

Розділ 2. Інформаційні технології та телекомунікації

УДК 631

С.С. Батыр

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,
Кафедра автоматизации и телекоммуникаций
e-mail: sbatyr@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ
УЧАСТКА СЕТИ ИНТЕРНЕТ****Аннотация**

Батыр С.С. Исследование и построение структурной схемы участка сети Интернет. В работе построена модель участка сети Интернет. Для доступа к сети выбраны несколько провайдеров с различной технологией доступа. Исследование маршрутов следования пакетов проводилось к заранее выбранной группе хостов. Анализ полученных маршрутов позволил построить структурную схему модели участка сети Интернет, а также построить структурную схему и натурную модель.

Ключевые слова: модель сети Интернет, маршрут, трассировка, геолокация IP-адресов.

Общая постановка проблемы. На сегодняшний день существует большое число технологий, позволяющих решить проблему «последней мили» и подключить абонента к Интернету, при этом его географическое положение практически не имеет значения. Благодаря широкому распространению дешевых технологий широкополосного доступа наблюдается взрывной рост числа подключений новых пользователей к сети Интернет. Современные мультимедийные приложения предлагают дополнительные возможности по общению и обмену контентом между пользователями в режиме реального времени. Возрастающая популярность интернет-радиостанций, блоггинга, аудио и видеоподкастов, а также значительное количество файлообменных сетей увеличивают объем данных, который получает/отправляет пользователь сети Интернет, и повышают требования к качеству обслуживания потока данных пользователей. Низкая стоимость безлимитных подключений привлекает дополнительных пользователей, что ведет к дальнейшему росту нагрузки на внешние каналы связи провайдера. Подключенные пользователи требуют качества обслуживания, оговоренного в их договорах. Данная задача становится основной для провайдеров второго и третьего уровня.

Постановка задач исследования. Одной из главных составляющих обеспечения качества обслуживания является топология сети провайдера. При неправильном её проектировании перегрузки отдельных участков будут возникать даже при использовании высокоскоростных технологий. Следовательно, вопрос проектирования топологии сети провайдера требует особого внимания и значительной проработки. Эволюционное же развитие сети провайдера зачастую препятствует правильному проектированию. С развитием сети периодически возникает необходимость исследований и оптимизации её топологии.

Топология сети Интернет очень сложная, и её исследованию посвящено значительное количество работ. Исследования опираются на методику сканирования сети и построения её графа, что достаточно полно представлено в работах [1],[3],[4] и др. С целью оптимизации сети провайдеров г.Донецк, используя сходную методику, произведем сканирование сетей. Так как необходимо сканировать не всю сеть Интернет, а лишь её часть, относящуюся к сети города, это может быть реализовано за счет трассировки маршрутов к одному и тому же

набору серверов с известным местоположением при использования подключений к различным провайдерам.

В г. Донецк услуги доступа к сети Интернет предоставляют значительное количество провайдеров (около 25). Отберем часть провайдеров, предоставляющих доступ в Интернет с помощью высокоскоростных технологий типа WiFi, ADSL, DOCSIS. Дополнительный интерес представляют сети беспроводных мобильных провайдеров Интернет, действующие на базе мобильных сетей с технологиями GSM, UMTS и CDMA. При отборе будем использовать дополнительные критерии, такие как ориентировочное количество подключенных абонентов.

Список отобранных провайдеров представлен в табл.1. В таблице представлены название сети, технология уровня доступа, которая используется в этой сети и указано количество подключений к данной сети на территории г. Донецк.

Таблица 1 — Список провайдеров, через сети которых производилось подключение к сети Internet

№	Название провайдера	Использованные технологии	Количество подключений
1	Telenet	DOCSIS	~4000
2	Donec	Ethernet	~2500
3	Life	GSM EDGE	~50000
4	Utel	UMTS	~10000
5	Matrix	WiFi	~2500

В качестве целей сканирования выберем ряд узлов с заранее известным местоположением. Сюда должны входить как узлы подключенные к сети г. Донецк, так и узлы, географически расположенные в Украине и за её пределами. Так как существует несколько каналов связи, соединяющие компьютерную сеть Украины с всемирной сетью, то возьмем 3-5 узлов, равномерно расположенные по всему миру.

Список узлов представлен в табл.2. Их IP-адреса определены с помощью программы dig на основе данных службы DNS. Географическое местоположение определено по базе данных IP, которая доступна по адресу [2] либо данных провайдеров Интернет.

Таблица 2 — Список узлов с адресами и страной регистрации адреса

№	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	ya.ru	213.180.204.8	RU
2	google.com	74.125.45.100	US
3	linux.com	216.34.181.51	US
4	www.canon.co.jp	150.61.25.49	JP
5	www.japantimes.co.jp	202.51.8.106	JP
6	meta.ua	194.0.131.18	UA
7	ukr.net	195.214.195.105	UA
8	kita.org.ua	91.90.23.251	UA

Решение задач и результаты исследований. Для трассировки маршрутов к узлам будем использовать стандартную утилиту tracer. Для трассировки утилита вызывается с параметром "адрес узла". Например, для трассирования маршрута к узлу ya.ru через сеть провайдера Telenet задается команда: d:\bin>tracert ya.ru

Результатом трассировки маршрута к ya.ru [213.180.204.8] является таблица:

- 1 1 ms 1 ms 1 ms 192.168.0.120
- 2 287 ms 63 ms 62 ms cerberus-pluton.telenet.dn.ua [195.39.211.177]
-
- 11 168 ms 129 ms 177 ms einstein-vlan2.yandex.net [87.250.228.138]
- 12 248 ms 306 ms 306 ms ya.ru [213.180.204.8]

из которой следует, что узлы со 2 по 5 относятся к сети провайдера Telenet, узел 6 – соединяет сети провайдеров Telenet и Soniko, узел 7 – шлюз между провайдерами Soniko и ITS, узлы 8 – 12 – сеть Yandex. Во второй, третьей и четвертой колонках показаны временные задержки первой, второй и третьей попыток определения узла маршрута.

Для автоматизации работы и ускорения процесса сбора разработана программа на языке программирования Perl, которая осуществляет параллельную трассировку всего набора узлов. Результаты трассировки всех узлов помещаются в файл отчета. В файл отчета дополнительно помещаются сведения о подключении к сети: IP-адрес, маска, шлюз и др.

После сбора результатов трассировки через всех выбранных провайдеров проведена обработка IP-адресов промежуточных хостов для определения страны регистрации их адресов согласно базе данных [2]. Адреса, принадлежность которых установить не удалось, помечались знаком «**» вместо кода страны. После определения страны для каждого узла составлены сводные таблицы маршрутов через различные провайдеры с указанием страны, через которую проходит маршрут .

Таблица 3 — Трасса к одному серверу через различных провайдеров

№	ya.ru (Провайдер Donec)			ya.ru (Провайдер life)		
	Имя	IP адрес	Страна регистрации	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	unknown	192.168.1.1	**	unknown	212.58.162.206	UA
2	unknown	195.5.5.200	UA		**	**
3	unknown	10.50.9.2	**		**	**
4	war-b4-link.telia.net	213.248.93.161	EU	unknown	212.58.162.125	UA
5	war-b3-link.telia.net	80.91.251.218	EU	unknown	212.58.161.251	UA
6	hbg-bb1-pos6-2-0.telia.net	213.248.96.1	EU	yandex-gw.ix.net.ua	195.35.65.88	UA
7	s-bb1-link.telia.net	213.248.64.29	EU	korolev-vlan951.yandex.net	213.180.192.254	RU
8	mow-b1-link.telia.net	80.91.251.222	EU	apollo-lagg121.yandex.net	87.250.233.103	RU
9	unknown	213.248.104.142	EU	einstein-vlan2.yandex.net	87.250.228.138	RU
10	ya.ru	213.180.204.8	RU	ya.ru	213.180.204.8	RU

Таблица 4 — Трасса к одному серверу через различных провайдеров

№	ya.ru (Провайдер Telenet)			ya.ru (Провайдер Matrix)		
	Имя	IP адрес	Страна регистрации	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	unknown	192.168.0.120	**	inet.matrixhome.net	193.108.38.10	UA
2	cerberus-pluton.telenet.dn.ua	195.39.211.177	UA	unknown	193.108.38.145	UA
3	juniper.telenet.dn.ua	195.39.211.181	UA	cs-elephant.dec.net.ua	193.108.38.221	UA
4	pandora.tclcnct.dn.ua	195.39.210.25	UA	DEC-INTS-50M.dcc.net.ua	193.108.38.205	UA
5	hubble.telenet.dn.ua	195.39.210.21	UA	unknown	212.66.33.190	UA
6	telenet-gw.so.net.ua	193.254.233.97	UA	yandex-gw.ix.net.ua	195.35.65.88	UA
7	soniko-ua.gw.itsinternet.net	213.133.164.173	UA	yandex-ua.dg.net.ua	213.186.193.174	UA

Таблиця 4. (Продолжение)

8	yandex-gw.ix.net.ua	195.35.65.88	UA	bubala-vlan119.yandex.net	87.250.233.24	RU
9	korolev-vlan121.yandex.net	87.250.233.105	RU	ya.ru	213.180.204.8	RU
10	apollo-lagg2.yandex.net	87.250.228.131	RU			
11	einstein-vlan2.yandex.net	87.250.228.138	RU			
12	ya.ru	213.180.204.8	RU			

Результаты трассировки позволяют выделить общую структуру трассы: абонент — сеть абонента (если есть) — сеть провайдера третьего уровня — шлюз — сеть провайдера второго или/и первого уровней — украинская точка обмена трафиком — зарубежная сеть — целевой узел.

На основе результатов, приведенных в таблицах 3 и 4, можно прийти к выводу, что несмотря на одинаковый конечный узел маршрута, пути к нему даже при последовательных вызовах с миллисекундным интервалом могут значительно варьироваться.

Для определения топологии сети провайдера произведем трассировку нескольких различных узлов и проведем сравнительный анализ и выделение общих частей маршрута.

Таблиця 5 — Трассы к различным серверам через сеть провайдера Telenet

№	kita.org.ua			meta.ua		
	Имя	IP адрес	Страна регистрации	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	cerberus-pluton.telenet.dn.ua	195.39.211.177	UA	cerberus-pluton.telenet.dn.ua	195.39.211.177	UA
2	juniper.telenet.dn.ua	195.39.211.181	UA	juniper.telenet.dn.ua	195.39.211.181	UA
3	pandora.telenet.dn.ua	195.39.210.25	UA	pandora.telenet.dn.ua	195.39.210.25	UA
4	hubble.telenet.dn.ua	195.39.210.21	UA	hubble.telenet.dn.ua	195.39.210.21	UA
5	undefined.datagroup.com.ua	80.91.184.205	UA	telenet-gw.so.net.ua	193.254.233.97	UA
6	tr1-v771.ua-kiev.datagroup.ua	80.91.178.86	UA	soniko-ua.gw.itsinternet.net	213.133.164.173	UA
7	skif-gw.ix.net.ua	195.35.65.72	UA	unknown	62.149.20.65	UA
8	skif.gw.skif.com.ua	91.90.19.4	UA	athena.colocall.net	62.149.2.108	UA
9	j0.gw.skif.com.ua	91.90.19.130	UA	meta-backup-ll.colocall.com	62.149.4.46	UA
10	hosting.takeforce.net	91.90.23.251	UA	mcta.ua	194.0.131.18	UA

Из таблицы 5 можно видеть, что в сеть провайдера входят узлы со 1 по 5, после узла происходит выбор сети провайдера второго уровня, который производит дальнейшую доставку пакета (узлы 6 — шлюзы в сети провайдеров второго уровня).

Сеть провайдера Telenet, согласно информации, предоставленной провайдером, базируется на сетях операторов кабельного телевидения г. Донецка. В состав данной сети входят около 8 операторов и охватывает 7 районов города. На канальном уровне используется технология DOCSIS, которая имеет ограничение на длину канала связи до 10 км. Широкий территориальный охват и значительное количество подключений требуют построения сети с развитой топологией и иерархической структурой. Для обеспечения надежной работы используется несколько каналов доступа к сети Интернет через провайдеров первого и второго уровней: Soniko, Datagroup, FARLEP Telecom. Это подтверждается результатами трассировки.

Уделим особое внимание анализу трасс к узлу google.com. Это крупнейшая поисковая система в сети Интернет и её работа обеспечивается несколькими дата-центрами, расположенными по всему миру. Серверы дата-центров производят перераспределения поступающих запросов в оперативном режиме, поэтому при последовательных запросах ответ можно получить от серверов с разными сетевыми адресами. Отследим эту возможность системы в результатах трассировки. Результаты трассировки представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 6 — Трассы к узлу google.com через провайдеров Telenet и Life

№	Провайдер Telenet			Провайдер life		
	Имя	IP адрес	Страна регистрации	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	unknown	192.168.0.120	**	unknown	212.58.162.206	UA
2	cerberus-pluton.telenet.dn.ua	195.39.211.177	UA		**	**
3	juniper.telenet.dn.ua	195.39.211.181	UA		**	**
4	pandora.telenet.dn.ua	195.39.210.25	UA	unknown	212.58.162.125	UA
5	hubble.telenet.dn.ua	195.39.210.21	UA	unknown	212.58.161.251	UA
6	telenet-gw.so.net.ua	193.254.233.97	UA	astelit-ua-igw.newline.net.ua	80.91.173.117	UA
7	soniko-ua.gw.itsinternet.net	213.133.164.173	UA	fr1-v771.ua-kiev.datagroup.ua	80.91.178.86	UA
8	quoll.itsinternet.net	213.133.160.52	UA	google.ua-kiev.datagroup.ua	80.91.170.138	UA
9	google-gw.itsinternet.net	213.133.164.166	UA	unknown	72.14.239.14	US
10	unknown	209.85.241.54	US	unknown	72.14.232.102	US
11	unknown	72.14.239.14	US	unknown	209.85.248.94	US
12	unknown	72.14.232.102	US	unknown	72.14.236.220	US
13	unknown	209.85.248.94	US	unknown	72.14.239.49	US
14	unknown	72.14.233.62	US	unknown	216.239.43.192	US
15	unknown	209.85.248.81	US	unknown	216.239.43.113	US
16	unknown	216.239.43.192	US	unknown	209.85.253.133	US
17	unknown	216.239.43.113	US	yx-in-f100.google.com	74.125.45.100	US
18	unknown	209.85.251.233	US			
19	unknown	209.85.251.133	US			
20	unknown	74.125.31.134	US			
21	cg-in-f100.google.com	209.85.171.100	US			

Таблица 7 — Трассы к узлу google.com через провайдеров Matrix и Donec

№	Провайдер Matrix			Провайдер Donec		
	Имя	IP адрес	Страна регистрации	Имя	IP адрес	Страна регистрации
1	inet.matrixhome.net	193.108.38.10	UA	unknown	192.168.1.1	**
2	unknown	193.108.38.145	UA	unknown	195.5.5.200	UA
3	cs-elephant.dec.net.ua	193.108.38.221	UA	unknown	10.50.19.2	**
4	DEC-INTS-50M.dec.net.ua	193.108.38.205	UA	unknown	212.73.203.41	FR
5	unknown	212.66.33.190	UA	ae-6-6. Ebr1.Frankfurt1.Level3.net	4.69.135.34	US
6		**	**	ae-91-91. Csw4.Frankfurt1.Level3.net	4.69.140.14	US
7	ar3-ge-uk-topnet.google.com	88.81.240.166	UA	ae-92-92. Ebr2.Frankfurt1.Level3.net	4.69.140.29	US
8	unknown	209.85.241.54	US	ae-44-44. Ebr2.Washington1.Level3.net	4.69.137.62	US
9	unknown	209.85.241.52	US	ae-92-92. Csw4.Washington1.Level3.net	4.69.134.158	US
10	unknown	72.14.232.102	US	ae-4-99. Edge1. Washington1.Level3.net	4.68.17.208	US
11	unknown	72.14.232.105	US	GOOGLE-INC. Edge1. Washington1.Level3.net	4.79.231.6	US
12	unknown	72.14.236.220	US	unknown	72.14.238.136	US
13	unknown	216.239.46.14	US	unknown	209.85.254.247	US
14	unknown	66.249.94.134	US	unknown	64.233.174.46	US
15	unknown	64.233.175.26	US	gw-in-f100.google.com	74.125.67.100	US
16	py-in-f99.google.com	64.233.167.99	US			

По результатам, приведенным в таблицах 6 и 7, три из четырех исследованных провайдеров имеют шлюз в сеть дата-центров Google. Только Donex отправляет пакеты сквозь европейскую часть и обращается к дата-центру через шлюз в США. Сеть дата-центров принадлежит компании, и в ней используются адреса, зарегистрированные в США вне зависимости от географического расположения маршрутизаторов.

На основе результатов трассировки можно построить структурную схему подключения абонентов к сети Интернет. При построении схемы будем учитывать требования минимизации задержки, исходя из которого проектируются сети провайдеров второго и первого уровней. Для снижения транспортной задержки провайдеры второго уровня стараются минимизировать количество оборудования, функционирующего на сетевом уровне. Сегментирование сетей достигается за счет использования технологий выделенных сетей VLAN. Для предотвращения образования колец на канальном уровне при использовании технологии Ethernet используется протокол STP и различные варианты его реализации. За счет этого в территориально-распределенной сети масштаба небольшого города либо района области может использоваться лишь один маршрутизатор с высокой пропускной способностью. С учетом приведенных соображений структурная схема сети имеет следующий вид (см. рис. 1).

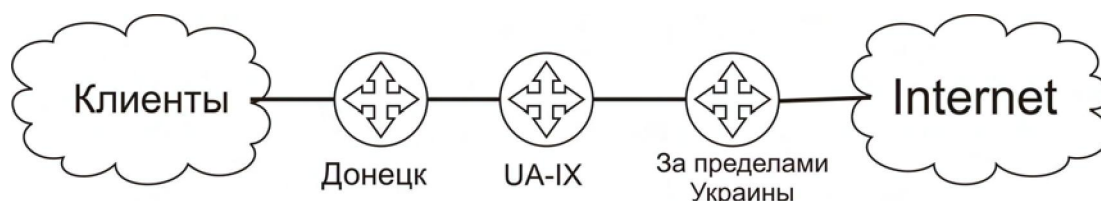


Рисунок 1 — Структурная схема сети подключения клиентов к Интернет

На основе данной схемы предлагается модель участка сети Интернет, в состав которой войдут несколько групп абонентов и серверов. Модель должна включать участки с регулируемой пропускной способностью и возможностью альтернативной маршрутизации. Для упрощения процесса моделирования в состав модели должно быть включено минимальное количество узлов. Дополнительное требование — возможность построения натурной модели.

Рассмотрим детально участки, входящие в модель.

Участок подключения конечных абонентов — один или несколько узлов, которые имеют резкую асимметрию в требуемых пропускных способностях входящего и исходящего каналов. Как правило, объем принятых данных в 4-5 раз больше отправленных. Широкое распространение пиринговых сетей способствует выравниванию объема полученных и отправленных данных. Таких участков должно быть несколько для возможности имитации работы пиринговой сети.

Участок с регулируемой пропускной способностью позволит исследовать поведение потоков данных в условиях перегрузки канала и способы распределения полосы между потоками.

Участок с возможностью альтернативной маршрутизации представляет собой участок сети с развитой топологией. На данном участке возможно динамическое изменение маршрута доставки пакета и, соответственно, изменение времени оборота пакета. Это позволит исследовать реакцию потока данных на резкое изменение времени доставки.

Участок серверов предназначен для создания потоков данных с высокой интенсивностью для загрузки участка с регулируемой пропускной способностью. Отличается от участка абонентов высокоскоростным подключением к участку с альтернативной маршрутизацией.

Исходя из сформулированных требований, разработана модель участка сети Интернет, представленная на рис.2.

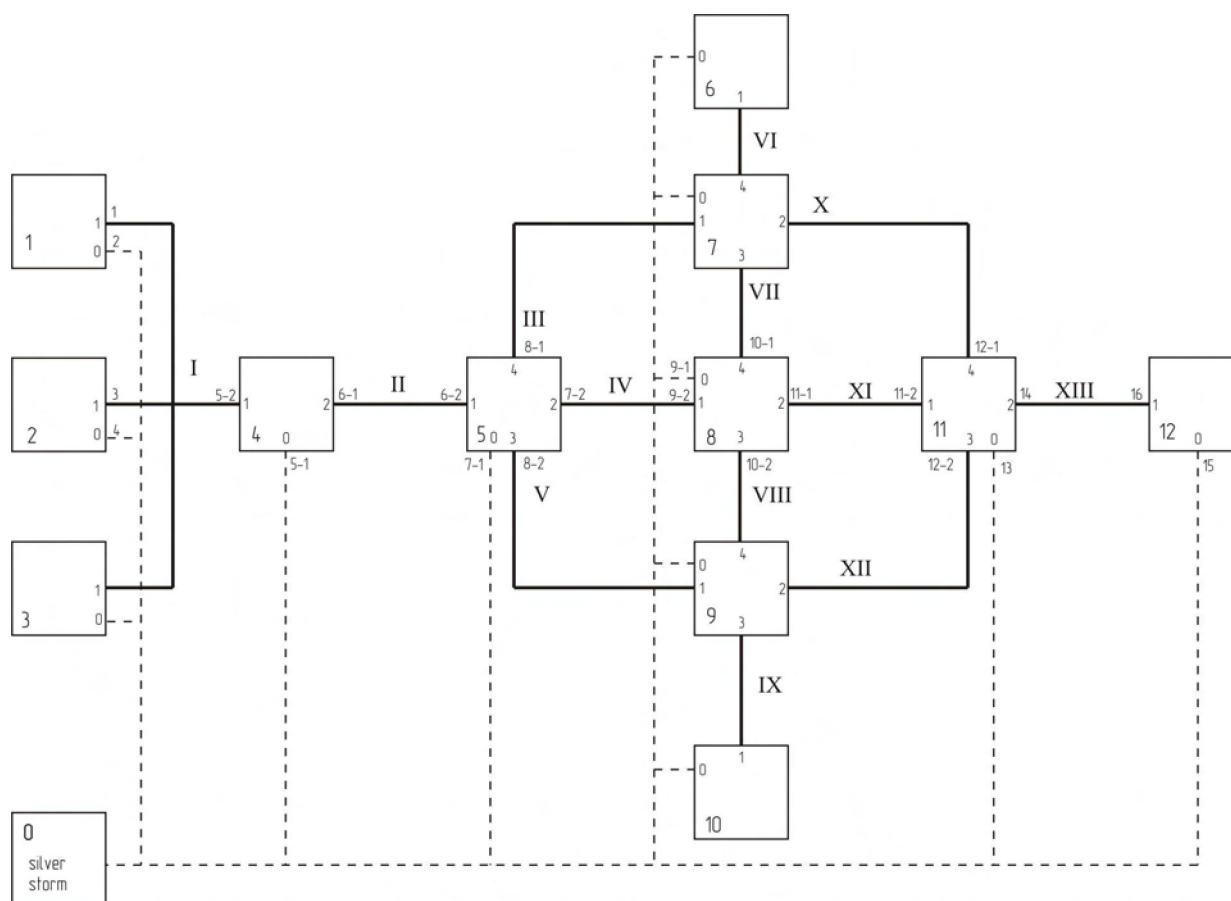


Рисунок 2 — Схема модели участка сети Интернет

Все узлы и участки сети между узлами пронумерованы. Номера узлов (арабские цифры) в левом нижнем углу, номера сетевых интерфейсов — от 0 и далее — на каждой точке подключения узла к сети. Интерфейс 0 всех узлов подключен к общей сети, предназначенной для управления и мониторинга состояния модели. Все отдельные участки, соединяющие узлы, пронумерованы римскими цифрами.

Участки подключения абонентов — I и XI. Абоненты представлены в виде узлов 1, 2, 3 (участок I) и 10 (участок XI). Участки серверов — VI и XII (узлы 6 и 12 соответственно).

Участок с регулируемой пропускной способностью — участок II (канал связи между узлами 4 и 5). Участок с возможностью альтернативной маршрутизации — составлен из узлов 5, 7, 8, 9, и 11. Узел 5 является входным со стороны основной группы абонентов, узел 11 — входной для основной группы серверов. Топология соединения узлов — квадрат с центральным узлом. Благодаря такой топологии между узлами 5 и 11 возможно 9 маршрутов.

При построении модели учитывалась возможность реализации её натурального эквивалента на базе компьютерного класса. При натурном моделировании компьютерных сетей передачи данных необходимо значительное количество маршрутизаторов. Наиболее доступными, легко конфигурируемыми и контролируемыми можно считать маршрутизаторы, построенные на базе ПК с ОС Linux [5]. В обычный ПК возможно установить до 5-7 сетевых интерфейсов, что вполне достаточно для реализации топологии сети модели. Наиболее доступные на сегодняшний день сетевые технологии для ПК — Ethernet и Fast Ethernet. Fast Ethernet поддерживает высоко- и низкоскоростные соединения, поэтому будем использовать именно его. Также для соединения двух ПК возможно применение последовательного канала связи — ПК соединяются через последовательные порты с применением нульмодемного кабеля и поверх данного соединения устанавливается PPP-канал связи, который позволяет передавать данные по протоколу IP.

Выводы. В статье произведено исследование и анализ сетей провайдеров Интернет второго и третьего уровней. На основе результатов анализа построена структурная схема участка сети Интернет для провайдеров второго и третьего уровней. На основе построенной модели разработана модель участка сети, позволяющая проводить имитационные и натурные исследования поведения различных по своей структуре потоков данных на участках с низкой пропускной способностью в условиях динамического изменения маршрута потока на участке альтернативной маршрутизации. Предложено построение натурной модели на базе набора ПК с ОС Linux с использованием сетевых технологий Fast Ethernet и PPP. За счет специальной схемы модели возможен контроль и переконфигурирование модели в реальном времени.

Данная модель будет применяться в дальнейших исследованиях процессов передачи данных.

Литература

1. R.Siamwalla, R.Sharma and S.Keshav "Discovering Internet Topology". - Cornell Network Research Group Department of Computer Science Cornell University, Ithaca, NY 14853, e-mail: {rachit, sharma, skeshav}@cs.cornell.edu
2. WorldIP - free geolocation database, service and tools – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.wipmania.com/ru/> - Дата доступа: янв. 2009. – Название с экрана.
3. Столлингс В. Передача данных / В. Столлингс. – [4-е изд.]. – С-Пб.: Питер, 2004. – 752 с.
4. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – [2-е изд.]. – С-Пб.: Питер, 2003. – 783 с.
5. Bert Hubert "Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO".- Электрон. дан. – Режим доступа: <http://tldp.org/HOWTO/Adv-Routing-HOWTO/> - Дата доступа: янв. 2009. – Название с экрана.

Надійшла до редакції:
01.03.2011

Рекомендовано до друку:
д-р техн. наук, проф. Чичикало Н.І.

Abstract

Batyr S.S. Research and construction of the structural scheme of the Internet network. In this paper, a model site on the Internet. To access the network selected several providers with different access technologies. Study routes packets carried by a preselected group of hosts. Analysis of the routes it possible to construct a block diagram of a model site on the Internet, as well as to construct the block diagram and full-scale model.

Keywords: model of Internet network, route, tracing, geolocation IP-addresses.adpec.

Анотація

Батыр С.С. Дослідження та побудова структурної схеми ділянки мережі Інтернет. У роботі побудована модель ділянки мережі Інтернет. Для доступу до мережі обрані кілька провайдерів з різною технологією доступу. Дослідження маршрутів проходження пакетів проводилося до заздалегідь обраної групи хостів. Аналіз отриманих маршрутів дозволив побудувати структурну схему моделі ділянки мережі Інтернет, а також побудувати структурну схему й натурну модель.

Ключові слова: модель мережі Інтернет, маршрут, трасування, геолокація IP-адрес.

© Батыр С.С., 2011