

# Всесвітні інтернет-провайдери в українській мережі обміну трафіком: виклики та можливості

© Зубок В.Ю.

ТОВ "Інформаційний центр "Електронні вісті", Київ, Україна

[vit@visti.net](mailto:vit@visti.net)

## Анотація

Точки обміну інтернет-трафіку, так звані IXP, виконують важливу роль в топології Інтернету. Українська мережа обміну трафіком UA-IX в одному серед класичних IXP заснована в 2001 р. Наприкінці 2016 року, один з Tier I інтернет-провайдерів - Hurricane Electric (HE) - підписав контракт для приєднання UA-IX і дотримання політики відкритих мережі пірінга. Сегмент представлений HE набагато ширше, ніж UA-IX і в результаті очікується, що обидві таблиці маршрутизації в UA-IX (в тому числі і кількість маршрутів, префіксів) і обсяг трафіку різко збільшаться через "перенесення" значної частини Інтернету із "закордону" на "внутрішній".

Дійсно, після приєднання до HE кількість префіксів та маршрутів збільшилася в 3 рази, префіксні джерела (автономні системи) – в 2,5 рази. Середній шлях знизився з 5.25 до 4.17. Діаметр мережі залишився 5.

Однак, незважаючи на значні топологічні зміни UA-IX за рахунок приєднання всесвітнього інтернет-провайдера, не спостерігалось значного перерозподілу трафіку на нові напрямки. В основному це відбулося через специфічну географію нових мереж, що беруть участь в обміні трафіком.

Дослідження моделей Інтернет-сегментів, що базуються на глобальних таблицях маршрутизації, дозволяє відстежувати зміни в топології, пояснити і спрогнозувати їх вплив на обсяги і напрямки трафіку, і на підставі цього дати рекомендації для досягнення кращого підключення до глобальної мережі.

**Ключові слова:** Інтернет топологія, складні мережі.

## 1 Вступ

Перші мережі обміну трафіком — «network access points» — з'явилися в ARPANET ще до того, як термін Інтернет набув популярності. Ідея їхнього заснування — додержуватися чітко визначених процедур підключення та правил взаємодії між мережами учасників. Сьогодні в Європі функціонує багато мереж обміну трафіком. Вони мають різну кількість учасників та обсяги трафіка, різні процедури підключення, а головне — різну політику маршрутизації та взаємодії між учасниками. Але кожна з них має свій вплив на топологію зв'язків між автономними системами в Інтернеті.

У топології сучасного Інтернету мережі обміну трафіком чи біржі трафіка (Internet Exchange Points, IXPs) відіграють дуже важливу роль. Однією з «класичних» мереж обміну трафіком є Українська мережа обміну трафіком (UA-IX), заснована в 2001 році. Наприкінці 2000 років вона перестала бути монопольною мережею обміну трафіком, коли з'явилась мережа DTEL-IX, а згодом – мережа GigaNet, огляд яких було опубліковано в [1].

## 2 Основна частина

Станом на квітень 2013 р. в UA-IX приймали участь 132 прями учасники, що безпосередньо підключені до цієї мережі. Вони обмінювались через UA-IX анонсували маршрути до майже 7000 мереж (чи «мережових префіксів»), які походять від 1984 вузлів — автономних систем, що з'єднані 2240 безпосередніми зв'язками.

Станом на жовтень 2016 року параметри UA-IX суттєво змінились. Так, кількість учасників зросла до 197, з'явилися деякі досить великі учасники, такі як Google, Akamai, Яндекс та Mail.ru. В табл.1 наведені характеристики моделі UA-IX, побудованої за даними таблиць маршрутизації. Показане порівняння характеристик 2013 та 2016 року (до включення Hurricane Electric). Тепер мережа менш схожа на «тісний світ» [2].

Таблиця 1. Характеристики моделі UA-IX в 2013 та 2016 роках.

№	Назва параметра	2013	2016
1	Кількість прямих учасників	132	172
2	Кількість префіксів	6867	17926
3	Кількість AS, що є джерелами анонсів	1984	3469
4	Загальна кількість AS, що зустрічаються в шляхах	n/a	3535
5	Діаметр мережі	9	9
6	Кількість тупикових вузлів	1677	2689
7	Кількість транзитних вузлів	307	845
8	Середній коротший шлях	4,05	5,25
9	Глобальна ефективність	0,264	0,207
10	Транзитивність	0,039	0,018

В UA-IX базовою і обов'язковою політикою маршрутизації є так званий «відкритий пірінг», тобто обов'язкова передача всіх маршрутів на центральний вузол і отримання всіх маршрутів інших учасників.

В листопаді 2016 року до мережі UA-IX приєднався міжнародний оператор Hurricane Electric, ідентифікатор AS 6939. Цей оператор за багатьма даними (довжина власних мереж, кількість підключених мереж, обсяги трафіку) належить до провайдерів першого рівня (Tier 1 providers). За опублікованими відкритими даними проекту Center for Applied Internet Data Analysis (CAIDA), він безпосередньо взаємодіє з приблизно 5000 автономними системами [3]. Інші учасники UA-IX з напруженням очікували початку взаємодії з Hurricane Electric. Повна кількість префіксів, якими оперує цей провайдер, достатньо невідома, бо в різних мережах обміну трафіком він анонсує різні множини префіксів.

І ось підключення відбулось. Hurricane Electric анонсував в мережу UA-IX 39540 префіксів, збільшивши їхню загальну кількість до понад 57000, тобто більш ніж втричі. За даними таблиці маршрутизації побудовано модель сегменту мережі, що приєдналась до UA-IX. Її характеристики наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики сегменту Інтернет, що приєднався до UA-IX після підключення Hurricane Electric.

№	Назва параметра	Значення
1	Кількість прямих учасників, підключених до Н.Е.	1028
2	Кількість префіксів	39540
3	Кількість AS, що є джерелами анонсів	5172
4	Загальна кількість AS, що зустрічаються в шляхах	5255
5	Діаметр мережі	9
6	Кількість тупикових вузлів	4213
7	Кількість транзитних вузлів	1043
8	Середній коротший шлях	4,17
9	Глобальна ефективність	0,259
10	Транзитивність	0,021

Отже, цей сегмент подібний з характеристиками до UA-IX, але дещо щільніший, що відображується більшою транзитивністю (середній показник коефіцієнта кластеризації по мережі) та меншим середнім шляхом. Співвідношення транзитних та тупикових AS є приблизно однаковим. На рис. 1 показано ядро мережі Hurricane Electric. На рис. 2 та рис. 3 показана різниця, як виглядало ядро (група вузлів з найбільшою кількістю зв'язків) мережі UA-IX до та після приєднання Hurricane Electric, що було побудовано за даними таблиці маршрутизації.

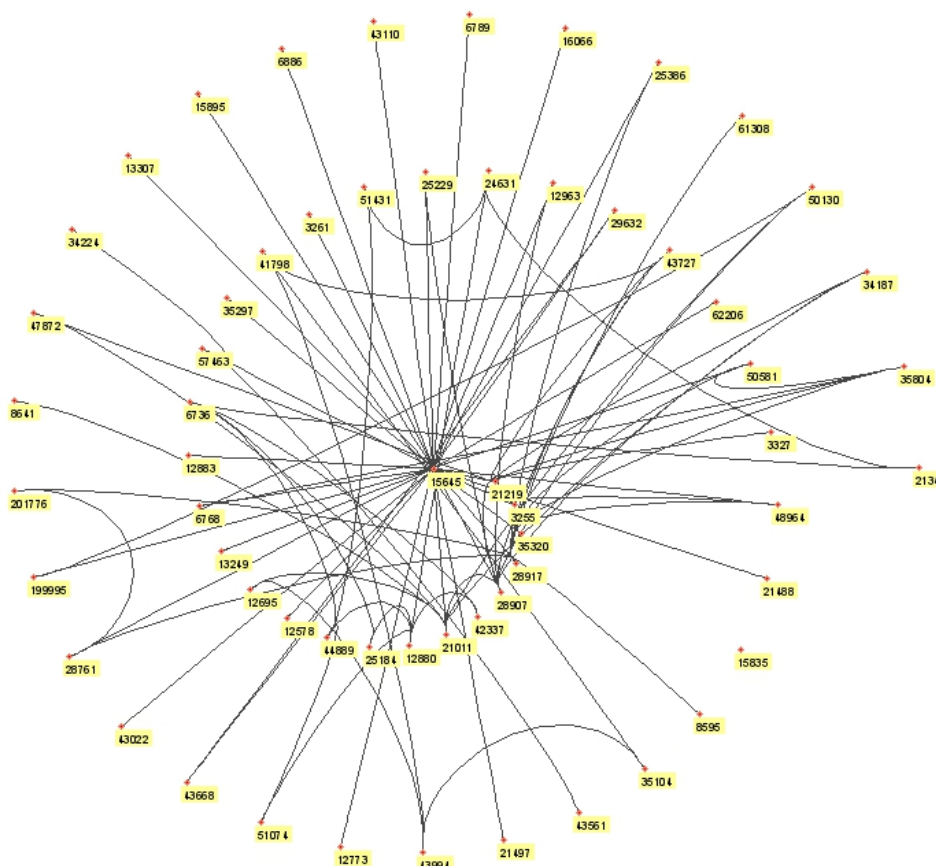


Рис. 1. Ядро мережі Hurricane Electric



Отже, мережа UA-IX відтепер наче охоплює втричі більшу кількість вузлів. Протягом тижня велись спостереження за навантаженням трафіком підключення Hurricane Electric в UA-IX. Було з'ясовано, що середньодобовий вхідний та вихідний трафік не перевищують 3 Гбіт/с (рис. 4). Цей обсяг є дуже незначним порівняно з відомими українськими Інтернет-провайдерами. Наприклад, Датагруп (AS 21219) надсилає всього 928 префіксів, що походять від 344 автономних систем, продукує в декілька разів більше трафіку (рис. 5).

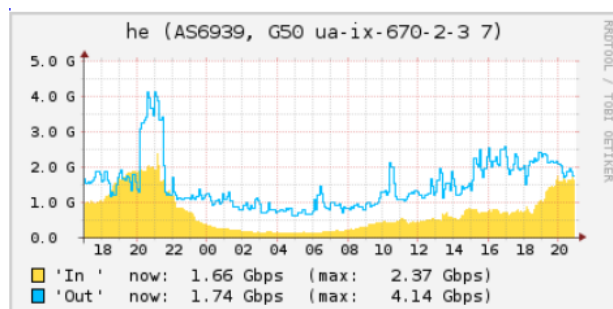


Рис. 4. Денний графік трафіку від Hurricane Electric

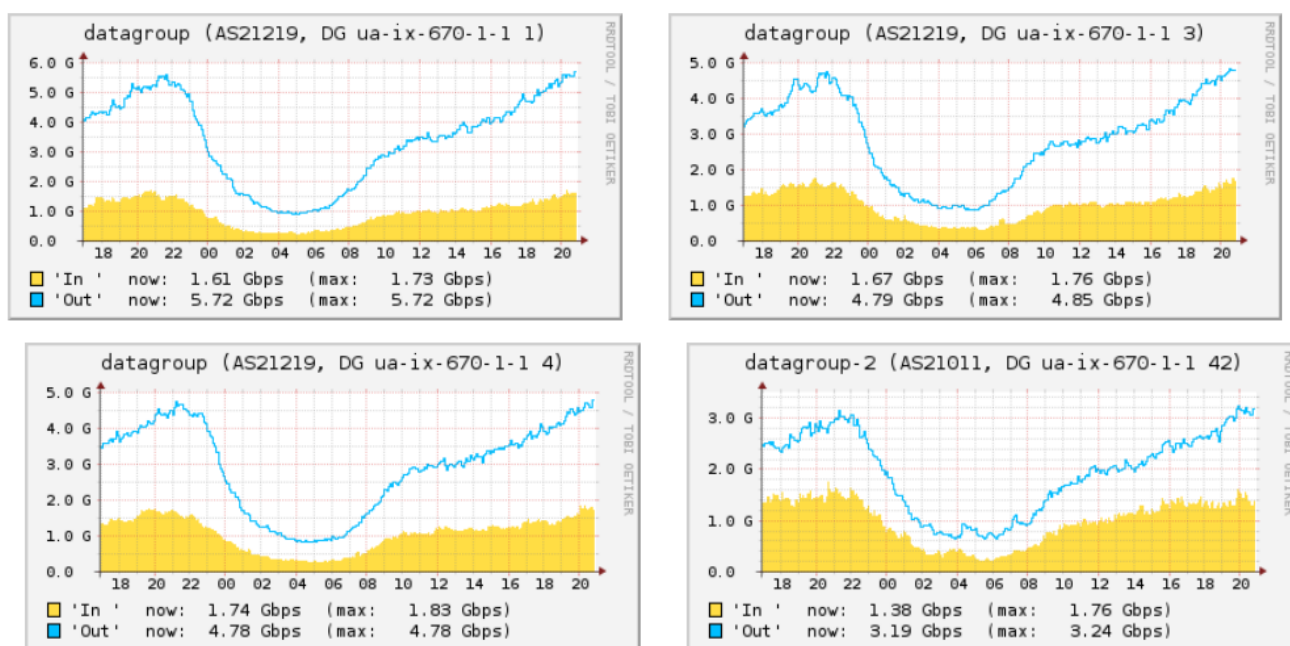


Рис. 5. Денний графік трафіку від Датагруп

Це нашоухує на необхідність аналізу структури сегменту мережі, що підключений за Hurricane Electric, а також прогнозам використання цього підключення для певних категорій Інтернет-споживачів.

Проаналізуємо склад ядра мережі Hurricane Electric. Він наведений в табл.3.

Таблиця 3. Опис основних мереж, що анонсуються в Hurricane Electric

№	Номер AS	Назва, країна та основний регіон обслуговування	Кількість зв'язків	Кількість префіксів
1	6939	Hurricane Electric (Північна Америка, Південно-східна Азія, Австралія)	1029	39540 транзит, 147 власні
2	46887	Lighttower (Північна Америка)	407	1126 транзит, 211 власні
3	4826	Vocus Connect Intl (Австралія)	273	4305 транзит, 102 власні
4	2764	AAPT Limited (Австралія, Нова Зеландія)	174	1939 транзит, 351 власні
5	26554	US Signal Company (Північна Америка)	84	414 транзит, 38 власні
6	7470	TrueInternet (Таїланд, Півд-Сх. Азія)	75	667 транзит, 299 власні

Перша п'ятірка за кількістю транзитних префіксів є також першою п'ятіркою за кількістю зв'язків з іншими автономними системами. Отже, це досить великі регіональні хаби. Але вони обслуговують специфічні регіони: Північну Америку, Південний Схід, Австралію та Нову Зеландію.

Вони, крім взаємодії з Hurricane Electric, є учасниками інших мереж обміну трафіком, зокрема європейських. Тому, попри анонси їхніх префіксів в UA-IX, коротші маршрути досить часто пролягають не через UA-IX, а через DE-CIX та AMS-IX.

Нарешті, можна продемонструвати як змінилися характеристики мережі UA-IX після підключення настільки великого, але дуже специфічного учасника (табл. 4).

Таблиця 4. Характеристики мережі UA-IX після підключення Hurricane Electric.

№	Назва параметра	До	Після
1	Кількість прямих учасників	172	173
2	Кількість префіксів	17926	57466
3	Кількість AS, що є джерелами анонсів	3469	8641
4	Загальна кількість AS, що зустрічаються в шляхах	3535	8790
5	Діаметр мережі	9	9
6	Кількість тупикових вузлів	2689	6837
7	Кількість транзитних вузлів	845	1953
8	Середній короткий шлях	5,25	5,05
9	Глобальна ефективність	0,207	0,21
10	Транзитивність	0,018	0,02

### 3 Висновки

Попри значні топологічні зміни, спричинені в UA-IX приєднанням великого міжнародного Інтернет-провайдера, суттєвого перерозподілу трафіку на нові напрямки не спостерігається через географічну специфіку мереж, які приймають участь в обміні трафіком.

Дослідження моделей сегментів Інтернету, побудованих на основі глобальних таблиць маршрутизації, дозволяє спостерігати зміни топології, пояснювати та прогнозувати їхній вплив на обсяги і напрямки трафіку, і на цій базі розробляти рекомендації з побудови глобальної міжмережевої взаємодії.

### Література

1. Зубок В.Ю. Порівняння топології зв'язків в нових мережах обміну Інтернет-трафіком України / Информационные технологии и безопасность: оценка состояния : материалы междунар. науч. конф. ИТБ-2013. - К.: ИПРИ НАН Украины, 2013. – Вып. 13. – С. 70-77.
2. Ландэ Д.В., Зубок В.Ю., Фурашев В.Н. Параметры украинского сегмента Интернет как сложной сети / Открытые информационные и компьютерные технологии : Сб. науч. трудов. – 2008.- № 40. – С.235-242.
3. AS Rank: AS Relationship Table [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://as-rank.caida.org/?mode0=as-info&mode1=as-table&as=6939> . – Назва з екрану.

## Worldwide Internet Service Providers in Ukrainian Internet Exchange: Threats and Opportunities

© Vitalii Y. Zubok

EIVisti Information Center Ukraine, Kyiv, Ukraine

[vit@visti.net](mailto:vit@visti.net)

### Abstract

The Internet traffic exchange points, also often called IXPs, play important role in the Internet topology. Ukrainian traffic exchange network UA-IX is one among classic IXPs founded in 2001. On the end of 2016, one of Tier I ISPs – Hurricane Electric (HE) – signed contract to join UA-IX and obey open network peering policy. The segment which can be represented by HE is much wider than UA-IX and in result it was expected that both routing tables in UA-IX (including number of routes, prefixes) and volume of traffic increase dramatically because of “transferring” of significant part of the Internet from “abroad” to “domestic”.

Indeed, after joining HE number of prefixes and routes increased in 3 times, prefix sources (autonomous systems) in 2.5 times. Average path decreased from 5.25 to 4.17. Network diameter retained 5.

However, despite major topological changes of UA-IX due to joining of worldwide ISP, a significant redistribution of traffic to new destinations was not observed. Mainly it happened because of the specific geographics of new networks participating in the traffic exchange.

Researching Internet segments models based on the global routing tables allows to monitor changes in topology, explain and predict their impact on volumes and directions of traffic, and on this basis to provide recommendations to achieve better global connectivity.

**Keywords:** Internet topology, complex networks.