

TRFFIC SIMULATION MODELING IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

Balabanova Ivelina, Technical university of Gabrovo, ivstoeva@abv.bg

Abstract: Teletraffic engineering is essential for the Information Society due to the large increase of subscribers required for network resources to provide quality and reliable service. This is a complex process, before the mass introduction of each technology, it goes through several processes simulation modeling and experimental realization. Therefore teletraffic modeling process is interesting and topical task that plays a significant role in the development of telecommunications.

Keywords: traffic, modeling, dynamic routing, simulation scripts, scenarios teletraffic, statistical multiplexing

СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ НА ТРАФИКА В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ МРЕЖИ

Ивелина Балабанова, Технически университет – Габрово, ivstoeva@abv.bg

Абстракт: Телетрафичното проектиране става изключително важно за информационното общество поради голямото нарастване на изискванията на абонатите за мрежови ресурси, необходими за предоставяне на качествена и надеждна услуга. Това е сложен процес, като преди масовото въвеждане на всяка една технология, тя преминава през редица процеси на моделиране симулация и експериментална реализация. Следователно моделирането на телетрафични процеси е интересна и актуална задача, която има значителна роля в развитието на телекомуникациите.

Ключови думи: трафик, моделиране, динамично маршрутизиране, симулационни скриптове, телетрафични сценарии, статистическо мултиплексиране

Трафикът в широколентовите цифрови мрежи с интеграция на услугите придобива все по-голямо значение като универсално транспортно средство за широк кръг системи за пренос на трафик, независимо дали е телефонен, LAN, Internet IP, мултимедиен трафик или друг вид трафична услуга. Този трафик създава унифициран транспортен механизъм, реализиран посредством статистически сложни характеристики при постоянна или променлива скорост на потока. Едно от основните свойства е, че може да се представи като случаен стохастичен процес със заемания извън мултиплексираните трафични потоци, където сумата от индивидуалната максимална широчина на лентата е по-голяма, отколкото капацитета на дадена връзка. Това е възможно, защото върховите стойности на трафичните потоци от отделните източници рядко се появяват заедно. Ефектът от едно такова статистическо мултиплексиране се основава на условието, че са мултиплексирани достатъчно брой източници на трафик, които нямат корелационни връзки помежду си. При методите и подходите за адекватното описание и анализ на поведението на трафика в широколентови мрежи трябва да съблюдават следните основни признаци:

-Запазване на рамката на процеса като марковски, но с отчитане на поведението на трафика при дадена времева скала посредством теорията на големите отклонения и достъпа до значими редки събития;

-Възприемане на стохастичното себеподобие, което показва как вероятностната структура на трафичния процес се променя в диапазона на дадена времева скала.

-Изразяване на дълговремени зависимости между характеристиките на отделните типове от услуги в условието на стохастично себеподобие, като се предполага че трафика е стационарен.

Стохастично себеподобие на телетрафика

Стохастично себеподобие SS (Stochastic Self-Similarity) показва как вероятностната структура на процеса варира в предварително избрана времева скала. Съществуват два основни подхода за моделиране на стохастичното себеподобие:

- Моделите на разкъсано Брауново движение, при които отсъства описание на повече взаимовръзки в разглеждания физически процес и се използват малък брой параметри;
- Модели на хаотични карти, при които се отразява нелинейната динамика на трафичния процес. Практическото приложение на такива модели е силно ограничено поради липсата на аналитична трактовка и малките възможности за агрегиране.

Стохастично себеподобие в ширококолентовите мрежи с интеграция на услугите е свързано с внезапната поява на трафик. Такава внезапна проява на трафик може да бъде регистрирана при всяка времева скала, с продължителност от милисекунди до дни и процесът е подобен независимо от избраната времева скала. Една характеристика на себеподобния трафик е корелацията на всички времеви скали, т. е. трафикът е с дълговремени зависимости. Себеподобието на трафика се оцветяват от параметъра на Хърст $0,5 < H < 1$. Големите стойности на H съответстват на по-големи флуктуации върху размера на внезапна проява на трафик и по-силни корелационни зависимости в самия трафик. При стойност на $H > 0,5$ се приема, че процесът има положителни корелации и обратно, за стойности по –малки от $0,5$ – отрицателни корелации. Стохастично себеподобие се прилага спрямо времевите редове, за да съхрани тяхната вероятностната структура, когато нараства скалата на измерванията.

Нека стохастичният процес $X \equiv \{X_n : n \geq 1\}$ е ковариационен и стационарен в широк смисъл, т.е. математическото очакване $E[X_n]$, дисперсията $D[X_n]$, и функцията на автоковариация $Cov[X_n, X_{n+q}]$ на процеса се определят съгласно (1.1),

$$E[X_n] = \mu$$

$$D[X_n] = E[X_n^2] - (E[X_n])^2 = \sigma^2, \quad -\infty < q < \infty \quad (1.1)$$

$$Cov[X_n, X_{n+q}] = E[(X_n - E[X_n])(X_{n+q} - E[X_{n+q}])]$$

където σ^2 е средно квадратно отклонение на X_n

Например в цифровите ширококолентови мрежи с X_n може да се представи броят пакети, клетки или битове, които пристигат по време на n -q интервал, чиято продължителност е ξ секунди. В този случай X_n зависи от разглеждания изброим процес $\{N(t) : \geq 0\}$,

$$X_n \equiv N(n \zeta) - N[(n-1) \xi] \quad (1.2)$$

Където $N(t)$ е записът на броя на заявките за времето t .

Въз основа на оригиналния процес, дефиниран по-горе може да се определи един стационарен в широк смисъл, агрегиран процес

$X_m \equiv \{X_k(m) : k \geq 1\}$, които се получава посредством усредняване на X_n върху съседни непрепокриващи времеви редове с размер m , т.е

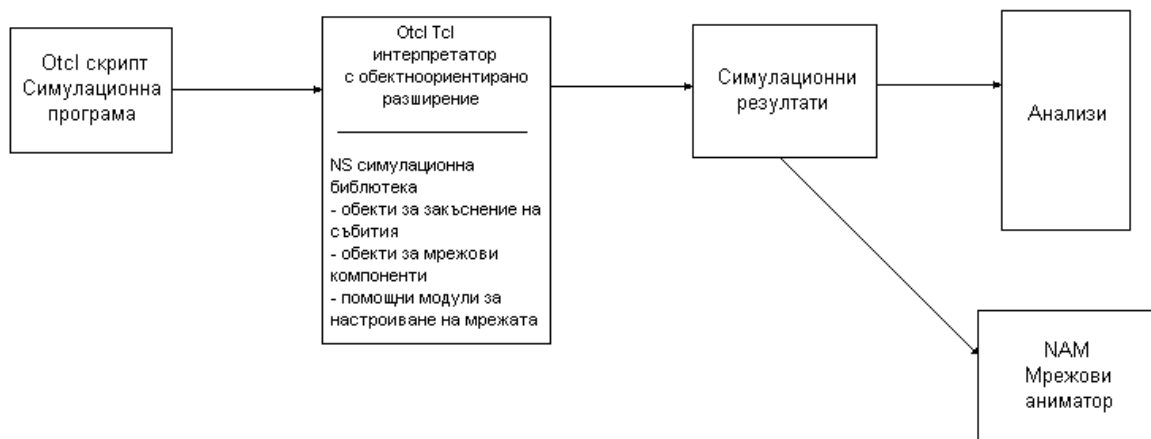
$$X_k(m) = 1/m(X(k-1)m+1 + \dots + X_{km}) \quad (1.3)$$

Дискретният процес $X = \{X_n : n=1,2,\dots\}$ се определя като себеподобен при наличието на параметъра на Хърст H , ако всяка времева последователност с размер m , съществува процес от вида $\{m^{1-H} X_k(m) : k=1,2,\dots\}$, които има едно и също крайно разпределение като процеса X , т. е. Може да се дефинира тъждеството (1.4)

$$\{X_n : n=1,2,\dots\} \equiv \{m^{1-H} X_k(m) : k=1,2,\dots\} \quad (1.4)$$

NS2 е мрежов симулатор за дискретни събития. Той издържа множество комуникационни протоколи, различни по характер източници на трафик, разнородни приложения, вградени модули за изследване на политиките за управление на опашките (Drop Tail, RED, CBQ, и др.) маршрутизиращи алгоритми и т.н. Имплементирани са механизмите за изследване на множествения достъп до физическите преносни среди с прилагане на спецификите на протоколите от MAC слоя на референтния модел.

NS2 е написан на C++ и Otcl (Tcl програмен език е обективно разширение).



Фиг.1 Потребителски изглед на NS2

NS2 е обективно – ориентиран Tcl (OTcl) скриптов интерпретатор, който има модул за създаване на график на симулационните събития, и мрежов компонент за обективни библиотеки и библиотеки за мрежови настройки на модулите (фиг. 1). За да се настрои и да стартира мрежова стимулация, потребителя трябва да напише OTcl скрипт, който стартира модула на графика на събития, установява мрежовата топология, използвайки мрежови обекти и функциите в библиотеката, и указва на източниците на трафика кога да започнат и спрат генерирането на пакети, чрез модула на графика на събития.

Създаването на нов мрежов обект се осъществява, чрез описване на новия обект или чрез създаването на сложна обектна библиотека. OTcl модулите улесняват работата при създаване на нов мрежови обект.

Друг главен компонент на NS освен мрежовите обекти е графикът на събитията. Събитие в NS пакет, с уникална идентификация прикачен към определен график и флаг на обект, който управлява пакета. В NS всеки график на събития, пази запис от специфичните симулационни периоди и предизвиква събитие по техния ред в опашката на събитията, чрез извикване на определени мрежови компоненти, които имат връзка със събитието.

От видовете симулатори с отворен код се достига до извода, че NS е изключително мощно средство за изследване на телетрафични системи. Архитектурата му позволява да бъдат добавяни или коригирани неговите модули и библиотеки. Той е най-използваният симулатор в академичните среди. Поради тази причина е необходимо да се направи обстоен преглед на симулатора и на допълнителните програми и инструменти, които служат за създаване и изпълняване на симулационните скриптове, анализиране и визуализиране на получените резултати.

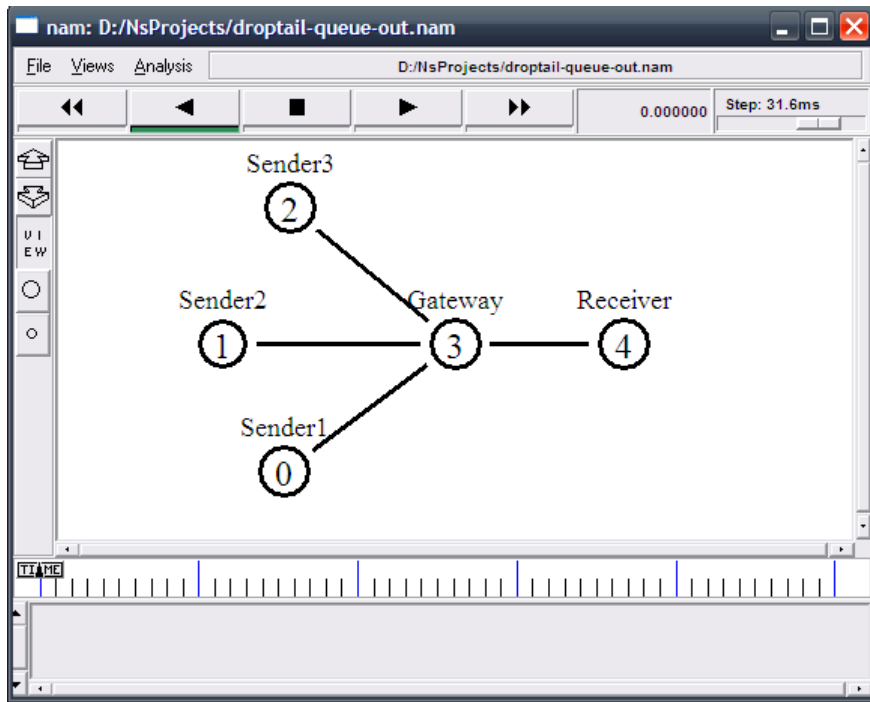
Моделиране на телетрафични процеси в основните мрежови топологии

При този сценарий се изгражда опростена мрежа с топология тип „Звезда”. За звезден център е взет възел 3, който изпълнява функцията на шлюз (Gateway). Възлите 0, 1 и 2 са изпращачи (Sender), а възел 4 е приемник (Receiver). Потока от информация протича последователно от възлите 0, 1 и 2 към 4 като минават през шлюза 3. Шлюзът 3 е подложен на трафик от трите възела изпращачи, в следствие на което не всички пакети ще могат да бъдат обработени ще се получат отпаднали пакети.

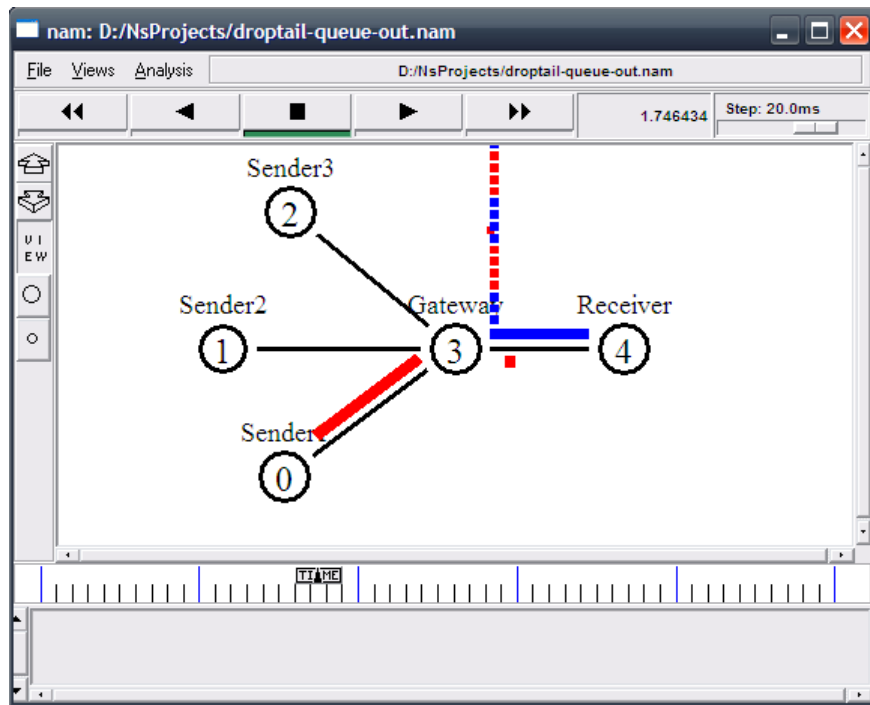
Скоростите между възлите 0 и 3, 1 и 3, 2 и 3 ще бъдат зададени 6Mb/s, а закъснението - 1ms. А скоростта между възел 3 и 4 е 3Mb/s и закъснение 1ms. Връзката, която се изгражда е TCP, като TCP източниците са прикачени към възлите 0, 1 и 3.

На фиг.2 е представен нагледно сценарият на този вид топология.

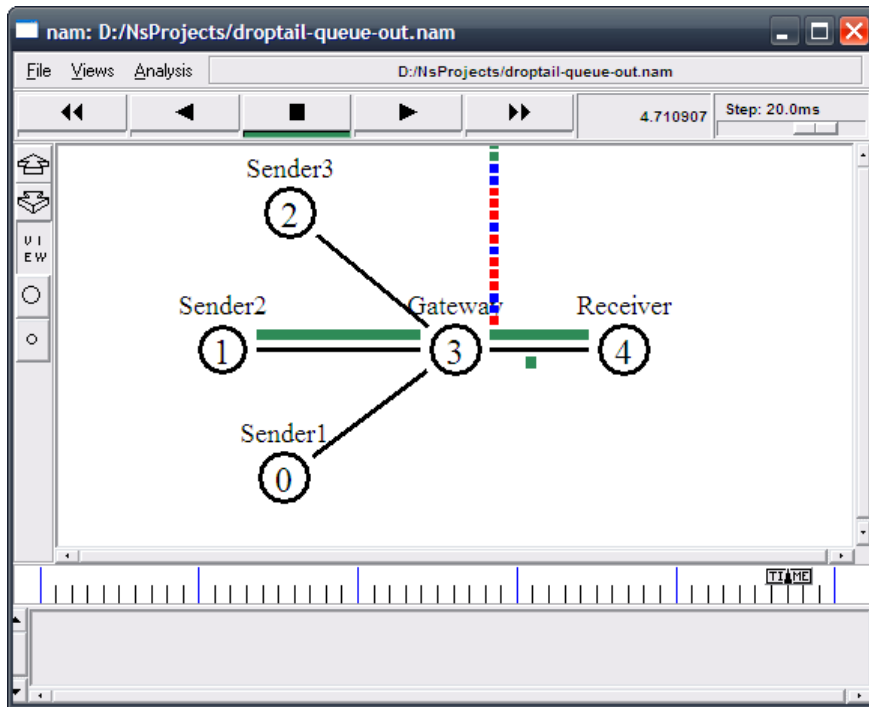
Моделиране на топология тип “Звезда”- създава се нов обект за емуляцията; Отварят се следящи файлове; Отварят се следящи файлове за nam; Създаване на възли на конфигурацията; Дефинират се различните цветове за различните потоци; Задаване на връзки между възлите; скорост от 6Mb изакъснение 1ms. скорост от 3Mb и закъснение 1ms. Дефиниране на размера на опашката между възела на шлюза и приемника; Разполагане на възлите при визуализация в NAM; Създаване мониторинг на опашката; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 1; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 2; Създаване на TCP връзка за възел(източник) 3; Създаване на TCP връзка за възел(приемник) 4; Свързване на източници на трафик; Създаване на FTP приложения; Дефиниране на финална процедура; Задаване на етикети на възлите и времена за изпълнение и прекъсване на процедурите;



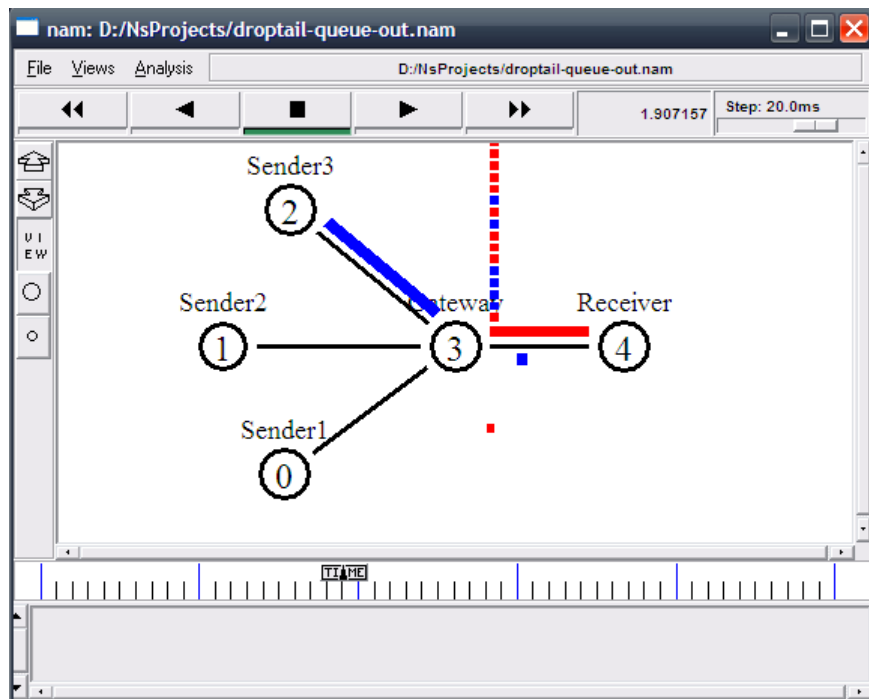
Фиг. 2 Сценарии на топология тип „Звезда”



Фиг.3 Предаване на информация от възел 0 към възел 3



Фиг.4 Предаване на информация от възел 1 към възел 3



Фиг.5 Предаване на информация от възел 2 към възел 3

На фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 5 се наблюдават потоците от данни които протичат от възлите 0(Sender1), 1(Sender2) и 2(Sender3) към възел 3(Gateway). Разгледани са трите различни случая:

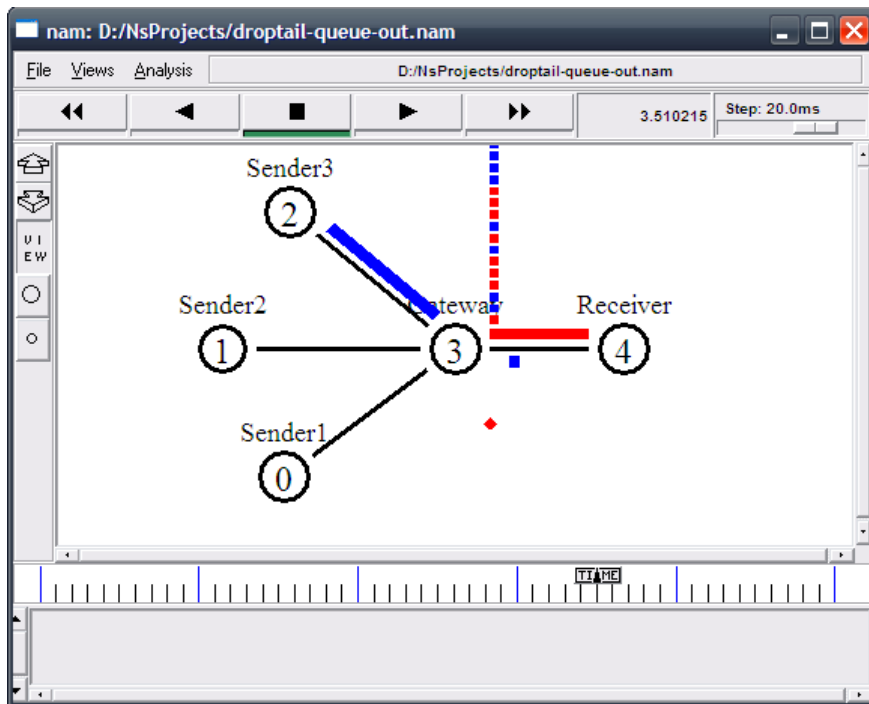
- на фиг. 3 се наблюдава постъпващия трафик от възел 0

- на фиг. 4 се наблюдава постъпващия трафик от възел 1

- на фиг.5 се наблюдава постъпващия трафик от възел 2

От информацията, която се предава последователно от трите възела към възела 3(Gateway) се формира опашка от пакети (фиг. 3 до 5), която се обработва от шлюза 3. Информацията от него се предава към възела 4(Receiver).

В случаите по горе се вижда, че информацията която се предава от някой от изпращачите към шлюза се забавя с 1ms с цел предишната получена в него да бъде предадена към получателя.



Фиг.6 Загуба на пакети от данни

В следствие на трафика, който постъпва от трите възли, шлюзът три се натоварва и не всички пакети могат да се обработят. Това води до загуба на пакети.

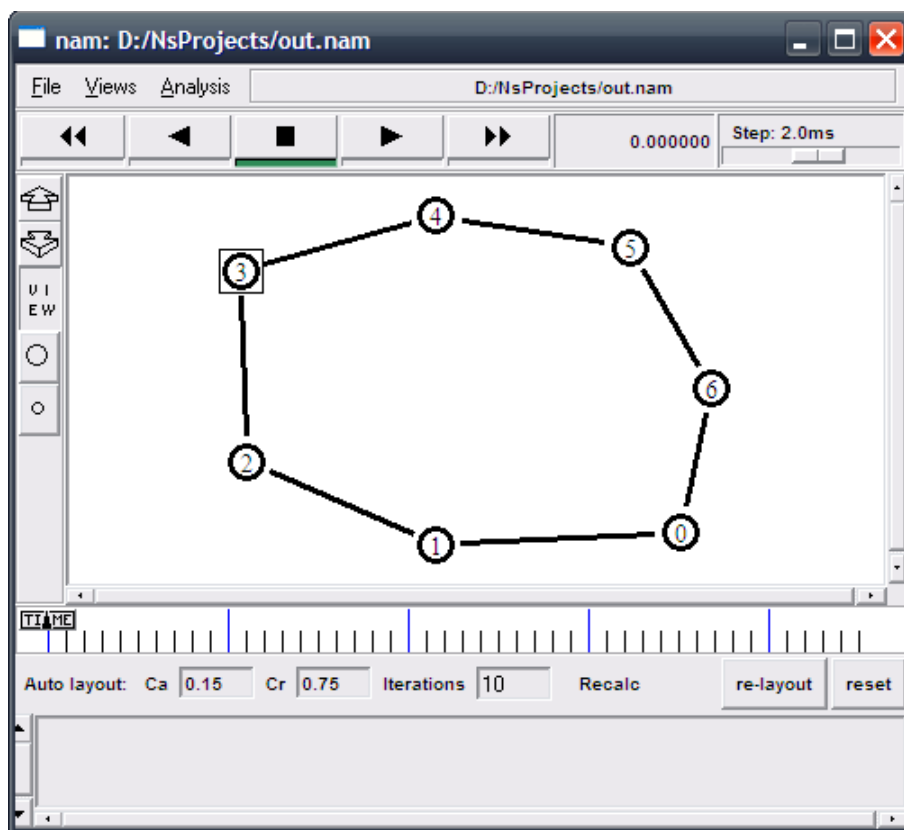
На фиг.6 се наблюдават загубите на пакети информация при предаването от възела 3(Gateway) към възела 4(Receiver).

Моделиране на “Пръстеновидна” (Кръгова) топология

В случаят се изгражда „Пръстеновидна” (Кръгова) топология със седем възела.

Сценарият е следният поток от информация протича от възел 0 към възела 3, като преминава последователно през възлите 1 и 2. Връзката която се изгражда е UDP. Задава се и CBR източник на трафик. В следствие на прекъсване на връзката между възлите 1 и 2 потокът от информация се пренасочва през възлите 6, 5 и 4. Скоростта на предаване на информацията между отделните възли е 10Mb/s, а закъснението е 10ms. В този сценарий е предвидено изследване на ситуация при прекъсване на линията при два съседни възела.

На фиг.7 е показан нагледно сценарият, който се проиграва по долу.

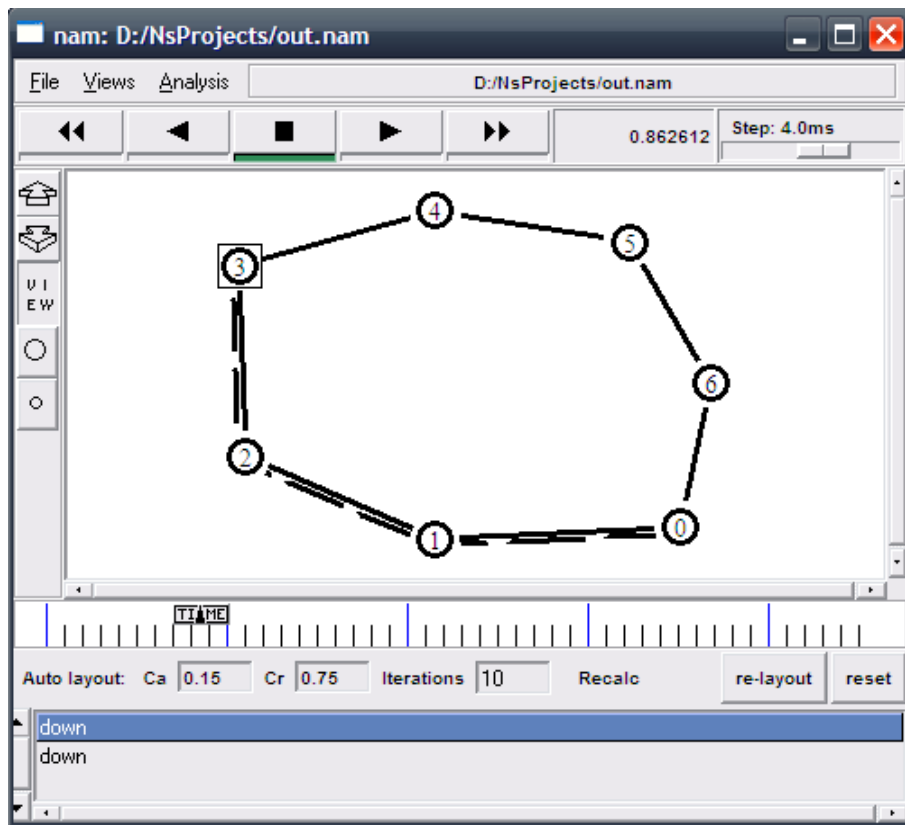


Фиг.7 Сценарии на „пръстеновидна” (кръгова) топология

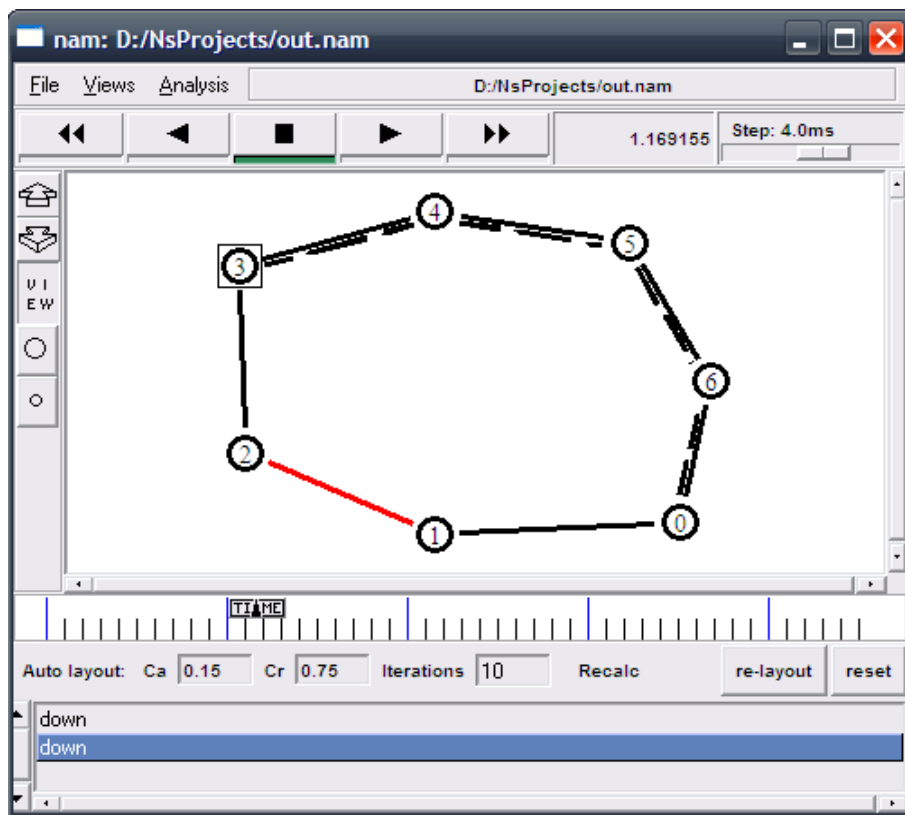
Създава се нов обект за емулацията; Задаване на симулатора да използва динамично маршрутизиране; Отварят се следящи файлове за nam; Дефиниране на финална процедура; Създаване на седем възела; Създаване на връзки между възлите; Създаване на UDP връзка за възел 0; Създаване на CBR източник на трафик; Създаване на нулев агент (traffic sink); Създаване на източник на трафик с (traffic sink); Списък със събития за CBR и динамичната мрежа; Стартиране на симулацията;

На фиг. 8 се вижда потока от информация, който протича от възел 0 към възел 3 преминавайки последователно през възлите 1 и 2. Възел 0 изпълнява ролята на източник, а възел 3 изпълнява ролята на получател на информацията. Връзката която се осъществява между източника и получателя е UDP. В горната фигура се вижда, че информационният поток преминава по най - краткият път, за да достигне до приемника максимално кратко време.

На фиг.9 се вижда прекъсване на връзката между възлите 1 и 2, а с това и на по прекия път на потока от информация, който протича от възел 0, към който е свързан UDP източника, към възел 3, който в случая играе ролята на приемник. За да могат пакетите от данни да се предадат от източника към приемника, информационният поток обръща своята посока и преминава последователно през възлите 6, 5 и 4 за да достигне до получателя си във възел 3. В следствие на тази симулация се вижда, че “Пръстеновидната” (кръговата) топология изгражда по надежден канал за връзка (чрез резервиране на трафика) от топологията тип “Звезда”. Същевременно при прекъсване на друга линия между два възела, трафикът в пръстена ще се наруши (това ще наруши и кръговата топология).



Фиг. 8 Потока от данни протичащ от възел 0 към възел 3



Фиг. 9 Потока от данни протичащ от възел 3 към възел 0 след прекъсване на връзката между възли 1 и 2

Заклучение

Телетрафичното проектиране става изключително важно за информационното общество поради голямото нарастване на изискванията на абонатите за мрежови ресурси, необходими за предоставяне на качествена и надеждна услуга. Това е сложен процес, като преди масовото въвеждане на всяка една технология, тя преминава през редица процеси на моделиране, симулация и експериментална реализация. Следователно моделирането на телетрафични процеси е интересна и актуална задача, която има значителна роля в развитието на телекомуникациите. Основният инструмент свързан с разработката е софтуерът Network Simulator 2. Това е университетска разработка на софтуер с отворен код за моделиране на телетрафични системи. Подробно са описани архитектурната форма и структурата на изходните му файлове, както и тяхната обработка със съответните програмни продукти. Тяхната цел е осигуряване на визуална интерпретация на създадената мрежова топология и извеждането на резултатите в достъпен графичен вид. Симулацията се осъществява чрез сорс код написан на NS2 (Network Simulator 2), а визуализацията на изходните данни се осъществява посредством модула NAM (Network Animator). Като пример за приложението на програмната среда NS2 са предложени, симулирани и анализирани два модела на базови топологични конфигурации: топология „звезда“ и „пръстеновидна“ (кръгова) топология. За реалистичност на разгледаните модели са въведени сценарий с различни видове трафик размер на пакетите, пропускателна способност на канала, времезакъснения и вероятност за отпадане на пакети.

В заключение могат да се направят следните по важни изводи:

- програмната среда NS2 е сравнително лесна за използване с широки възможности за проектиране на телетрафични системи;
- разгледаните симулационни модели дават възможност за изследване на различни телетрафични сценарий при различни варианти на входните параметри;
- извеждането на резултатите под формата на графове и / или различни графични зависимости дава ясна и нагледна представа за функционирането на системата и обработката на трафика във времето.

References:

- [1] Д. Радев, Т. Илиев, Г. Христов., Компютърно моделиране на телетрафични системи., Изд. РУ “Ангел Кънчев”, Русе, 2008.
- [2] Д. Радев, Телетрафично проектиране., Изд. “Колбис”, София, 2008.
- [3] Д. Радев, Теория на телетрафика., Изд. “Нови Знания”, София, 2004.
- [4] С. Мирчев, Телетрафично проектиране, издателство “Нови Знания”, София, 2002.
- [5] Хр. Христов, С. Мирчев., Телекомуникации издателство. Изд. “Нови Знания”, София, 2004.
- [6] http://ce.sharif.edu/~m_amiri/project/networksimulator1/index.htm
- [7] <http://www.item.ntnu.no/fag/ttm4150/labs/ns2win.html>
- [8] <http://www.cse.msu.edu/~wangbo1/ns2/>