхідно дослідити та формально подати зовнішні впливи, структуру взаємовідносин між елементами, їх функціональні особливості (характеристики параметрів, обмежень, критеріїв).

Методика маршрутизації на основі нечіткої логіки

Найбільш популярними внутрішніми протоколами є EIGRP та OSPF. У локальних мережах протокол EIGRP розповсюджений з кількох причин: налагоджування cisco eigrp досить просте, він стійкий і для нього характерна невисока ймовірність виникнення кільцевих маршрутів.

Протокол EIGRP є дистанційно-векторного протоколу маршрутизації. Критерієм який використовують для визначення кращого маршруту є метрика. EIGRP використовує комбінацію пропускної спроможності та затримки.

Для розрахунку метрики використовується п'ять модифікаторів K, які є лише коефіцієнтами, і чотири параметри метрики. Частка пакетів, які успішно доставили користувачу (reliability) та завантаження тракту (load) є динамічними параметрами, тому ці значення обчислюють заново тільки при зміні в мережі. K_5 — це додатковий коефіцієнт який враховує частку вдало доставлених пакетів. Значення K передаються в hello - пакетах і змінювати їх зазвичай не рекомендується. Загальна формула розрахунку метрики:

$$M = \left(K_1 \cdot C + \frac{K_2 C}{256 - R} + K_3 \cdot T_з \right) \cdot \frac{K_5}{K_{ППУ} + K_4} \qquad (1)$$

$$C = \frac{10^7}{C_{мін}},\ T_з = \frac{T_{зΣ}}{10},$$

де C — пропускна спроможність маршруту, кбіт/с; R — завантаженість вихідного буфера маршрутизатора; $C_{мін}$ — мінімальна пропускна спроможність трактів маршруту, у кбіт/с; $T_з$ — загальна затримка трактів маршруту в мікросекундах.

Якщо не задають особливі параметри маршрутизації то значення коефіцієнтів розробником встановлено такі:

$$K_1 = K_3 = 1,\ K_2 = K_4 = K_5 = 0$$

Тоді метрика протоколу обчислюється за допомогою значень пропускної спроможності та затримки пакетів:

$$M = \left(\frac{10000000}{C_{мін}} + T_{з\Sigma} \right) \cdot 256,$$

де $C_{мін}$ — мінімальна пропускна спроможність трактів маршруту, кбіт/с; $T_{з\Sigma}$ — загальна затримка маршруту в десятках микросекунд.

Для маршрутизатора доступною є тільки маршрутна інформація, отримана від суміжних маршрутизаторів. Єдиною інформацією, якою маршрутизатор володіє про віддалену мережі, є відстань або метрика, щоб досягти тієї мережі, і який інтерфейс використовувати, щоб дістатися до неї. В метрику протоколу маршрутизації EIGRP також можна включити завантаження інтерфейсу та частку вдало доставлених пакетів, але компанія Cisco не рекомендує цього робити, так як це призведе до частих обчислень маршрутів.

Параметри вузлів комутації і трактів передачі, що використовуються для визначення метрики змінюються внаслідок того що:

- обсяг буферної пам'яті маршрутизаторів обмежений;
- надійність ліній та обладнання транспортної мережі обмежена;
- сигнали при розповсюдженні мережею піддається впливу завад випадкового характеру;
- для обробки пакета маршрутизатором необхідно певний час;
- протяжності повідомлень незалежні.

Отже, пошук оптимального маршруту здійснюється в мережі з нечітко заданими параметрами або множини параметрів. Описувати неточні категорії, уявлення та знання, оперувати ними і робити відповідні висновки дозволяє теорія нечітких множин та заснована на ній нечітка логіка.

Якщо модель системи керування навантаженням задати у вигляді цільової функції та обмежень, а нечіткість виявляється в формі нечіткості параметрів цих функцій або у вигляді вихідної нечіткої множини припустимих альтернатив, то прийдемо до задачі нечіткого математичного програмування. Найбільш прийнятною для даного застосування є задача коли функції $u(x)$, $m(x)$ визначені з точністю до нечіткого визначення параметрів, які є елементами нечіткої множини [1]. У системах керування потоками навантаження найбільш прийнятною є лінгвістична нечітка модель прийняття рішень. Враховуючи, що керування навантаженням здійснюється в реальному масштабі часу, та зручність формалізування інформації, пропроцедури та умови їх застосування, при описуванні знань доцільно застосувати продукційну модель (сукупність нечітких продукційних правил). Кожне нечітке продукційне правило дозволяє ставити у відповідність ситуації, що склалась, певну дію.

Значення параметрів надходять для перетворення до блоку введення нечіткості. Діапазон вхідних змінних, наприклад $[R_{\min}, R_{\max}]$ та поточні значення вхідних змінних перераховуються (відображуються) на єдину універсальну множину $U = [0, L_i - 1]$, де L_i – число, яке відповідає кількості термів кожної лінгвістичної змінної x_i, $i = \overline{1,n}$. Лінгвістичні терми (велика, мала, нульова і т. ін.), які розробник може використовувати для опису дії системи керування, використовуються для позначення нечітких підмножин, які в дійсності подають числові значення. Для кожного поточного значення вхідної змінної визначається ступінь належності (величина істинності) до тих термів (нечітких множин), які характеризують конкретну лінгвістичну змінну. Кожна з цих нечітких підмножин складається з елементів разом зі своїми ступенями належності. Кількість термів j для кожної лінгвістичної змінної бажано вибрати однаковим.

У задачах маршрутизації на основі нечіткої логіки доцільно використовувати прості лінійні та трикутні функції належності, які забезпечують спрощення обчислень.

З рівняння прямої, що проходить через дві точки з відомими координатами:

$$\mu_T(u) = \begin{cases} 1 - u/(L_i - 1), u \in [0, L_i - 1], j = 1; \\ u/(L_i - 1), u \in [0, L_i - 1], j = L_i. \end{cases} \quad (2)$$

Для задання функцій належності використали лінійні функції:

$$\mu_1(u) = (1 - u) \ ; \ \mu_2(u) = u \ , \ u \in [0,100], \quad (3)$$

які наведено на рис. 1.

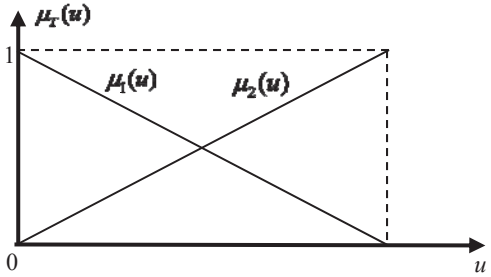

Рис. 1. Функції належності нечітких множин.

Для налагоджування функцій належності застосовано операцію піднесення до ступеня: $[\mu(u)]^k$, де показник ступеня визначає форму функції належності. Коефіцієнт k називають коефіцієнтом відносної важливості. Операції стиснення та розтягнення можна застосувати для кожного відрізка ФН.

База знань складається з набору умовних лінгвістичних правил (нечітких асоціативних матричних правил) які задають конкретні ситуації керування. Формувач нечітких логічних рішень на підставі матриці знань (бази правил)

записує лінгвістичні правила у вигляді ЯКЩО (вихідна ситуація), ТОДІ (відповідна реакція), які разом називають робочим правилом. Взаємодія між вхідними та вихідними функціями належності типу ЯКЩО-ТОДІ позначаються як імплікація (логічна зв'язка). Частка ЯКЩО (передумова) означає сполуку логічних функцій, а частка ТОДІ (рішення, висновок) звичайно являє собою просте наведення лінгвістичної величини для вихідного впливу (керуючого впливу на об'єкт керування). Ліва частина кожного нечіткого продукційного правила розглядається як кон'юнкція елементарних перцепційних умов, а права частина як множина елементарних дій. Відповідним формулюванням правил досягається результат, при якому для будь-якої лінгвістичної величини керуючого впливу, як мінімум, одне з правил виявляється прийнятним.

Блок нечіткого логічного висновку здійснює кодування та паралельну обробку за допомогою *n* нечітких асоціативних правил. Нечіткі асоціативні правила (від 1 до *n*) активізуються паралельно, утворюючи вихідну нечітку множину *B*. Кожний вхід бази правил у різній мірі активізує кожне з продукційних правил, що зберігається у пам'яті. Мінімальне продукційне правило, *i*-та асоціація, або правило (A_i, B_i) відображує вхід *A* у вихід B_i, який є частково активізованим варіантом B_i. З наближенням значення входу *A* до A_i, B_i^* прямує до B_i. Частково активізовані нечіткі множини $B_1^*, ..., B_n^*$ об'єднуються у відповідну вихідну нечітку множину *B*, яка є зваженим середнім частково активізованих множин:

$$B = \sum_{i=1}^{n} \omega_i B_i^* , \tag{4}$$

де, коефіцієнт ω_i виражає ступінь або силу нечіткої асоціації (A_i, B_i).

Процедура обробки бази правил з формуванням результуючої ФН є логічним рішенням для розрахунку вихідної величини нечіткого регулятора.

Результуючу ФН отримують звичайним способом, а розрахунок абсциси центру ваги $s_c = S(u_c, \mu_c)$ ділянки площини, яку охоплює результуюча ФН $\mu(u)$ в межах діапазону змінної u від $u = U_1$ до $u = U_2$, зручно визначати, використовуючи числове інтегрування за методом трапецій

$$u_c = \left(\frac{U_1 \mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} u_i \mu_i + \frac{U_2 \mu_M}{2} \right) \Bigg/ \left(\frac{\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} \mu_i + \frac{\mu_M}{2} \right), , \tag{5}$$

де $(U_2 - U_1) / M = u_0$ — крок дискретизації, M — кількість відліків на інтервалі $U_2 - U_1$, i =1,2,3,…, M -1.

Якщо відповідні умови співпадають, правила спрацьовують і формують керуючий вплив на виконавчий рівень керуючої обчислювальної системи.

У роботі розроблено алгоритм маршрутизації на основі нечіткої логіки для протоколу EIGRP з урахування двох параметрів метрики: завантаження вихідного буфера та частку вдало доставлених пакетів.

На основі розробленої бази знань:

Правило 1: ЯКЩО надійність «велика» ТА завантаженість буфера «мала» ТОДІ метрика «мала»;

Правило 2: ЯКЩО надійність «велика», ТА завантаженість буфера «велика» ТОДІ метрика «велика»;

Правило 3: ЯКЩО надійність «мала», ТА завантаженість буфера «мала» ТОДІ метрика «велика»;

Правило 4: ЯКЩО надійність «мала», ТА завантаженість буфера «велика» ТОДІ метрика «велика»,

було проведено моделювання з застосування пакету Matlab [2].

На рис. 2 наведено поверхню метрики маршрутизації одержаної шляхом моделювання.

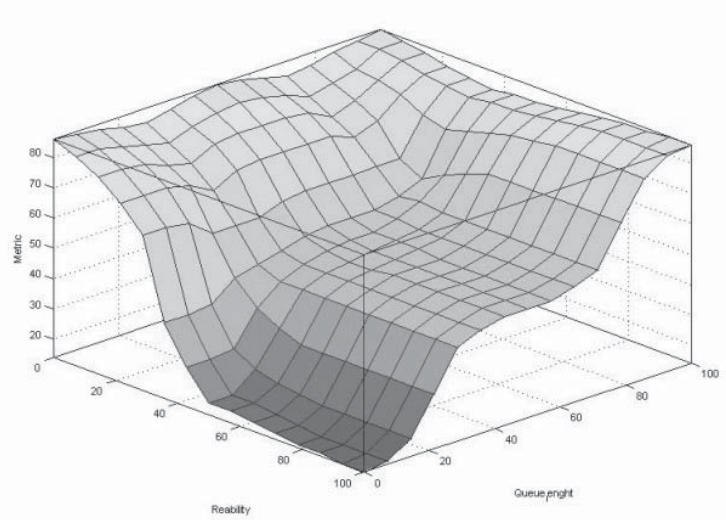

Рис. 2. Поверхня метрики маршрутизації.

Результат моделювання свідчать, що нечіткий алгоритм забезпечує збільшення частки успішно доставлених пакетів у 1,5 рази.

Висновки. Застосування системи керування на основі нечіткої логіки для маршрутизації потоків навантаження забезпечує нові можливості керування на основі простих евристичних правил та адаптації до екстремального та нестаціонарного навантаження.

Нечіткий алгоритм маршрутизації забезпечує зменшення кількості втрачених пакетів, навіть при досить великій інтенсивності їх надходження.

1. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 143 с.

2. *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB.– М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Поступила 21.08.2014 р.