

# **Українська науково-освітня мережа “УРАН”: мета, завдання, топологія, організаційна структура, перспективи розвитку**

**В.Г. Галаган, НТУУ “КПІ”,  
голова Технічного комітету асоціації користувачів “УРАН”,  
технічний директор ТОВ “Центр Європейської інтеграції”**

**М.Р. Домбругов, НТУУ “КПІ”,  
вчений секретар проекту “УРАН”,  
директор ТОВ “Центр Європейської інтеграції”**

Розвиток і використання інформаційних ресурсів в гуманітарній сфері, зокрема, в галузі освіти, науки і культури є комплексним завданням. Його реалізація неможлива без використання системи передачі інформації, якою для університетів і академічних установ України УРАН (URAN - Ukrainian Research and Academic Network).

Головне призначення мережі - забезпечення установ, організацій та фізичних осіб в сферах освіти, науки та культури України інформаційними послугами на основі Інтернет-технологій для реалізації професійних потреб і розвитку зазначених галузей. Такі послуги передбачають оперативний доступ до інформації, її обмін, розповсюдження, накопичення та обробка для проведення наукових досліджень, дистанційного навчання, використання методів телематики, функціонування електронних бібліотек, віртуальних лабораторій, проведення телеконференцій, реалізації дистанційних методів моніторингу, тощо.

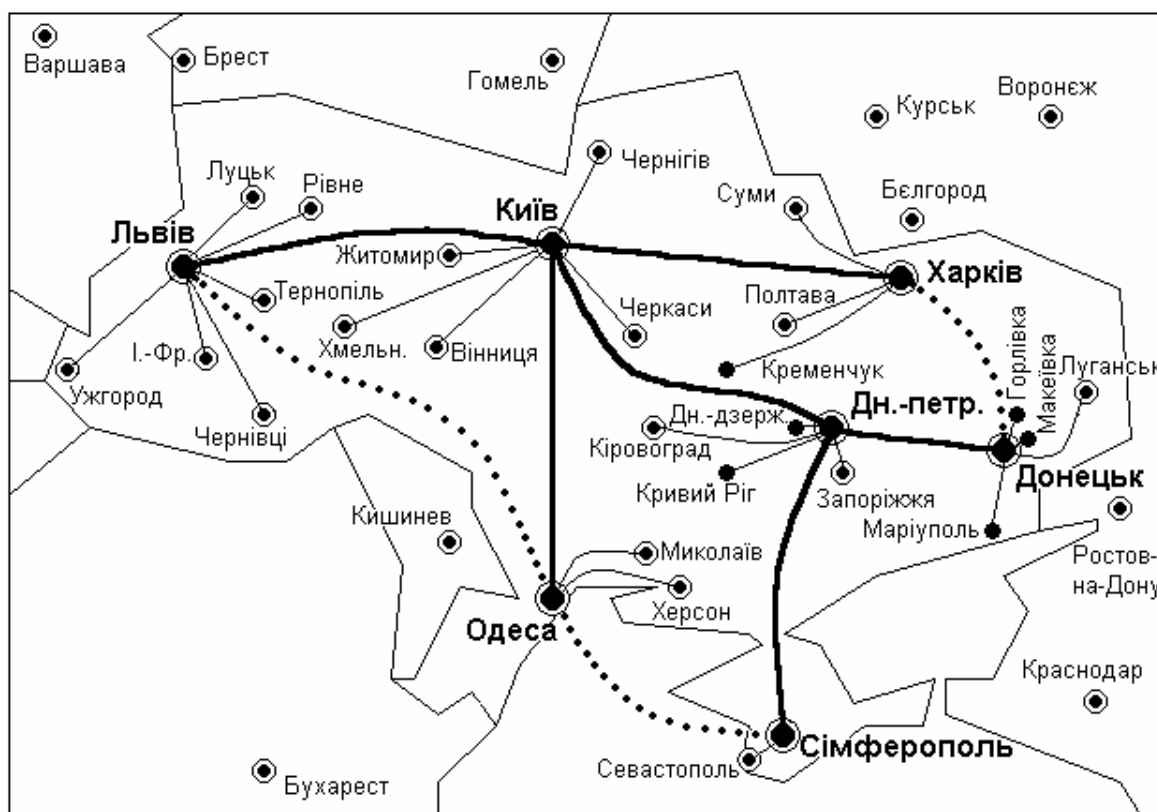
Перший проект мережі був розроблений фахівцями Міністерства освіти і Національної академії наук України у 1996 році і був поданий для розгляду Президенту України. Проект пройшов експертизу у відомствах і був затверджений колегією Міністерства освіти України. Цей проект став основою для розробки ряду Законів України щодо концепції і завдань Національної програми інформатизації України групою експертів, що були залучені Верховною Радою України. Результатом цієї роботи стало включення до програми завдання щодо створення комп'ютерної мережі закладів науки, освіти і культури України із створенням опорних вузлів у найбільших освітніх і наукових центрах України – містах Києві, Дніпропетровську, Донецьку, Харкові, Одесі, Львові. Прийняті у цьому ж пакеті законів “Завдання Національної програми інформатизації на 1998-2000 р.р.” передбачали першочерговим завданням створення інформаційної комп'ютерної мережі освіти і науки.

## **Топологія мережі «УРАН»**

Згідно з концепцією мережі «УРАН» 1998 р. вона будується за ієрархічним 4-рівневим принципом (мал.1):

- 1) Головний центр в Києві
- 2) Регіональні центри
- 3) Вузли доступу в обласних центрах та окремих містах – значних науково-освітніх центрах.
- 4) локальні мережі організацій-користувачів.

Головний центр в Києві та регіональні центри, розташовані в найбільших науково-промислових центрах України – Харкові, Дніпропетровську, Донецьку, Одесі, Львові та Сімферополі – для забезпечення найбільш зручного доступу організацій-користувачів до мережі розміщуються, зазвичай, в університетах та наукових центрах Національної Академії наук. Для Головного центру такою організацією є Міністерство освіти та науки України у м. Києві.



Мал.1. Ієрархічна структура мережі “УРАН” за проектом 1998 р.

Об’єднані каналами регіональні центри створюють бекбон мережі (на мал. 1 канали бекбону показано жирними лініями: суцільними – основні, пунктирними – резервні). Центри мають структури з повним набором мережевих сервісів і відповідний штат управління. Їхніми базовими організаціями є:

- Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”
- Міжнародний науково-навчальний центр ЮНЕСКО інформаційних технологій і систем Кібернетичного центру НАНУ, м. Київ
- Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”
- Національна гірничо академія України (м. Дніпропетровськ)
- Донецький державний технічний університет
- Одеський державний політехнічний університет
- Національний університет “Львівська політехніка”
- Таврійський національний університет ім. Вернадського (м.Сімферополь)

Регіональні центри в Києві, Харкові, Дніпропетровську, Донецьку, одесі та Львові буди створені протягом 1997-1998 рр., у Сімферополі – в 2001 р.

У складі регіональних сегментів створюються вузли доступу в обласних центрах та окремих містах – значних науково-освітніх центрах. Користувачі мережі (установи науки, освіти та культури) під'єднуються до вузла будь-якої ієрархії (найближчого у географічному плані або найбільш сприятливого з тих або інших причин – наприклад, технічних або економічних).

За 2001-2002 рр. були створені обласні вузли в Луганську (на базі Східнослов'янського національного університету ім. В.І. Даля), Сумах (на базі Сумського державного університету), Чернігові (на базі Чернігівського державного технологічного університету), Івано-Франковську (на базі Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу) та Запоріжжі (на базі Запорізького національного технічного університету)

Кампусові мережі університетів, базових центрів УРАН є основою для створення і розподіленого використання баз знань і баз даних навчального характеру, а в перспективі – створення глобальних і регіональних баз даних освітнього і наукового характеру, тобто створення українського науково-освітнього сегменту Інтернет за моделлю аналогічних мереж Заходу: DFN, В-WIN - у Німеччині, Super Janet – у Великій Британії, SURFNET – у Голландії, Renater2 – у Франції, CANET-2 – у Канаді, та ін.

### **Асоціація користувачів мережі “УРАН”**

В 1997 р. з метою сприяння інтеграції України в міжнародний інформаційний простір, розробки проектів в сфері освіти і науки з залученням ресурсів і досвіду західних партнерів, координації робіт по створенню телекомунікаційної мережі закладів освіти і науки України Президія НАН України і Колегія Міністерства освіти України постановили створити асоціацію користувачів Української науково-освітньої мережі з координуючим “Центром Європейської інтеграції” в м.Києві.

На той час в Україні функціонували три сегменти науково-освітньої мережі:

- 1) Київський міський сегмент в операційному керуванні Благодійного фонду “Міжнародний центр телекомунікацій KS-Net” ( <http://www.mct.kiev.ua> ), що діяв при підтримці, зокрема, фондів Соросу ISF та OSI, НАН України та українського фізичного товариства;
- 2) Харківський міський сегмент в операційному керуванні ТОВ «Харків ОнЛайн» ( <http://www.kharkiv.net> ), що тісно співробітничав з Харківським політехнічним інститутом.
- 3) Західно-український сегмент в операційному керуванні ДП УАРНет ( <http://www.uar.net> ) на базі Інституту фізики конденсованих середовищ НАН України (м.Львів).

В створенні загальноукраїнської інфраструктури та підключенні до неї в рамках проекту “УРАН” нових користувачів в Києві і регіонах полягало завдання Центра Європейської інтеграції (ЦЄІ), створеного в формі ТОВ і заснованого НАН України, НТУУ “Київський політехнічний інститут” і Міжнародним університетом фінансів.

Одним із завдань проекту “УРАН” було поєднання існуючих сегментів до єдиної мережі без зміни їх діючих операторів та проведення подальших робіт в напрямку спільного розвитку мережі. З метою координації цих робіт і була створена Асоціація «УРАН», до якої входять Університети і наукові установи НАН України і яка повністю регулює питання експлуатації мережі для задоволення потреб членів Асоціації. Членом



- Академія пожежної безпеки України (м.Харків);
- Запорізький національний технічний університет;
- Східнослов'янський національний університет (м.Луганськ);
- Сумський державний університет;
- Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу;
- Прикарпатський університет імені Василя Стефаника (м.Івано-Франківськ);
- Чернігівський державний технологічний університет;

тощо.

Серед користувачів мережі є:

- вищі навчальні заклади (університети, академії, інститути, коледжі) всіх форм власності;
- загально-освітні навчальні заклади (загальноосвітні школи, ліцеї, гімназії, спецшколи);
- професійно-технічні навчальні заклади (технікуми, училища);
- науково-дослідні інститути та інші установи Академії наук України;
- технопарки;
- бібліотеки;
- музеї та інші установи Міністерства культури.

Загальна кількість підключених користувачів становить близько ста установ. Тільки за 2001-2002 рр. їх кількість виросла вдвічі, а трафік, що споживається – в 10 разів.

## **Забезпечення сегменту ЦЄІ Інтернет-трафіком**

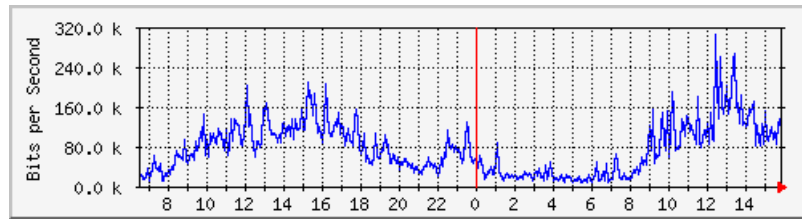
Центральний маршрутизатор УРАН розташований в будинку Міністерства освіти і науки України в так званому “провайдерському кварталі” безпосередньо поруч з ЛАЦ Київської міжміської телефонної станції, точкою обміну трафіком UA-IX та технічними майданчиками більшості провайдерів.

З'єднання з двома провайдерами (УкрСат та SkyVision-Україна), точкою обміну трафіком UA-IX виконане через Ethrtnet, що забезпечує максимальні швидкості до 10 Мбіт/с. На сьогодні ця величина значно перевищує фактичні поточні потреби сегменту мережі. Обидва канали з провайдерами є двосторонні, але як правило, канал УкрСат використовується для прийому вхідного трафіку, а канал SkyVision – для передачі вихідного і лише в моменти перебоїв сервісу на одному з каналів другий стає двонаправленим.

На мал. 3 подані типові добові та місячні статистики MRTG потоків УкрСат і SkyVision зняті 3 вересня 2002 р. о 15:55. Як з них видно, для забезпечення передачі потоку потрібен асиметричний інтернет-канал 1.5/0.3 Мбіт/с з відношенням вхідного і вихідного потоків 5:1.

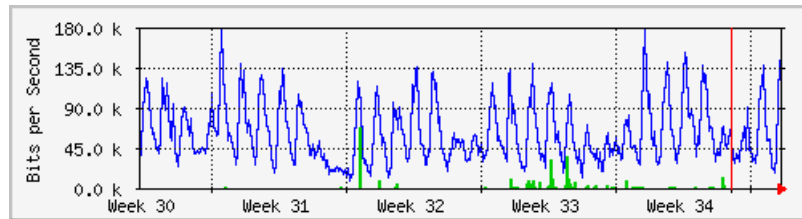
## Utilization of SkyVision external channel

### 'Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 1240 b/s    Average In: 360 b/s    Current In: 336 b/s  
 Max Out: 305 kb/s    Average Out: 78 kb/s    Current Out: 99 kb/s

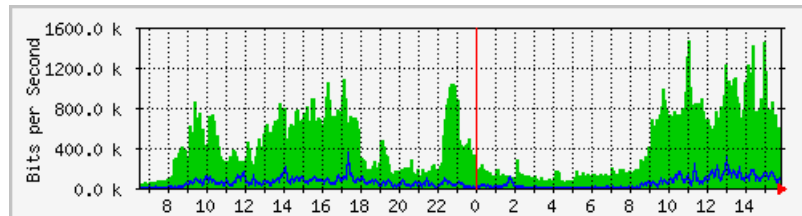
### 'Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In: 69 kb/s    Average In: 1304 b/s    Current In: 368 b/s  
 Max Out: 180 kb/s    Average Out: 63 kb/s    Current Out: 149 kb/s

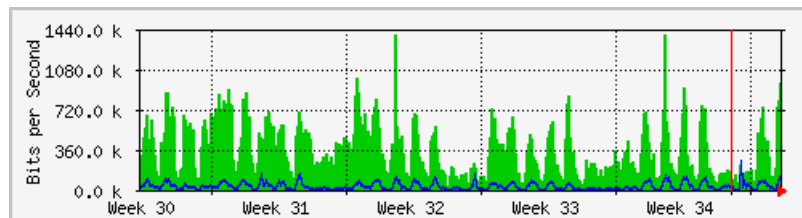
## Utilization of UkrSat + UA-IX external channel

### 'Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 1472 kb/s    Average In: 443 kb/s    Current In: 548 kb/s  
 Max Out: 355 kb/s    Average Out: 63 kb/s    Current Out: 117 kb/s

### 'Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In: 1404 kb/s    Average In: 367 kb/s    Current In: 967 kb/s  
 Max Out: 260 kb/s    Average Out: 41 kb/s    Current Out: 137 kb/s

Мал.3. Типові добові та місячні статистики MRTG потоків УкрСат і SkyVision на центральному маршрутизаторі УРАН Центра Європейської інтеграції

## Мінімальні потреби в каналах Інтернет для мережі УРАН

Для оцінки потрібної пропускної спроможності зовнішнього інтернет-трафіку мережі «УРАН» проведемо оцінку мінімальних потреб Інтернет-трафіка типовим навчальним закладом в ході навчального процесу. Зробимо прості базові припущення:

1) В навчальному закладі потрібно забезпечити кожному студенту принаймні 1 годину на тиждень роботи в Інтернет (зазвичай студенти користуються комп'ютером вдвох і працюють 2 години на практичному занятті, але це те ж саме). В тижні 5,5 робочих днів (суботу вважаємо за півдня) по 6 годин, тобто 33 навчальних години на тиждень. Таким чином, кількість користувачів, що працюють одночасно, становить  $1/33$ , тобто 3% від загального числа студентів.

2) Пересічному користувачу потрібно забезпечити для роботи трансфер  $\sim 1000$  байт/с  $\sim 10$  кбіт/с. Припустимо також, що  $1/6$  частину часу браузер отримує інформацію з Інтернет, а решту часу користувач її осмислює. Тобто при колективній роботі пропускна спроможність каналу (в порівнянні с  $10$  кбіт/с для одинокого користувача) може бути знижена ще в 6 разів.

Таким чином, потрібна для навчального процесу пропускна спроможність каналу Інтернет становить  $0.03 * (\text{число студентів}) * 10 \text{ кбіт/с} * 1/6 = (\text{число студентів}) * 50 \text{ біт/с}$ .

Наприклад, для НГУУ «КП» (30 тис. студентів) це становить  $30000 * 50 \text{ біт/с} = 1.5 \text{ Мбіт/с}$ , а для всіх вищих навчальних закладів України (1,2 млн студентів) – відповідно  $60 \text{ Мбіт/с}$ .

Якщо прийняти до уваги також наукові установи, то цю цифру, мабуть, треба подвоїти. Порівнюючи її з вхідним потоком маршрутизатора УРАН ми бачимо, що потреби в Інтернеті для науково-освітніх організацій завдоволені ледь на 1%! Звичайно, це груба оцінка, але вона може і повинна використовуватися для розробки перспективних планів розвитку мережевої інфраструктури.

Таким чином, можна зробити висновок, що для забезпечення якісно нового рівня доступу і швидкості розподілу інформаційних ресурсів, широкого доступу до національних, регіональних і зарубіжних баз комп'ютерних даних, знань, каталогів і бібліотек, необхідно перейти до наступної фази реалізації проекту УРАН – організації високошвидкісного підключення до Європейських науково-освітніх мереж TEN-155 та GEANT на швидкості  $155 \text{ Мбіт/с}$ .

## Фінансування мережі

Поточна діяльність мережі УРАН є госпрозрахунковою. Державне фінансування і міжнародні гранти використовуються для розвитку інфраструктури:

- 1) Грант НАТО NIG # 971779 (150 тис. доларів, 1999 р.). Отриманий на обладнання 5 регіональних центрів у Києві, Одесі, Дніпропетровську, Харкові, Львові. Витрачений на обладнання регіональних центрів, підтримку зовнішнього каналу, встановлення супутникового каналу.
- 2) Державне фінансування в рамках Національної програми інформатизації на 2000 р. (300 тис. грн)
- 3) Грант НАТО NIG # 975961 (100 тис. доларів, 2000 р.). Отриманий і витрачений на розвиток інфраструктури УРАН, розширення УРАН, створення центру у Донецьку, нарощування потужності центрального вузла, підтримка зовнішніх каналів.

- 4) Грант на розвиток інфраструктури, у тому числі, на підтримку кінцевих користувачів від фірми Cisco System у формі поставок обладнання (250 тис. доларів, 2000 р.). Користувачі, які підключаються в 2000 році Користувачі, які підключалися в 2000-2001 рр. одержували безкоштовно в користування маршрутизатор Cisco 25xx, або синхронний модем .
- 5) Державне фінансування в рамках Національної програми інформатизації на 2001 р. (200 тис. грн)
- 6) Грант НАТО NIG # 978164 (два транши по 75 тис. доларів кожний, 2002. Другий транш за умови одержання Державного гранту у 2002 році). Призначений на створення регіонального центру у Сімферополі та п'яти нових вузлів у Чернігові, Луганську, Сумах, Запоріжжі, Івано-Франківську. Другий транш – на розширення магістральних каналів між вузлами, забезпечення обладнанням для підключення університетів до УРАН в регіонах.

## Принципи тарифікації трафіку Центром Європейської Інтеграції

Деякі Інтернет-провайдери тарифікують лише вхідний трафік клієнта і не тарифікують вихідний, але при цьому вимагають, щоб він не перевищував 50%, 40% або навіть 25% вхідного. При цьому механізм ціноутворення використовується такий, щоб ціна вихідного трафіка з запасом покривалася ціною вхідного трафіку.

Але, зважаючи на те, що собівартість вихідного трафіку значно вища за вхідний, при цьому створюється парадоксальна ситуація, коли користувач фактично споживає один товар, а сплачує - за інший! Особливо це стосується випадків, коли користувач для виправлення асиметрії Інтернет-каналу встановлює в себе приймальну супутникову антену, а наземний канал використовує переважно для передачі вихідного трафіку. Використання при цьому схеми “тарифікація лише вхідного” означає, що при ціноутворенні провайдер або закладає занадто високу норму прибутку для основної маси клієнтів, або ж покриває за її рахунок збитки, що він має від такого клієнту з “чужою” супутниковою антеною.

Тому з 2002 року ЦЄІ запровадив тарифну схему, яка передбачає нарахування абонентської плати користувачам в залежності від їх повного – вхідного і вихідного – трафіку. Крім того, при розрахунку сплати за послуги розрізняються послуги, надані в денний (з 9:00 до 21:00 – 12 годин за добу) та нічний (з 21:00 до 9:00 – також 12 годин за добу) час.

На основі числа прийнятих або переданих за місяць мегабайт інформації  $V^{вх-Д}$ ,  $V^{вих-Д}$ ,  $V^{вх-Н}$ ,  $V^{вих-Н}$ , де індекси  $вх-Д$ ,  $вих-Д$ ,  $вх-Н$ ,  $вих-Н$  відносяться відповідно до вхідного денного, вихідного денного, вхідного нічного та вихідного нічного трафіків, в кінці кожного місяця визначається зведений трафік Абонента  $V$  за методикою:

$$V = V^{вх-Д} + 1.5 V^{вих-Д} + 0.5 V^{вх-Н} + 1.5 V^{вих-Н}$$

Формула для визначення зведеного трафіку вказує на те, що ціна вихідного трафіку в 1.5 раза вища за вхідний, а нічного – вдвічі нижча за денний.

Фактично, при співвідношенні споживання трафіку вхідний/вихідний 5:1 і денний/нічний 4:1, що є характерним для типового користувача мережі “УРАН”, зведений трафік є тотожним до повного двостороннього:



	Трафік споживача, МБ				всього
	денний		нічний		
	вхідний	вихідний	вхідний	вихідний	
Фактичний	1000	200	250	50	1000+200+250+50=1500
Зведений	1000	200*1.5= =300	250*0.5= =125	50*1.5= =75	1000+300+125+75=1500

Введення коефіцієнтів при вихідному та нічному трафіках дозволяє як враховувати різницю в ціні за вихідний трафік у випадку використання користувачем додаткового одностороннього супутникового приймального каналу для виправлення асиметрії наземного каналу, так і стимулювати клієнтів користуватися Інтернетом вночі, в період недозавантаження каналів, наприклад для отримання з Інтернету великих файлів.

Зважаючи на вищезгадані міркування, Центр Європейської інтеграції встановлює з 2002 р. такі умови надання доступу до Інтернет в Києві ( див. <http://www.uran.net.ua>)

- Підключення абонентів проводиться виключно через виділені лінії зв'язку (синхронні або асинхронні). Послуги по комутованим лініям зв'язку не надаються.
- Місячна абонентська плата залежить від типу фізичного підключення. Абонент вносить її згідно з обраним тарифним планом на початку кожного місяця.

Тип фізичного підключення і смуга	Тарифний план	Абонований зведений трафік, МБ за місяць	Місячна абонентська плата
асинхронне, 19,2 – 115,2 кбіт/с	<b>A-1</b>	<b>1 000</b>	<b>460 грн</b>
	<b>A-2</b>	<b>2 000</b>	<b>680 грн</b>
	<b>A-4</b>	<b>4 000</b>	<b>1120 грн</b>
	<b>A-6</b>	<b>6 000</b>	<b>1560 грн</b>
	<b>A-12</b>	<b>12 000</b>	<b>2880 грн</b>
синхронне, 64 – 1024 кбіт/с	<b>C-1.5</b>	<b>1 500</b>	<b>750 грн</b>
	<b>C-3</b>	<b>3 000</b>	<b>1080 грн</b>
	<b>C-5</b>	<b>5 000</b>	<b>1520 грн</b>
	<b>C-10</b>	<b>10 000</b>	<b>2620 грн</b>
	<b>C-20</b>	<b>20 000</b>	<b>4820 грн</b>

- Абонент має можливість замовити більший, ніж обумовлений тарифним планом, абонований зведений трафік, попередивши про це Оператора письмово не менш, ніж за 1 місяць до початку надання послуги. При цьому абонентська плата буде збільшена за пільговим тарифом з розрахунку **0,22 грн / МБ** зведеного трафіку.
- На основі числа прийнятих і переданих за місяць мегабайт інформації визначається зведений трафік Абонента.
- Якщо реальний зведений трафік за поточний місяць не перевищує абонованого, додаткові розрахунки не потребуються. В протилежному випадку Абонент по

закінченню місяця вносить додатково плату за перевищення трафіку з розрахунку **0,29 грн / МБ** зведеного трафіку.

- Місячна абонентська плата та ціна за перевищення трафіку встановлені при умові, що курс НБУ долара США до гривні на дату розрахунків знаходиться в межах 5,20 – 5,40 грн/долар. В протилежному випадку ціни можуть бути переглянуті.
- Всі ціни надані без урахування ПДВ.

## Перспективи розвитку мережі УРАН

Ключовою проблемою розвитку мережі УРАН є розширення смуг каналів її бекбону до 8 Мбіт/с (див. мал. 1) та її підключення до пан-європейського проекту GEANT.

GEANT – це шосте покоління панєвропейської наукової телекомунікаційної інфраструктури. Побудована за новітньою DWDM що дозволяє обробляти потоки до 10 Гбіт/с GEANT є одною з найсучасніших мереж у світі, пропускна спроможність якої в 20 разів вища за її попередника, TEN-155. Власне мережа побудована DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe Limited) як консорціум 27 національних науково-освітніх мереж країн Європи і частково фінансується Європейською Комісією в рамках спеціальної програми. GEANT збільшило покриття свого попередника, TEN-155, за рахунок під’єднання Хорватії, Естонії, Латвії, Лдितви, Румунії та Словачії. На найближчій черзі - Мальта. Бекбон мереж GEANT поєднує більш ніж 3000 наукових та освітніх установ в 31 країні Європи.

Сьогодні Технічний комітет Асоціації УРАН почав проробляти проект такого підключення. Проробляються варіанти наземних каналів 34 або 155 Мбіт/с на Німеччину транзитом через Польщу та на Угорщину і супутникового каналу з точкою підйому в Києві та точкою спуску в одній з семи країн, де пропускна смуга бекбону GEANT досягає 10 Гбіт/с: Швеції, Великій Британії, Франції, Німеччині, Швейцарії, Австрії або Італії.

Реалізація проекту розширення мережі забезпечить:

- Надійне з’єднання у єдиний інформаційний простір закладів науки і освіти, можливість обміну електронними даними з виходом до Інтернет.
- Широкий доступ до Інтернет-технологій користувачів викладачів вищих навчальних закладів, наукових співробітників, вчителів, студентів, учнів, і ін.
- Надання доступу як до спеціалізованих інформаційних ресурсів сфери науки, освіти та культури, так і міжкорпоративних інформаційних національних і світових ресурсів.
- Використання новітніх комп’ютерних та мережевих технологій в навчальному процесі як складових підготовки сучасних фахівців із вищою освітою.
- Створення інформаційних ресурсів для запровадження сучасної системи менеджменту сфер освіти, науки і культури.