

УДК 004

Новіков В.І.,
старший викладач**Воловик В.А.,**
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

ДОСТАВКА ПОВІЛЬНОГО ТРАФІКУ В СЕНСОРНІЙ МЕРЕЖІ З САМООРГАНІЗАЦІЄЮ

Анотація. У даній науковій статті досліджується основна задача доставки повільного трафіку в сенсорних мережах з обмеженою мобільністю та додаткові задачі, пов'язані з мінімізацією часу пересилання пакетів та їх агрегацією. Також розглядається сценарій функціонування мережі, особливостей її маршрутизації в умовах виходу з ладу частини вузлів.

Ключові слова: повільний трафік, маршрутизація, самоорганізація мережі, історія спостережень, оптимальний маршрут, агрегування пакетів.

Новиков В.И.,
старший преподаватель**Воловик В.А.,**
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт"

ДОСТАВКА МЕДЛЕННОГО ТРАФИКА В СЕНСОРНОЙ СЕТИ С САМООРГАНИЗАЦИЕЙ

Аннотация. В данной научной статье исследуется основная задача доставки медленного трафика в сенсорных сетях с ограниченной мобильностью и дополнительные задачи, связанные с минимизацией времени пересылки пакетов и их агрегацией. Также рассматривается сценарий функционирования сети, особенностей ее маршрутизации в условиях выхода из строя части узлов.

Ключевые слова: медленный трафик, маршрутизация, самоорганизация сети, история наблюдений, оптимальный маршрут, агрегирование пакетов.

Novikov V.I.,
Volovyk V.A.,
National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute"

SLOW TRAFFIC DELIVERY IN SENSOR NETWORKS WITH SELF-ORGANIZATION

Abstract. In this paper, we study the basic problem of slow traffic delivery in sensor networks with limited mobility, and additional tasks related to the minimization of packet forwarding time and aggregation. Also taken into account the scenario of network operation, especially routing, considering possible failure of the nodes.

Tags: slow traffic, routing, self-organizing network, the history of observations, the best route aggregation packets.

Вступ. Задача доставки повільного трафіку вирішується достатньо ефективно для сенсорної мережі з обмеженою мобільністю. В цій задачі

час доставки пакету не являється критичним, бо найголовнішим параметром є надійність доставки трафіку. Так як час не враховується, пакет даних може бути затриманий в деяких вузлах з метою очікування появи в їх зоні видимості вузлів, через які можна передати далі цей пакет. Тобто, якщо відповідний вузол недоступний, то втрату пакету, відправленого з очікуванням, можна не констатувати. Крім цього, відсутність чітких часових рамок для передачі пакету дозволяє проводити агрегацію пакетів для більш ефективного використання пропускної здатності каналів мережі.

Аналіз досліджень і публікацій. В основі підходу до самоорганізації мережі лежить використання історії спостережень – набору показників роботи мережі, накопиченого вузлами. Під самоорганізацією мережі розуміється процес об'єднання незалежних пристроїв в мережу за рахунок їх власних ресурсів і інформації [1].

Перший механізм заснований на періодичному скануванні вузлом своїх околиць з метою пошуку зміни стану сусідніх вузлів. В літературі [2] показано, що такий спосіб дає похибку у вимірюванні параметрів T_1 и T_0 порядку 10-20 %. Ще одним негативним фактором цього механізму є велике навантаження на мережу.

Другий механізм полягає в організації сповіщень [3]. Сповіщення – це службові дані, які один вузол передає іншому у випадку зміни свого стану (включення, виключення, початок руху, кінець руху). По тривалості рух може бути стрибкоподібним або тривалим. По організації руху: без відключення або з тимчасовим відключенням на час руху. Сповіщення можуть бути організовані при будь-якому сценарії поведінки вузлів, і в цьому полягає універсальність цього механізму. В літературі [4] розглядається вплив ефективних алгоритмів маршрутизації на час життя сенсорної мережі.

Постановка завдання. Розглянемо механізми, які використовуються в тому випадку, коли процес збору інформації не підтримується на апаратному рівні, і у вузлів немає необхідної інформації про властивості свого оточення. В статті буде висвітлено механізм організації сповіщень. Також буде розглянуто додаткові задачі маршрутизації, такі як мінімізація часу операцій пересилання та ефективність застосування агрегації. Буде описано алгоритм дій при виході з ладу частини вузлів сенсорної мережі.

Організація сповіщень як важливий елемент самоорганізації мережі. При організації сповіщень, якщо до сусіднього вузла доходить сповіщення про включення або виключення вузла, то у внутрішніх структурах даних фіксується встановлення або втрата зв'язку. При цьому у випадку встановлення зв'язку формується зворотнє сповіщення. Якщо до сусіднього вузла доходить сповіщення про початок неперервного руху, то через деякий час, достатній для переміщення, відбувається сканування місцевості для виявлення даного вузла. Якщо в ході цього сканування

вузол не відповідає, то фіксується втрата зв'язку. Коли вузол відповідає, в його відповіді є інформація про продовження руху, і через ще один інтервал часу відбувається повторне сканування.

В будь-якому сценарії сповіщення завжди мають двосторонній характер і залежать від ситуації. У випадку коректного обміну інформацією такий спосіб дозволяє, по-перше, з високою точністю вимірювати періоди активного і неактивного стану зв'язків, по-друге, забезпечувати те, що кожен вузол буде проінформований про відновлення активності якого-небудь зв'язку. Це потрібно для організації функції зворотнього виклику.

Збір даних для історії спостережень можливий за допомогою запропонованих вище механізмів або з використанням апаратних можливостей вузла.

Функціонування мережі розбивається на чотири етапи. На першому етапі вузли мережі проводять збір історії спостережень. Цей етап закінчується або при виконанні деяких умов на стабілізацію параметрів, або у фіксований проміжок часу. Після цього вузол-координатор ініціює лавинну розсилку з метою попереднього заповнення маршрутних таблиць. Вузол, до якого доходить лавинний процес, змінює свою таблицю і надсилає вузлу-координатору зібрану історію повідомлень. Далі починається третій етап, на якому вузол-координатор вже отримав історію спостережень від усіх вузлів або від певної групи вузлів. На цьому етапі проводиться розрахунок оптимальних маршрутів і повторна лавинна розсилка для доставки даних про оптимальні маршрути. Коли вузли отримують ці інструкції, вони починають періодично надсилати корисну інформацію протягом роботи мережі і цей процес не виділяється в окремий етап.

Вузли мережі можуть надсилати вузлу-координатору замість історії спостережень уже обчислені параметри, але це викликає обмеження на знаходження оптимального маршруту на рівні цілої мережі, а не лише біля певного вузла. Також це викликає підвищення обчислювального навантаження на окремі вузли мережі. Перевагою цієї методики являється зняття навантаження з каналів мережі, оскільки передача декількох обчислених параметрів від вузлів використовує менше мережевого трафіку, ніж передача цілої історії спостережень від кожного вузла.

Процес доставки інформації у вузол-координатор являється основною задачею маршрутизації повільного трафіку. Для організації повільного трафіку використовуються дві метрики d_1 і d_2 . Перша метрика дозволяє отримати більш надійні маршрути, друга – маршрути з найменшим часом очікування. Процес пересилання залежить від вибору метрики, можна використовувати будь-яку метрику з наявних у маршрутних таблицях або дві одночасно з використанням певних коефіцієнтів.

Крім доставки пакетів до вузла-адресата існують додаткові задачі маршрутизації, наприклад, мінімізація часу пересилки. Для вирішення цієї задачі може використовуватись географічна маршрутизація, яка призначена для мереж з фіксованою топологією. Її суть в тому, що пакет даних пересилається в той доступний вузол, який реалізує зменшення деякої природньої метрики, наприклад, міської або евклідової. Такий підхід забезпечує переважно локальний виграш, і у деяких випадках частина інформації може бути не доставлена. Підхід, який використовує метрику для зниження часу доставки, полягає у використанні ймовірнісної таблиці, побудованої по першій метриці. Шлюзом для пересилки стає вузол, який має найменшу метрику. У разі неактивності цього вузла відбувається його очікування.

Друга додаткова задача – мінімізація числа операцій пересилання. В основному, кожен пакет пересилається окремо, але іноді виникає необхідність об'єднання (агрегування) пакетів, за рахунок чого скорочується загальне число пересилань. Часто пересилання одного великого пакету даних ефективніше, ніж відправка декількох менших з таким же об'ємом. Пакети приймаються групами, накопичуються, впорядковуються і пересилаються в нових блоках.

Історія спостережень дозволяє обґрунтувати умови групування і надсилання. Мінімальною величиною метрики d_2 є метрика, яку можна трактувати як середній час доставки пакетів з даного вузла у вузол-координатор, і на його основі вести пересилку. Якщо час, вже пройдений пакетом, разом з часом, який пакету ще треба пройти, в сумі дають менше відведеного на доставку, то пакет можна відкласти, інакше його треба додати в групу посилки. Інтелектуальний характер агрегації грає важливу роль.

Маршрутизація в умовах виходу із ладу частини вузлів. Вузли можуть виходити з ладу на певний (тривалий або безкінечний) проміжок часу. Якщо в мережі можливі такі події (закінчився запас енергії, агресивні умови оточуючого середовища і т.д.), то необхідно введення додаткових механізмів в алгоритм маршрутизації, які будуть реагувати на подібні зміни в топології. Метод на основі дерева маршрутів, має бути замінений на метод обмеженого очікування (метод множинних маршрутів).

При отриманні транзитного пакета, тобто такого пакета, для якого поточний вузол не являється адресатом, вузол витягує зі своєї таблиці маршрутизації рядок с найменшим значенням метрики, який містить допустимий шлюз. Допустимим шлюзом в даному випадку вважається такий шлюз, який ще не використовувався для доставки цього пакета. Очевидно, що ця вимога витікає з високої вірогідності зациклювання пакета при відправці його через один з використаних раніше для цього шлюзів. У випадку неможливості вибору допустимого шлюза можливі

різні алгоритми дії вузла, наприклад, скидання інформації про використані шлюзи з урахуванням того, що топологія мережі могла змінитися і маршрут, який привів до цього циклу, міг розімкнутися. Найпростішим варіантом реагування вузла на неможливість знайти допустимий шлюз являється констатація факту втрати пакету.

Після того, як вузол обрав шлюз, через який можливо виконати відправку пакету, він перевіряє можливість встановлення зв'язку зі шлюзом. Якщо з вузлом – шлюзом в цей момент може бути встановлений зв'язок, то виконується відправка пакета шлюзу. Інакше вузол переходить до очікування появи зв'язку. Максимальний час, протягом якого вузол буде очікувати відновлення зв'язку з шлюзом, залежить від середнього часу неактивності зв'язку і визначається співвідношенням (1):

$$t_{кр} = -T_0 \cdot \ln p_{кр} \quad (1)$$

де $t_{кр}$ – граничний час очікування реактивації шлюзу, а $p_{кр}$ – параметр алгоритму.

Подальші дії вузла залежать від того, чи відновився зв'язок до вичерпання граничного часу очікування. Якщо зв'язок встиг відновитися, що можливо при умові справності вузла-шлюза, то поточний вузол передає йому блок даних. Якщо шлюз вийшов з придатності, вузол видаляє зі своєї таблиці маршрутизації рядок з даним шлюзом. Це необхідно, щоб не відбувалося повторне очікування потенційного несправного вузла в майбутньому. При цьому треба упевнитися, що вузол-шлюз дійсно несправний, а не просто виключався на тривалий час. Це досягається вибором достатньо малого значення параметра $p_{кр}$.

Дана модифікація таблиці маршрутизації являється необов'язковою і призначена для запобігання повторних очікувань, за рахунок скорочення часу доставки. Це можна реалізувати, призначивши кожному шлюзу лічильник збоїв, який скидається при успішній відправці пакета через цей шлюз. Це додатково скоротить частку помилкових спрацювань механізму відсіювання несправних вузлів.

Незалежно від того, модифікована таблиця маршрутизації чи ні, у випадку збою шлюза, слід обирати наступний допустимий шлюз і повторювати процес.

Висновки. У даній статті було розглянуто особливості механізму організації сповіщень. Також пояснена важливість додаткових задач маршрутизації - мінімізації часу операцій пересилання і застосування агрегації. Розроблено алгоритм дій при виході з ладу частини вузлів сенсорної мережі з використанням методу обмеженого очікування в маршрутизації.

Використані джерела інформації:

1. Звягін, М.Ю. Мілованов, Д.С. Прокошев, В.Г. Алгоритми збору інформації, маршрутизації і агрегації в мобільних мережах / // Матеріали Третього

- Міжнародного Форуму з проблем науки, техніки і освіти. – М. 2007. –Т.2. – С.91-93.
2. Шамін, П.Ю. Батаєв, Р.А. Мілованов, Д.С. Експериментальна перевірка застосовуваності алгоритма маршрутизації і основ ймовірного підходу для використання в безпроводових мережах зі змінною топологією на базі технології Bluetooth / // Перспективні технології в засобах передачі інформації: матеріали VII Міжнародної конференції. – Володимир, 2007.-С.97-99.
 3. Воронін, І.В. Хоменко, М.Д. Реалізація розподіленого алгоритму балансування трафіку сенсорної мережі для збільшення часу життя. /Електронний ресурс/
<http://2012.nscf.ru/Tesis/Voronin.pdf>
 4. Єрохін, С.Д. Махров, С.С. Протоколи маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах: засновані на місцеположенні вузлів і спрямовані на агрегацію даних. / //Т-Comm – Телекомунікації і транспорт. –Вип. 3. – 2013. –С.44-47.

References:

1. Zviahin, M.Yu. Milovanov, D.S. Prokoshev, V.H. (2007), “Algorithms of information gathering, aggregation and routing in mobile networks”, Materialy Tret'oho Mizhnarodnoho Forumu z problem nauky, tekhniky i osvity, vol.2, pp.91-93.
2. Shamin, P.Yu. Bataiev, R.A. Milovanov, D.S. (2007), “Experimental verification of the applicability of routing algorithms and the foundations of probabilistic approach to use in wireless networks with variable topology based on Bluetooth technology”, Perspektivni tekhnologii v zasobakh peredachi informatsii: materialy VII Mizhnarodnoi konferentsii, pp.97-99.
3. Voronin, I.V. Khomenko, M.D. (2012), “Implementing a distributed algorithm for balancing traffic sensor network to extend the network life”, [Online], available at: <http://2012.nscf.ru/Tesis/Voronin.pdf> (Accessed 09 Feb 2015).
4. Yerokhin, S.D. Makhrov, S.S. (2013), “Routing protocols in wireless sensor networks, based on the location of nodes and directed to the aggregation of data”, T-Comm - Telekommunikatsyy y Transport, vol.3, pp. 44-47.

Рецензент: Лисенко О.І.