

УДК 621.391

Недашковский А.Л., д.т.н.; Тарануха Д.А.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ УСЛУГ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Nedashkivskiy O.L., Taranukha D.A. Assessment of the status of the provision of multiservice services in the Internet. A brief historical overview of particularly significant events in the history of the development of the Internet is given. Analyzed the status of the provision of Internet services in Ukraine and the world. A scheme for constructing a global Internet and a generalized “end-to-end” scheme of user Internet access services and resources are proposed. An estimate of the minimum sufficient speed of Internet access has been made. The formulas for calculating the maximum capacity required between the levels of the hierarchy, taking into account the coefficients of aggression, are proposed.

It was concluded that with the growth in the number of Internet users, and even more so with its qualitative transition from the “Network of People” to the “Network of Things”, there is a tendency to “approach” content sources and data processing systems from upper levels closer to the access area that is, consumers of content. At the same time, the content zone itself “dissolves” in the backbone zone of IP transport; access zone and even a zone of content consumers, as part of the Internet traffic of things can and should be closed within the subscriber’s local network.

Keywords: Internet, access network, quality indicator, accessibility indicator, access speed.

Недашківський О.Л., Тарануха Д.А. Оцінка стану надання мультисервісних послуг в мережі Інтернет. Наведено короткий історичний огляд особливо значущих віх в історії розвитку мережі Інтернет. Проаналізовано стан надання послуг Інтернет в Україні та світі. Запропонована схема побудови глобальної мережі Інтернет та узагальнена схема «з кінця в кінець» доступу користувачів до Інтернет послуг та ресурсів. Проведена оцінка мінімальної достатньої швидкості доступу до Інтернет. Наведені формули розрахунку максимально необхідної пропускної спроможності між рівнями ієрархії з врахуванням коефіцієнтів тяготіння.

Ключові слова: Інтернет, мережа доступу, показник якості, показник доступності, швидкість доступу.

Недашковский А.Л., Тарануха Д.А. Оценка состояния предоставления мультисервисных услуг в сети Интернет. Приведен краткий исторический обзор особо значимых событий в истории развития сети Интернет. Проанализировано состояние предоставления услуг Интернет в Украине и мире. Предложена схема построения глобальной сети Интернет и обобщенная схема «из конца в конец» доступа пользователя к Интернет услугам и ресурсам. Произведена оценка минимальной достаточной скорости доступа в Интернет. Предложены формулы расчета максимально необходимой пропускной способности между уровнями иерархии с учетом коэффициентов тяготения.

Ключевые слова: Интернет, сеть доступа, показатель качества, показатель доступности, скорость доступа.

Вступительная часть

В 1967 году возник план построения сети ARPANET, основная задача которой заключалась в обеспечении взаимодействия в режиме реального времени компьютеров различных научных центров и исследовательских групп, работающих на министерство обороны США.

Разработка сети основывалась на идеях сетевой концепции «Галактической сети» («Galactic Network Джозефа Ликлайдера (J. Licklider (1962))»), как глобальной сети взаимосвязанных компьютеров, с помощью которой каждый сможет быстро получать доступ к данным и программам, расположенным на любом компьютере, а так же с использованием метода коммутации пакетов Пола Берена (Paul Baran (1962)) для передачи информации по сетям электросвязи [1].

С октября 1972 года из технологии для военных сеть все больше и больше превращалась в телекоммуникационную сеть для ученых, когда Роберт Канн (Robert Kahn) высказал идею открытой сетевой архитектуры, для которой отдельные сети могут проектироваться и разрабатываться независимо, со своими уникальными интерфейсами, предоставляемыми пользователям и/или другим поставщикам сетевых услуг с особыми требованиями. А так как протокол межкомпьютерного взаимодействия и управления сетью (Network Control Protocol, NCP) установленный в 1971 - 1972 годах на узлах ARPANET не отвечал требованиям открытых систем, Кан вместе с Винтон Серф (Vinton Cerf) разработали новый протокол, который впоследствии был назван Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). Этот протокол получил распространение во многих сетях и позволил осуществлять объединение различных сетей, которое сегодня называются сетью Интернет.

И наконец, в 1989 году Тим Бернерс-Ли предложил глобальный гипертекстовый проект, теперь известный как «Всемирная паутина». Для осуществления проекта Тимом Бернерсом-Ли (совместно с его помощниками) были изобретены идентификаторы URI, протокол HTTP и язык HTML. Эта технология, без которой невозможно представить современный Интернет.

1. Укрупненные показатели качества предоставления услуг Интернет

В 1995 году начался настоящий бум Интернет, превративший Сеть в самое динамичное и доступное средство массовой коммуникации, которое сегодня уже насчитывает во всем мире 3,36 миллиардов пользователей.

Интернет с научной точки зрения – это классическая открытая телекоммуникационная система, которая по определению поддерживает любое оборудование, любого провайдера, любого пользователя и данных любой природы, которые поддерживаются общепринятыми международными стандартами.

Сервисами на базе сети Интернет считаются услуги, которые предоставляются конечному приложению пользователя (клиента). Качество услуг сети Интернет можно в первом приближении оценить по укрупненным глобальным критериями.

Показатель доступности формируется исходя из потенциального (зона покрытия) и реального (число пользователей) проникновения. Удельный показатель доступности по площади зоны покрытия в процентах будет:

$$Z_1 = \frac{S_i}{S_\Sigma} \cdot 100\% \quad \square \quad (1)$$

где: S_i - площадь территории i -той страны, в пределах которой существует техническая возможность подключения к Интернет;

S_Σ - общая площадь территории i -той страны.

Удельный показатель доступности по населению зоны покрытия, выраженной в процентах, будет:

$$Z_2 = \frac{P_i}{P_\Sigma} \cdot 100\% \quad \square \quad (2)$$

где: P_i - число населения i -той страны, в пределах которой существует техническая возможность подключения к Интернет;

P_Σ - общая численность населения i -той страны.

Для удельного показателя проникновения сети Интернет имеем:

$$Y = \frac{N_i}{P_\Sigma} \cdot 100\% \quad \square \quad (3)$$

где: N_i - число абонентов или пользователей сети Интернет i -той страны;

P_{Σ} - общая численность населения i -той страны.

По состоянию на начало 2017 года по данным Государственной службы статистики Украины [2] объем доходов от предоставления доступа к сети Интернет и мобильной связи составил почти 70% от всех доходов по предоставлению услуг почты и связи. Наиболее интересной является динамика роста доли доходов от услуг доступа в Интернет объемом 1 - 2% ежегодно, с уменьшением доли доходов от мобильной связи

Согласно данным Internet Live Stats [3] за 2016 год Украина находится на 34 (32 в 2014 году) месте по количеству пользователей, на 101 месте по уровню проникновения и на 171 по темпам прироста. Годовой прирост составил всего 0,45% (9% в 2014 году [4]) в то время, как среднее значение во всем мире было 5,48% (6,6% в 2014 году), что говорит о том, что сеть Интернет в Украине перестала развиваться опережающими темпами. Максимальный рост наблюдается в развивающихся странах (Бурунди, Эритрея 5,1%, 4,8% (по 17% в 2014 году)), а минимальный в Андорра и Латвия, где наблюдается спад 1,60% и 0,50% соответственно (Швеции, Исландии по 1% в 2014 году). Рост в Соединенных штатах Америки, родине Интернет, составил 1,1% (7% в 2014 году).

2. Сравнительная оценка скорости доступа в сеть Интернет

Минимальные, средние и пиковые значения скорости доступа в Интернет формируются исходя из потенциально достижимых (теоретические особенности конкретной технологии доступа и передачи данных) и реально достижимых (практическая реализация в конкретных условиях окружения) значений достигнутых результатов.

Одним из известных способов оценки качества Интернет является распределение широкополосного фиксированного доступа по скорости, основанной на данных о контрактных скоростях действующих абонентов, публикуемая международным союзом электросвязи (МСЭ - ITU International Telecommunication Union) в ежегодных отчетах Развития информационно-коммуникационных технологий (ICT Development Index IDI) [5].

Интересным представляется сравнение удельной скорости международных каналов Интернет на одного абонента Интернет для десяти ведущих стран и Украины. Очевидно, что Украина занимая 76 место, имеет величину удельной пропускной способности международных каналов Интернет на одного абонента всего на 2,23% меньше, чем аналогичный показатель лидера мирового рейтинга Южной Кореи.

Другим известным способом оценки рейтинга качества Интернет, используемого компанией Akamai Technologies, является средняя скорость соединения в сети Интернет [6]. Распределение средней и средней пиковой скорости соединения в Интернет для десяти ведущих стран и Украины в III квартале 2016 года представлено в таблице I.

В отчете State of the Internet за четвертый квартал 2016 года [7] говорится, что средняя скорость Интернет соединения в мире составляет 7 Мбит/с, что на 14% больше по сравнению с результатом предыдущего квартала и на 26% больше, чем годом ранее.

Показатели средней и средней пиковой скорости в Украине составляют 12,8 Мбит/с и 55,7 Мбит/с, соответственно, что в 2,05-2,06 раза меньше чем в Южной Корее.

3. Схема построения глобальной сети Интернет

На схеме рис. 1 выделены четыре зоны сети Интернет, существенные с точки зрения влияния на качество предоставляемых услуг.

В зоне контента находятся «источники» конечных сервисов (услуг): WEB, E-mail, FTP, VoIP, IP-TV, OTT, E-commerce, DB и «источники» инфраструктурных служб: DNS, NTP и т.д.

Магистральная зона IP транспорта состоит из множества взаимосвязанных высокоскоростными оптическими и спутниковыми каналами различных Интернет провайдеров, которые состоят из внутренних и пограничных маршрутизаторов.

Таблица 1.

Распределение средней и средней пиковой скорости соединения в Интернет для десяти ведущих стран и Украины

Страна	Средняя скорость соединения, Мбит/с	Средняя пиковая скорость соединения, Мбит/с
Юж. Корея	26 468	114 194
Исландия	16 760	79 045
Дания	15 603	59 179
Швейцария	17 514	75 153
Великобритания	14 627	62 882
Гонконг, Китай	19 042	116 150
Швеция	18 140	78 962
Голландия	16 111	71 348
Норвегия	18 550	65 379
Япония	17 195	88 141
Украина	12 846	55 711

Зона доступа состоит из комплекса технических средств, обеспечивающих унифицированное подключение потребителей контента к магистральной зоне IP транспорта. Из-за необходимости подключения различных устройств и групп потребителей, в разных географических условиях, с различными видами мобильности и существующей телекоммуникационной инфраструктурой, именно в этой зоне наблюдается широкий спектр технологий передачи сигналов. В таблице II приведены основные характеристики технологий сетей доступа.

Зона потребителей контента, как правило, представлена технологией Ethernet и Wi-Fi.

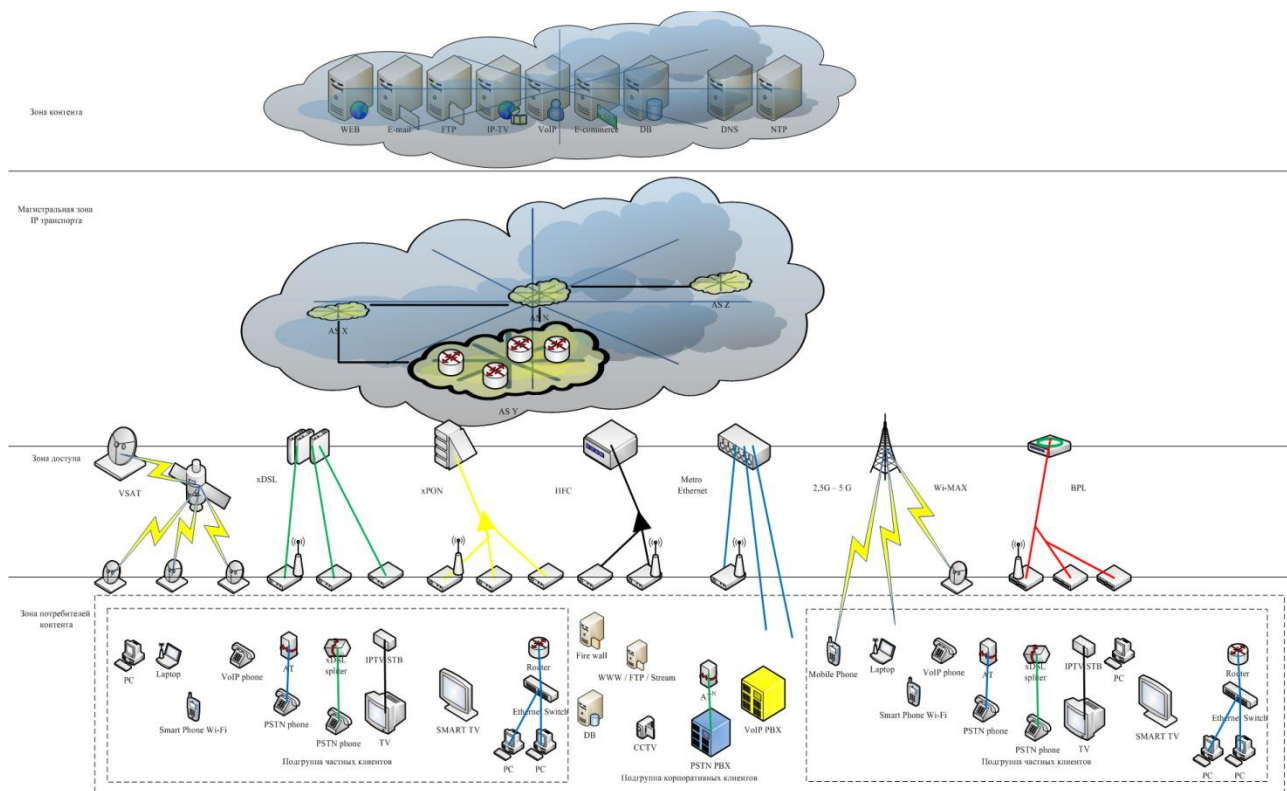


Рис.1. Схема построения глобальной сети Интернет

4. Технологии доступа к услугам сети Интернет

Рассмотрим ключевые особенности наиболее распространенные технологии сетей доступа (табл. II).

Семейство технологий xDSL позволяет организовывать как симметричные так и асимметричные каналы доступа. Ключевой особенностью xDSL является использование существующих телефонных кабелей. Дальнейшее повышение скорости возможно только с одновременным уменьшением длины абонентских линий.

Семейство технологий Ethernet позволяет организовывать симметричные каналы доступа используя как кабели типа витой пары, так и оптические кабели. Следует особо отметить, что технологии семейства Ethernet можно считать самодостаточными, так как с их помощью можно строить не только сети доступа, но и как локальные, так и муниципальные (размера большого города) сети.

Таблица 2

Ключевые характеристики основных современных технологий сетей доступа

Название технологии (стандарт)	Скорость		Мультипликатор	Дальность
	к абоненту, Мбит/с	от абонента, Мбит/с		
ADSL2+M (ITU G.992.5 Annex M)	24	3,3	1/1	< 3,5 км
VDSL (ITU-T G.993.1)	52	16	1/1	< 1,5 км
VDSL2 (ITU-T G.993.2)	суммарно 200		1/1	< 0,5 км
Fast Ethernet (Cat.5)	100	100	1/1	< 0,1 км
Gigabit Ethernet (Cat.5)	1 000	1 000	1/1	< 0,1 км
Gigabit Ethernet (FO)	1 000	1 000	1/1	< 120 км
BPL	суммарно 500		1/N*	< 1,5 км
DOCSIS 2.0	42,88	30,72	1/N*	< 150 км
EURODOCSIS 2.0	55,62	30,72	1/N*	< 150 км
DOCSIS 3.0	m** x 42,88	n*** x 30,72	m(n)/N*	< 150 км
EURODOCSIS 3.0	m** x 55,62	n*** x 30,72	m(n)/N*	< 150 км
VSAT	50	10	1/N*	< 15 000 км
GPON (ITU-T G.984.x)	2 488	2 488	1/маx 128	< 20 км
10G-EPON (IEEE 802.3av-2009)	10 000	10 000	1/маx 64	< 20 км
WiMax (802.16d)	суммарно 75 (при TDD) или 150 (при FDD)		1/N*	< 25 км
Mobile WiMax (802.16e)	суммарно 40 (при TDD) или 80 (при FDD)		1/N*	< 5 км
WiMax 2 (802.16m)	суммарно 1 000 (при TDD) или 1 000 (при FDD)		1/N*	< 120 км
3G: UMTS	14,4	5,76	1/N*	< 20 км
4G: LTE	300	75	1/N*	< 10 км

Семейства технологий BPL, DOCSIS, VSAT, PON концептуально очень похожи. Они все позволяют создавать как симметричные, так и асимметричные каналы доступа. Общей ключевой особенностью этих технологий является общая среда передачи, разделяемая той или иной технологией множественного доступа: FDMA, TDMA, CDMA. Фактически же в этих сетях общая доступная скорость передачи в кластере делится между всеми активными устройствами под управлением «головного модема». Технологии BPL используют существующие распределительные сети 10/0,4 кВ. Технологии DOCSIS используют существующие сети кабельного телевидения. Технологии VSAT используют ресурсы существующих и специальных спутников связи. Ключевой особенностью VSAT является

возможность 100% покрытия территории Земли как на суше, так и на море. Технологии семейства PON требуют построения древовидной оптической сети, состоящей из участков оптических волокон и пассивных оптических сплитеров.

Семейства технологий WiMax, 3G и 4G позволяют создавать как симметричные, так и асимметричные каналы доступа. Общей ключевой особенностью этих технологий является общая среда передачи радиодиапазона, разделяемая той или иной технологией множественного доступа: FDMA, TDMA, CDMA, OFDM. Ключевой особенностью мобильных систем доступа является возможность передвижения пользователя не прекращая пребывание на связи.

5. Оценка достаточной скорости доступа

Источники Интернет услуг (Internet Source) могут быть любой природы: статический или динамический WEB сайт; IPTV, OTT или Интернет радио; почтовый или FTP сервер; сервер или шлюз VoIP; игровой сервер или система облачных вычислений. Получателем Интернет услуг является оконечное абонентское устройство (Customer Equipment), подключаемое к локальной сети клиента (Customer LAN) (рис. 2).

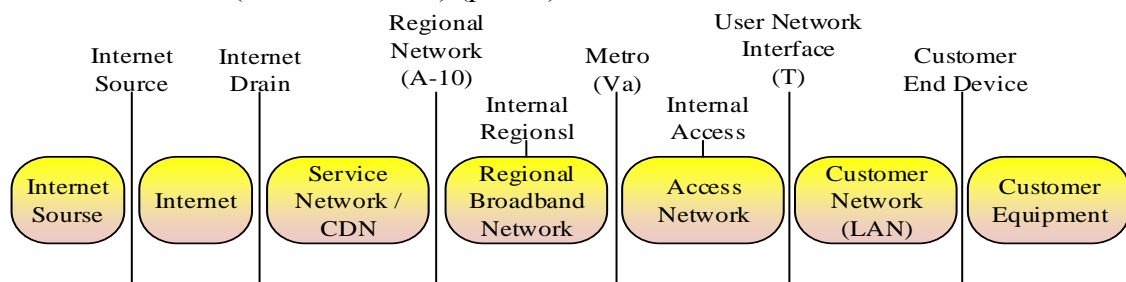


Рис.2. Обобщенная схема «из конца в конец» доступа пользователя к Интернет услугам и ресурсам

Очевидно, что в точке «Т» суммируются потоки от всех источников контента, которые в конкретный момент времени потребляет клиентская локальная сеть (Customer LAN).

При этом существуют две группы контента. Первая группа во время сеанса требуют практически постоянной пропускной способности. То есть, при определении минимальной скорости подключения к сети необходимо сложить все потоки, которые одновременно должны приниматься/передаваться к/от сети клиента. Вторая группа во время сеанса может подстраивать скорость потока под доступную свободную пропускную способность. Учет минимальной необходимой скорости здесь зависит исключительно от экономических и поведенческих характеристиках клиентов (пользователей).

Согласно статистическим данным, средний объем домохозяйства в Украине составляет 2,8 человек. Тогда максимальный трафик составит 2,8 максимальных потоков. Значит для среднестатистического домохозяйства нижняя граница будет при просмотре телевидения стандартного качества SDTV (MPEG-4) и составит $2,8 \cdot 2,5 = 7$ Мбит/с, а верхняя будет при просмотре телевидения высокого качества HDTV (MPEG-4) и составит $2,8 \cdot 10 = 28$ Мбит/с.

Можно утверждать, что среднестатистический человек либо просматривает ТВ, либо просматривает WWW страницы. При этом в первом случае скорость загрузки WWW страницы средним размером 18,4 Мбит составит $18,4/7 = 2,63$ с, а во втором $18,4/28 = 0,65$ с, что может быть приемлемым для одних пользователей и неприемлемо для других. В конечном счете каждый абонент принимает решение индивидуально.

Для мобильных клиентов справедливы предыдущие рассуждения если принять, что в час наибольшей нагрузки (ЧНН) максимальный трафик составит не 2,8 максимальных потоков, а 1. Тогда нижняя граница будет при просмотре видео стандартного качества SDTV (MPEG-4) и составит $1 \cdot 2,5 = 2,5$ Мбит/с, а верхняя будет при просмотре видео высокого качества HDTV (MPEG-4) составит $1 \cdot 10 = 10$ Мбит/с. При этом в первом случае скорость загрузки WWW страницы средним размером 18,4 Мбит составит $18,4/2,5 = 7,36$ с, а во втором $18,4/10 = 1,84$ с.

Из изложенного видно, что на сегодняшний день обеспечить приемлемое качество могут технологии сетей доступа, способные обеспечить скорость доступа а точке «Т» не меньше 28-30 Мбит/с.

В общем случае требования к минимальной скорости доступа среднего домохозяйства в точке «Т» можно определить так:

$$C_0 = \sum_{i=1}^m C_i \quad \square \quad (4)$$

где C_i - требуемая минимальная скорость i -того потока;
 m – максимальное число потоков.

Следующим местом, влияющим на качество услуг Интернет, согласно рис. 2, является собственно провайдерская сеть доступа (Access Network). Оценим максимальное число пользователей в единицах среднестатистического домохозяйства для различных технологий доступа.

В технологиях доступа (BPL, DOCSIS, VSAT, PON, WiMax UMTS, LTE), которые используют разделяемую совместно используемую среду передачи, оценку максимального количества домохозяйств на уровне сети доступа можно вычислить по формуле:

$$N = \frac{C_1}{C_0} \quad \square \quad (5)$$

где: N – максимальное число домохозяйств, которое может быть одновременно обслужено;

C_1 – пропускная способность уровня сети доступа.

Известно, что часть абонентского трафика может начинаться и заканчиваться внутри самой сети доступа, то есть не выходить в транспортную сеть провайдера и, тем более, за пределы национального сегмента сети Интернет: нет смысла передавать трафик между двумя клиентами, живущими в соседних квартирах, например через Париж. Каждый оператор обязан создавать все условия для максимально возможного замыкания трафика на уровнях как можно ближе к абоненту.

Для этого введем коэффициент тяготения G_S внутри уровня S иерархии сети Интернет, как отношение суммарной требуемой скорости в направлении вышестоящего уровня к суммарной требуемой скорости нижестоящего уровня:

$$\begin{cases} G_S = \frac{C_{S+1}}{C_S} \\ S \geq 1 \end{cases} \quad \square \quad (6)$$

где: G_S - коэффициент тяготения внутри уровня иерархии S ;

C_{S+1} - суммарная требуемая скорость в направлении вышестоящего уровня иерархии;

C_S - суммарная требуемая скорость текущего уровня иерархии;

S – уровень иерархии.

Тогда G_1 будет коэффициентом тяготения внутри уровня доступа; G_2 - коэффициент тяготения внутри уровня ядра (транспортной сети) провайдера Интернет; G_3 - коэффициент тяготения внутри уровня национального сегмента сети Интернет.

Теперь, зная максимальную требуемую пропускную способность всех k сетей доступа C_{1j} и соответствующие коэффициенты тяготения внутри уровня доступа G_{1j} можем оценить требования к пропускной способности в направлении транспортной сети провайдера:

$$C_2 = \sum_{j=1}^k C_{1j} \cdot G_{1j} \quad \square \quad (7)$$

где: C_2 - необходимая пропускная способность в направлении транспортной сети провайдера;

k - число сетей доступа.

Рассуждая аналогично, можно оценить минимальные требования к скорости каналов в направлении национального сегмента Интернет C_3 :

$$C_3 = C_2 \cdot G_2 \quad (8)$$

где: C_3 - необходимая пропускная способность в направлении национального сегмента Интернет;

C_2 - пропускная способность транспортной сети провайдера;

G_2 - коэффициент тяготения внутри транспортной сети провайдера.

И наконец, можно оценить минимальные требования к международным каналам сети Интернет C_4 :

$$C_4 = C_3 \cdot G_3 \quad (9)$$

где: C_4 - необходимая пропускная способность в направлении международного сегмента Интернет;

C_3 - пропускная способность национального сегмента Интернет;

G_3 - коэффициент тяготения внутри национального сегмента Интернет.

В итоге для всего национального сегмента сети Интернет минимальные требования к международным каналам $C_{4\text{э}}$ определяются суммированием по всем сетям доступа всех транспортных сетей всех провайдеров взвешенных соответствующими коэффициентами тяготения:

$$C_{4\text{э}} = \sum_{f=1}^t \left[\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n [N_i \cdot C_{0i} \cdot G_{1i}] \cdot G_{2j} \right] \cdot G_{3f} \right] \quad (10)$$

где: t - число провайдеров Интернет;

k - число сегментов транспортных сетей;

n - число сегментов сетей доступа;

N_i - максимальное число абонентов на i -тый сегмент сети доступа;

C_{0i} - минимальная необходимая скорость доступа среднего домохозяйства в точке «Т» i -того сегмента сети доступа;

G_{1i} , G_{2j} , G_{3f} - коэффициенты тяготения внутри уровня доступа, ядра и национального сегмента Интернет соответственно.

Очевидно, что значения коэффициентов тяготения не может превосходить единицу, то есть каналы доступа в международный участок сети Интернет не могут превышать сумму скорости доступа конечных клиентов. Основная задача провайдеров любого уровня максимально замкнуть трафик как можно ближе к клиенту, т.е. уменьшить коэффициент тяготения. Задача теоретиков и инженеров – определить теоретически оптимальное число уровней (в рассматриваемой модели их было всего три) замыкания или агрегации трафика.

Выводы

1. Открытая Мультисервисная сеть электросвязи стала наиболее используемым источником такой жизненно-важной информации как: научно-технической; информационной, развлекательной и, особенно коммерческой. Сегодня она объединяет 3,36 миллиардов пользователей и обеспечивает высокую экономическую эффективность человеческой деятельности.

2. Структуру сети Интернет можно представить в виде четырех плоскостей или функциональных зон: зона контента; магистральная зона IP транспорта; зона доступа; зона пользователей.

3. Сеть Интернет должна обеспечивать предоставление пользователям услуги в

соответствии с требованиями параметров QoS и согласованный уровень качества SLA.

4. Скорость доступа пользователя к сети Интернет «из конца в конец» практически определяется максимальной скоростью доступа к сети своего Интернет провайдера.

5. Наиболее перспективными технологиями сетей доступа являются Metro Ethernet, VDSL, DOCSIS, 4G и 5G, VSAT. Основными технологиями транспортных сетей остаются IP, SDH, VSAT. Основными технологиями обеспечения параметров QoS являются механизмы, IP Differentiated services (DiffServ), IP Integrated services (IntServ), Resource reSerVation Protocol (RSVP (протокол), Multiprotocol Label Switching (MPLS), RSVP-TE.

6. На сегодняшний день, темпы роста доли доходов от доступа в Интернет составляют до 2% и опережают темпы роста доли доходов от мобильной связи. Согласно рейтингу МСЭ по индексу развития ИТ технологий Украина занимает 76-е место, при этом удельная пропускная способность международных каналов Интернет на одного абонента составляет 45,7 [кбит/с]/абонента, что всего на 2,23% меньше, чем аналогичный показатель лидера мирового рейтинга Южной Кореи. В то же время по величине средней и средней пиковой скорости соединения в Интернет Украина отстает от Южной Кореи в 2,05-2,06 раза. Основное узкое место в Украине - качество национальных сетей доступа. Поэтому главной задачей Украины является модернизация существующих сетей доступа с переходом на технологии FTTB, FTTC, 4G.

7. С ростом количества пользователей сети Интернет, а тем более с ее качественным переходом от «Сети только Людей» к «Сети вещей» характерна тенденция «приближения» источников контента и систем обработки данных с верхних уровней все ближе к зоне доступа, то есть потребителям контента. При этом сама зона контента как бы «растворится» в магистральной зоне IP транспорта; зоне доступа и даже зоне потребителей контента, так как часть Интернет-трафика вещей может и должен быть закрыт внутри локальной сети абонента.

Список используемой литературы

1. Мур М. и др. Телекоммуникации. Руководство для начинающих. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
2. Доходи від надання телекомунікаційних, поштових та кур'єрських послуг за 2016-2018 роки, <http://www.ukrstat.gov.ua>.
3. Internet Users by Country (2016-2018), <http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country>.
4. Estimation of quality of Internet services in Ukraine Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Slavske in Lviv region, 23 February, 2016 - 26 February, 2016, p.31.
5. Measuring the Information Society Report 2016, International Telecommunication Union, <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2016/MISR2016-w4.pdf>.
6. State of the Internet Report _ Akamai.htm, <https://www.akamai.com/uk/en/our-thinking/state-of-the-internet-report>.
7. Akamai's [state of the internet] Q4 2016 report, <https://www.akamai.com/uk/en/multimedia/documents/state-of-the-internet/q4-2016-state-of-the-internet-connectivity-report.pdf>.

Автори статті

Недашківський Олексій Леонідович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Тарануха Дмитро Анатолійович - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Nedashkivskiy Oleksiy Leonidovych - doctor of science (technic), assistant professor, professor of Mobile and video information technology chair, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Taranukha Dmytro Anatoliivych – student, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 11.05.2019 р.

Рецензент: д.т.н., доцент А.О. Макаренко