

Висновки

Існує хибна думка, що оптимізацію ГТС можна здійснити, користуючись в основному технічними засобами керування режимами роботи ГПА, КЦ. Жодні технічні засоби, по-перше, не дають можливості виявити й оцінити потенціал економії паливно-енергетичних ресурсів, а по-друге, знайти параметри управління газопотоками для реалізації вказаного потенціалу. За допомогою технічних засобів можна автоматизувати процес відпрацювання розрахованих параметрів керування. Потенціал оптимізації як окремих об'єктів, так і усієї системи постійно міняється. Щоб використовувати потенціал, його треба попередньо оцінити. Важливим є знаходження оптимальних способів його реалізації.

1. *Притула Н. М. Розрахунок параметрів потокорозподілу газу в газотранспортній системі (стаціонарний випадок) // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2007. – Вип. 5. – С. 146–155.* 2. *Притула Н. М. Задачі оптимізації потокорозподілу в газотранспортних системах // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”: “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – Львів, 2007. – № 604. – С. 220–227.* 3. *Притула Н. М., Притула М. Г., П’янило Я. Д. Розрахунок усталеного руху газу в магістральних газопроводах // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”: “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – Львів, 2006. – № 565. – С. 270–274.* 4. *Гладун С., Притула Н., Землянський Б., Химко О. Розрахунок гідродинамічних параметрів стану об’єктів транспорту газу // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”: “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – Львів, 2008. – № 629. – С. 92–99.*

УДК 004.722

К. Обельовська, Н. Грицуняк, С. Сагайдак
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ ГОМОРИ-ХУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖ, ОСНОВАНИХ НА ТЕХНОЛОГІЇ SDN

© Обельовська К., Грицуняк Н., Сагайдак С., 2011

Запропоновано модифікований алгоритм Гоморі-Ху для оптимізації мереж, орієнтованих на технологію SDN.

Ключові слова: комп’ютерні мережі, топологія, пропускна здатність, синхронна цифрова ієрархія.

Modified Gomory-Hu SDN oriented algorithm for network optimization is proposed.

Keywords: computer network, topology, throughput, synchronous digital hierarchy.

1. Вступ

Сформулювати, а тим більше розв’язати загальну задачу синтезу оптимального варіанта мережі інтегрального обслуговування нині неможливо. Тому формулюють і розв’язують часткові оптимізаційні задачі, на їхній основі створюють імітаційні моделі мережі, на яких вдосконалюють отримані рішення [1]. В [2], поряд з іншими алгоритмами, що імплементовані в імітаційну модель, є також алгоритм Гоморі-Ху. В [3] запропоновано модифікацію алгоритму Гоморі-Ху для оптимізації топології мереж, орієнтованих на стандартну ієрархію швидкостей.

2. Постановка задачі

Алгоритм Гоморі-Ху дає можливість знайти топологію мережі та пропускні здатності її каналів, які забезпечать передавання заданих потоків при мінімальній сумарній пропускній здатності мережі. Проте пропускна здатність каналів, що прокладаються чи орендуються, не може набувати будь-якого, отриманого в результаті оптимізації, значення. Її треба вибирати відповідно

до стандартної ієрархії швидкостей. Своєю чергою, стандартні ряди швидкостей різних технологій є різними і суттєво відрізняються один від одного. Так, для сім'ї Ethernet – це 10 – 100 – 1000 – 10 000 – 40 000 та 100 000 Мбіт/с. Стандартна ієрархія швидкостей для технології синхронної цифрової ієрархії SDH (Synchronous Digital Hierarchy) наведена у таблиці. Таблиця також відображає відповідність між міжнародним стандартом SDH та його американським аналогом – технологією синхронних оптичних мереж SONET (Synchronous Optical NET).

Ієрархія швидкостей SONET/SDH

SDH	SONET	Швидкість
STM-1	STS-3, OC-3	155,52 Мбіт/с
STM-4	OC-12	622,08 Мбіт/с
STM-16	OC-48	2 488,32 Мбіт/с
STM-64	OC-192	9 953,28 Мбіт/с
STM-256	OC-768	39 813,12 Мбіт/с
STM-1024	OC-3072	159 252,48 Мбіт/с

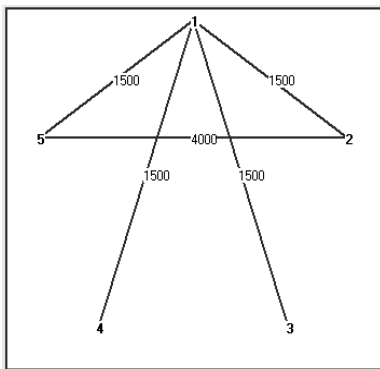
За рахунок різниці між пропускною здатністю, вибраною зі стандартного ряду, і пропускною здатністю, отриманою в результаті оптимізації, збільшується надлишковість мережі, а значить, і її вартість. Оскільки сьогодні, в епоху високих швидкостей, крок між стандартними швидкостями великий, значною може бути і ця надлишковість. Мета цієї роботи – мінімізувати надлишкову пропускну здатність, причиною якої є увідповіднення одержаних у результаті оптимізацій значень пропускних здатностей каналів до стандартної ієрархії швидкостей технології SDH. Робота основана на алгоритмі, описаному в [3].

3. Модифікований алгоритм Гоморі-Ху з адаптацією до технології SDH на кожній ітерації декомпозиції

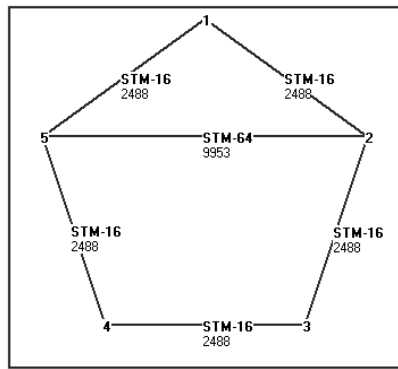
Вхідними даними для роботи алгоритму Гоморі-Ху є перелік вузлів, між якими необхідно забезпечити обмін інформацією, та потрібна швидкість передавання між кожною парою вузлів. Алгоритм передбачає подання цих даних у вигляді неорієнтованого зваженого графу, ребра якого зв'язують вершини, обмін між якими треба забезпечити. Ваги ребер відповідають потокам, що мають бути передані. Вихідними даними є зважений граф, що відповідає топології мережі, отриманої в результаті оптимізації. В алгоритмі, орієнтованому на технологію SDH, ваги ребер результуючого графу повинні відповідати одному з рівнів ієрархії SDH – STM-N, де N – відповідний рівень в ієрархії.

Класичний алгоритм Гоморі-Ху передбачає здійснене за певними правилами розбиття вхідного графу на частини з рівномірними вимогами, в нашому випадку на підмережі з каналами з однаковими пропускними здатностями, що можуть набувати будь-якого значення. В результаті підсумовування всіх побудованих підмереж отримаємо мережу, що володітиме мінімальною сумарною пропускною здатністю всіх каналів мережі й забезпечуватиме передавання заданих вхідних потоків. Щоб адаптувати результат до технології SDH, ваги ребер вихідного графу треба замінити найближчими більшими значеннями STM-N, що наведені в таблиці. За рахунок цього сумарна пропускна здатність всіх каналів буде збільшена. Щоб зменшити введену надлишковість, пропонується враховувати особливості технології SDH вже на проміжних етапах, а саме під час розбиття вхідного графу на частини з рівномірними вимогами. Каналам підмереж з однаковими пропускними здатностями на проміжних етапах присвоюються значення, що відповідають одному з рівнів ієрархії STM-N. Доцільність такого рішення обґрунтовується тим, що введену на проміжному етапі надлишковість можна використати на наступних ітераціях

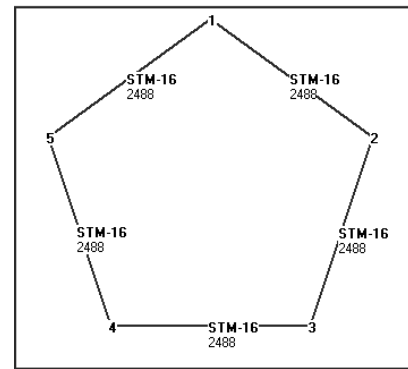
На рис. 1 показано два приклади, що ілюструють перевагу запропонованого підходу.



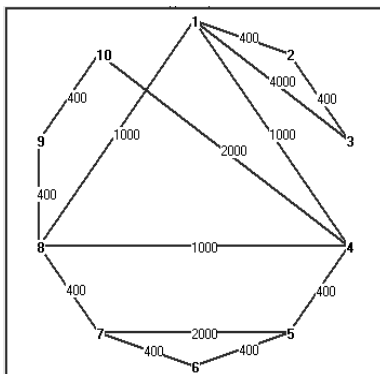
Вхідні потоки



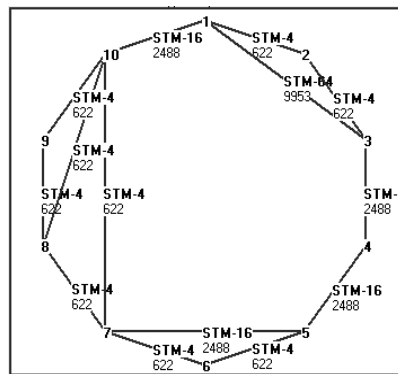
Алгоритм Гоморі-Ху
Сума – 22 393



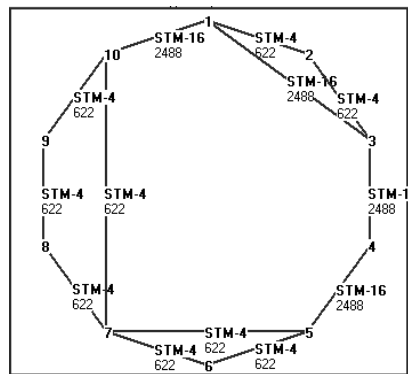
Модифікований алгоритм
Сума – 12 440



Вхідні потоки



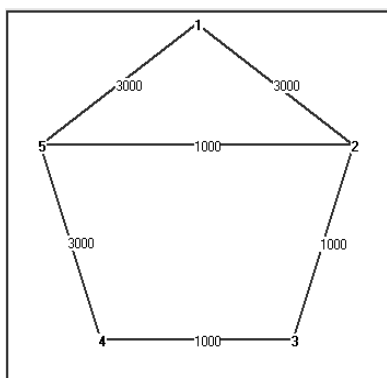
Алгоритм Гоморі-Ху
Сума – 25 503



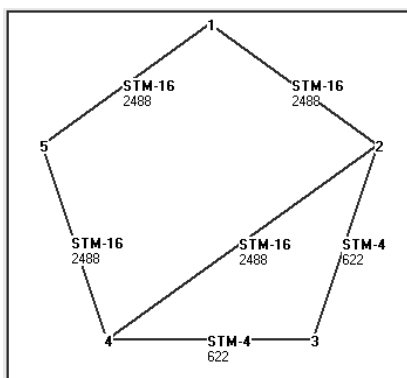
Модифікований алгоритм
Сума – 15 550

Рис. 1. Приклади, що ілюструють перевагу модифікованого алгоритму

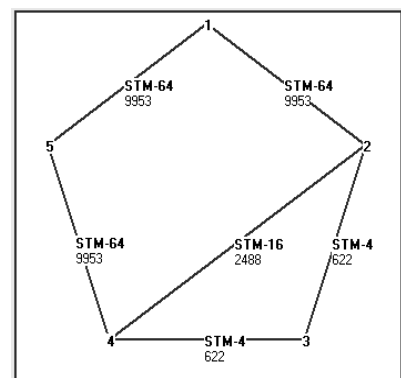
У першому випадку за рахунок використання модифікованого алгоритму сумарна пропускна здатність каналів оптимізованої мережі зменшилась на 44 %, у другому на 39 %. Виграш залежить від вхідних даних, його може і не бути або він може бути навіть від'ємним. Це означає, що для певного набору вхідних даних класичний алгоритм Гоморі-Ху з приведенням його до стандарту SDH на кінцевому етапі дасть кращі результати, ніж модифікований алгоритм. Приклад такого варіанта показано на рис. 2.



Вхідні потоки



Алгоритм Гоморі-Ху
Сума – 11 196



Модифікований алгоритм
Сума – 33 591

Рис. 2. Приклад, що ілюструє перевагу класичного алгоритму

Оскільки за аналізом вхідних даних не видається можливим спрогнозувати, який з алгоритмів дасть кращі результати, то рекомендується для кожного досліджуваного набору вхідних даних здійснювати розрахунок за обома варіантами, порівнювати кінцеві результати і рекомендувати той, що забезпечує менше значення сумарної пропускну здатності всіх каналів оптимізованої мережі. Проте в результаті досліджень встановлено, що для деяких наборів вхідних даних можна констатувати, що запропонований модифікований алгоритм дасть кращі результати, ніж класичний. Це досягається, якщо:

- мінімальні значення ваг ребер, що містяться в зовнішньому кільці, повинні входити в діапазон значень швидкостей стандартів від $2*STM-N$ до $STM-K$, де $K = 4*N$;
- мінімальні значення серед ваг ребер, які не входять в зовнішнє кільце, повинні входити в діапазон значень швидкостей стандартів від $STM-K$ до $2*STM-K$;
- кожна ітерація повинна супроводжуватися випаданням хоча б одного вузла.

Ці умови є достатніми, але не необхідними, тобто їх невиконання не означає, що модифікований алгоритм дасть гірші результати, ніж класичний.

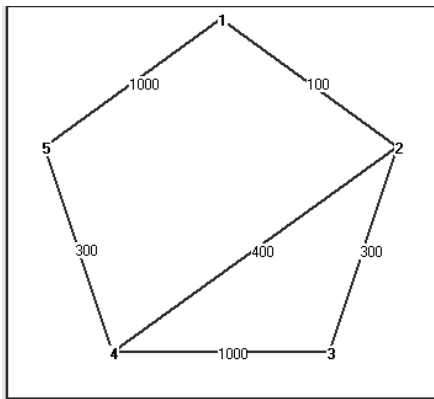
4. Модифікований алгоритм Гоморі-Ху з адаптацією до технології SDH на ітераціях, що змінюють розмір кільця

Використаний вище підхід передбачає заміну ваг ребер найближчими більшими значеннями $STM-N$ на кожній ітерації під час формування кільця з однаковими пропусковими здатностями. Проте для випадків, коли розмір кільця $i-i$ та $i+1-i$ ітерацій не змінюється, подальше покращення результатів (зменшення надлишковості) можливе за рахунок того, що приведення до стандарту SDH відбуватиметься тільки тоді, коли змінилась конфігурація графу (кільця).

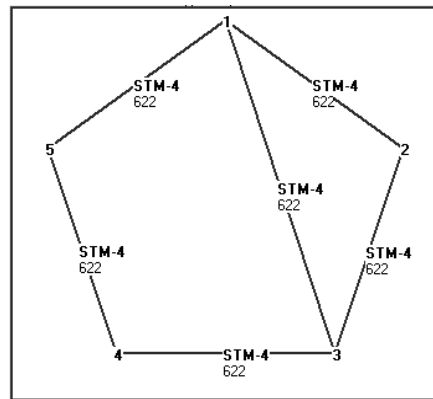
Алгоритм, що реалізує такий підхід, можна описати такою сукупністю кроків.

1. Ваги ребер графу вхідних потоків записуємо в основний та буферний масив.
2. Доки в основному масиві є ненульові значення, виконуємо:
 - 2.1. Якщо у буферному масиві є тільки один ненульовий елемент W , переходимо на крок 3.
 - 2.2. Доки в буферному масиві є більше як одне ненульове значення, виконуємо такі дії:
 - 2.2.1. Змінній W_b присвоюємо значення нуля.
 - 2.2.2. У буферному масиві знаходимо мінімальне значення W , відмінне від нуля. Віднімаємо W від всіх значень буферного масиву, більших за нуль. Змінну W_b збільшуємо на $W/2$.
 - 2.2.3. Перевіряємо, чи з'явилась після віднімання відокремлена вершина. Якщо ні, переходимо на крок 2.2.2.
 - 2.3. Створюємо кільце, в яке входять всі невідокремлені вершини основного масиву, і присвоюємо кожному ребру кільця значення W_s , що є найближчим більшим до W_b . Додаємо ваги ребер кільця до вихідної матриці.
 - 2.4. Віднімаємо $2*W_s$ від всіх значень основного масиву, більших за нуль. Основний масив копіюємо у буферний. Переходимо на крок 2.
3. Додаємо значення W до відповідного елемента вихідної матриці.
4. Замінюємо значення елементів вихідної матриці швидкостями відповідно до стандарту SDH.

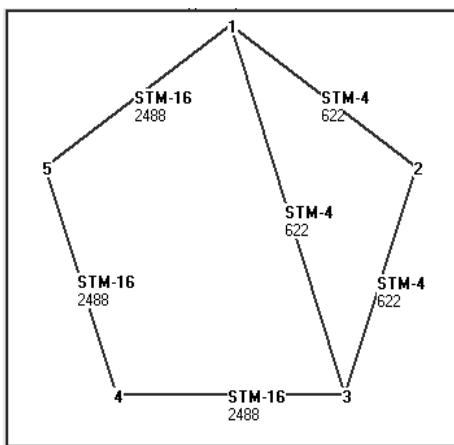
На рис. 3 наведено приклад, що ілюструє переваги адаптації до стандарту SDH тільки після зміни кількості вузлів у кільцевому графі.



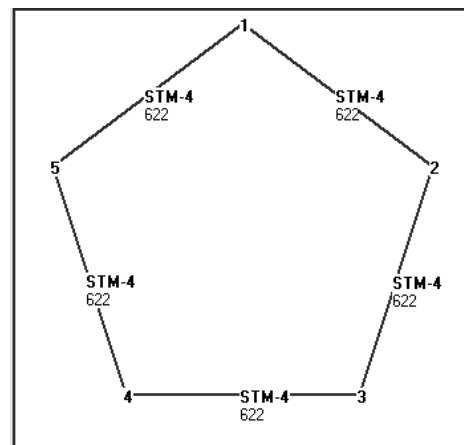
Вхідні потоки



*Алгоритм Гоморі-Ху
Сума – 3 732*



*Модифікований алгоритм
Сума – 9 330*



*Алгоритм, який передбачає приведення
до стандарту після випадання вузла Сума – 3 110*

Рис. 3. Приклад, що ілюструє різні способи модифікації

Висновок

Запропонована модифікація алгоритму Гоморі-Ху для оптимізації топології мереж, що враховує ієрархію стандартних швидкостей технології SDH на проміжних кроках роботи алгоритму та дає можливість зменшити сумарну пропускну здатність каналів мережі, забезпечуючи передавання заданих вхідних потоків. Показано, що ефект від використання модифікованого алгоритму залежить від набору вхідних даних.

1. Кривонос Д. М. Системний аналіз і синтез топологічної структури провідних мереж передачі даних : дис. канд. техн. наук : 05.13.01. – РГБ ОД, 61:05-5/1307. – Волгоград, 2004. – 218 с.
2. Tapolcai J. Routing algorithms in survivable telecommunication networks // PhD Thesis Summary. – Budapest, Hungary, 2004.
3. Обельовська К., Брусак М. Модифікований алгоритм Гоморі-Ху для оптимізації топології мереж // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. № 672. – Львів, 2010. – С. 72–75.