

УДК 004.77:621.39

С.Е. Яцевич<sup>1</sup>, Е.И. Яцевич<sup>1</sup>, В.Е. Кузьменко<sup>2</sup>, Нааем Хазим<sup>2</sup><sup>1</sup> Институт радиофизики и электроники НАН Украины им. А.Я. Усикова, Харьков<sup>2</sup> Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## РАДИОФИЗИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И СОЗДАНИЯ ГИБРИДНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Установлены параметры сигналов и типы аппаратуры, которые необходимо применять для обеспечения заданного качества проведения дистанционного зондирования Земли. Для обеспечения передачи данных в режиме реального и квазиреального времени проведен анализ гибридной сети передачи данных и предложены основные схемы ее построения. Проведен анализ существующих и перспективных моделей функционирования гибридных сетей дистанционного зондирования Земли, которые могут учитывать самоподобный характер трафика передачи данных.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, самоподобный трафик, гибридная сеть передачи данных.

### Введение

Эффективное использование природных ресурсов и экологический мониторинг земной поверхности требуют разработки и введения в практику природопользования дистанционных методов определения характеристик почвенного и растительного покровов, а также изучения влияния на них различных антропогенных факторов. Актуальность решения этих задач не вызывает сомнения, так как традиционные контактные измерения не обеспечивают получение информации с достаточной для большинства практических задач детальностью в пространстве и времени и, кроме того, оказываются трудоемкими.

Решение всех указанных выше проблем невозможно без внедрения дистанционных методов исследования Земли, основанных на анализе структуры сигналов, сформированных в результате отражения или излучения электромагнитных волн природными образованиями. Для получения наиболее полной информации об изучаемых подстилающих поверхностях необходимо использовать широкий спектр электромагнитных колебаний, поскольку разные его участки содержат различную информацию об окружающей среде. Достаточно интенсивно используются данные оптического и инфракрасного диапазонов. Они позволяют выделить информацию о состоянии растительного покрова и земной поверхности (оптический диапазон), о ее температуре, скрытых пожарах, утечках нефти и газа (инфракрасный диапазон). Существенным ограничением этих диапазонов является отсутствие всепогодности, так как облачность и темное время суток не позволяют получить информацию о состоянии поверхности. Радиофизические методы дистанционного зондирования, основанные на связи геометрических и электрофизических характеристик поверхностных и

подповерхностных образований с параметрами отраженных или излученных поверхностью сигналов, свободны от этих недостатков и отличаются высокой проникающей способностью. Достигается получение дистанционной информации аппаратурой дистанционного зондирования работающей в СВЧ диапазоне радиоволн, требования к которой определены ниже.

Передачу данных дистанционного зондирования Земли необходимо организовать в режиме реального и квазиреального времени, что в свою очередь требует и анализа соответствующей сети связи, которая должна обеспечить соответствующий поток информации. Основной особенностью такой сети является ее гибридный характер, т.е. она будет иметь как проводные каналы связи, так и спутниковые беспроводные.

Несмотря на то, что известно несколько вариантов беспроводных альтернатив передачи данных, широкое использование нашла только одна из них: спутниковоназемные сети (HSTN – HybridSatellite-TerrestrialNetwork). Система DirectPC™, разработанная HughesNetworkSystems, - самый распространенный пример использования гибридной связи. Система через спутниковый канал обеспечивает своим пользователям канал со скоростью более. Канал, по которому пользователь связывается с системой, обеспечивается по наземным телефонным линиям через обыкновенный модем. Однако из-за того, что классический стек протоколов TCP/IP не очень приспособлен для спутниковых каналов, он, для предоставления соразмерного качества обслуживания должен преодолеть некоторые технические препятствия, что добавляет сложность шлюзам, которые ответственны за пересылку данных через спутник. Хотя существующие проблемы (например, большая задержка спутникового канала и справедли-

ливість выделения ресурса) были исследованы и найдены их решения, такие как разделение соединения (также называемое «спуфингом») и управление потоком, проблемы предсказания эффективности и задания параметров сети остаются нерешёнными, отчасти из-за того, что модели трафика для HSTN-сетей недостаточно изучены.

Таким образом, анализ требований к радиофизической аппаратуре дистанционного зондирования Земли и к параметрам сети передачи данных дистанционного зондирования является **актуальной задачей** в современных условиях Украины.

**Целью данной статьи** анализ требований к радиофизической аппаратуре дистанционного зондирования Земли и к параметрам сети передачи данных дистанционного зондирования

### 1. Требования к радиофизической аппаратуре предназначенной для исследования параметров поверхности Земли

Исследования, проведенные с помощью SIR-C/X-SAR радиолокаторов с синтезированной апертурой, работающих в диапазонах 3,1см (X-диапазон), 5.8см (C), 23.5см (L) [1] показали широкие возможности для практического использования

их в решении задач исследования поверхности суши. Области применимости радиофизической аппаратуры на основании опыта исследований [2 – 10] представлены в табл. 1, в ячейках которой условными обозначениями расставлены приоритеты по областям наибольшей информативности датчиков:

●- важный; < или > только для одной требуемой поляризации; <<< или >>> требуется поляриметрия, но только одной из двух частот; . вспомогательная; не обязательная; □ нет информации.

Необходимое линейное разрешение для информативного исследования поверхности суши различно для всевозможных объектов исследования и может составлять от единиц до сотен метров на поверхности Земли. В табл. 2 отображены характерные размеры линейного разрешения.

Анализ особенностей обратного рассеяния радиоволн СВЧ диапазона различного типа поверхностями суши показал возможность решения многих экологических, природоохранных и геолого-географических задач методами активного дистанционного зондирования на основе комплексного использования средств различных диапазонов, а также сочетания их с данными средств пассивной радиолокации, синхронно во времени и пространстве.

Таблица 1

Оптимальные параметры SAR для исследования поверхности суши

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ	X			C			L			P		
	h	v	X	h	v	X	h	v	X	h	v	X
Картирование растительности	.	.	●	.	.	●	<	>	●	<	>	●
<b>Оценка биомассы</b>	.	.	●	.	.	●	.	.	●	.	.	●
Проективное покрытие	●	●	.	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Не залесенные поля	●	●	●	●	●	●	●	.	.	●	.	.
Мониторинг с/х культур	<	<	<	>	>	>	●	●	●	-	-	-
Мониторинг тундры	●	●	●	●	●	●	.	.	.	.	.	.
Замерзшая, оттаявшая растительность	<	<	<	>	>	>	.	.	●	.	.	.
Влажность почвы	-	-	-	.	.	.	●	●	●	.	.	●
Картирование засоленности	-	-	-	-	--	.	●	●	-	.	.	.
Шероховатость поверхности почвы	.	.	.	.	.	.	●	●	●	.	.	.
Размеры снежного покрова	<	>	●	<	>	.	.	.	.	-	-	-
Водный эквивалент снега	●	●	●	●	●	●	●	●	●	.	.	.

Основные требования к многочастотной радиолокационной системе как самолетного, так и космического базирования, представлены в табл. 3.

Для космических систем с большой дальностью действия ослабление миллиметровых радиоволн в атмосфере оказывается достаточно большим, что требует значительного увеличения потенциала системы. Предпочтительно использование радио-

волн сантиметрового и дециметрового диапазонов. Из-за существенного поглощения и больших фазовых искажений в ионосфере в таких системах проблематично использование радиоволн метрового и более длинноволновых диапазонов.

Существенным условием является применение режимов с горизонтальной и вертикальной поляризацией на излучение и с приемом 2-х ортогональных

компонент, т.к. поляризионные особенности рассеянного сигнала могут быть использованы при решении многих практических задач.

Среди многих задач, стоящих при создании измерительного комплекса, следует отметить:

– разработку методов и программного обеспечения совместной многоканальной обработки полу-

ченной информации;

– создание банка данных систематических наблюдений на выбранных полигонах;

– проведение контактных исследований на полигонах параллельно с самолетными и наземными радиолокаторами.

Таблица 2

Необходимое линейное разрешение радиолокационных изображений

	Объекты географического разрешения	Линейное разрешение (м)
Формы эрозионного рельефа	Крупнейшие речные долины в аридных районах	10
	<b>Крупные речные долины</b>	10
	Балки 3-го порядка	300
	Балки 1-2-го порядков	100
	<b>Крупные овраги</b>	20
Сельскохозяйственные поля	Массивы полей в районах зернового земледелия на равнинах	300
	Индивидуальные поля в тех же районах	100
	Индивидуальные поля в районах орошаемого земледелия	20
Населенные пункты	Крупные города	10-300
	<b>Крупные населенные пункты в степной зоне</b>	100-300
	Населенные пункты, основные магистрали, густота застройки	100
	Улицы (совокупность дороги с рядами домов вдоль нее)	30
	Отдельные здания	10
Индивидуальные объекты	Автомобильные дороги	100
	Аэродромы (ВВП)	100
	Вырубки в лесу	100
	Лесные государственные полосы	100

Таблица 3

Основные требования к многочастотной радиолокационной системе

Параметры	Картографирование	Геологические структуры	Подповерхностное зондирование	Определение влагозапаса	Сельскохозяйственные задачи
Диапазон рабочих частот	СМВ ДМВ	СМВ ДМВ	СМВ, ДМВ МВ	ММВ, СМВ ДМВ, МВ	СМВ ММВ
Диапазон углов визирования	20-50	10-20	10-50	20-60	20-60
Поляризация	ВВ, ГГ, ГВ	ВВ, ГГ, ВГ, ГВ	ГГ, ВГ	ВВ, ГГ, ВГ, ГВ	ВВ, ГГ, ВГ, ГВ
Разрешение на местности	20-50	20-50	20-100	20-50	10-20

ММВ, СМВ, ДМВ, МВ - миллиметровые, сантиметровые дециметровые и метровые волны соответственно.

## 2. Моделирование гибридной сети передачи данных

Возникает вопрос, как смоделировать HSTN-трафик для предсказания пропускной способности, и в частности, насколько длинный временной отрезок можно представить моделью трафика, чтобы она всё ещё достаточно точно аппроксимировала реальный трафик. Исследуем эти проблемы, непосредственно сравнивая четыре самых распространенных статистических распределения: экспоненциальное,

логнормальное, Вейбулла и Парето. Распределения подбирают по двум основным параметрам трафика из реальных HSTN-трафиковых трасс (времена между поступлениями соединения и количество переданных байт, т.е. рабочая нагрузка) и, используя статистические методики, сравнивают их относительные похожести. Также сравнивают модели трафика, построенные с использованием этих распределений, с результатами, полученными из реальных трасс трафика.

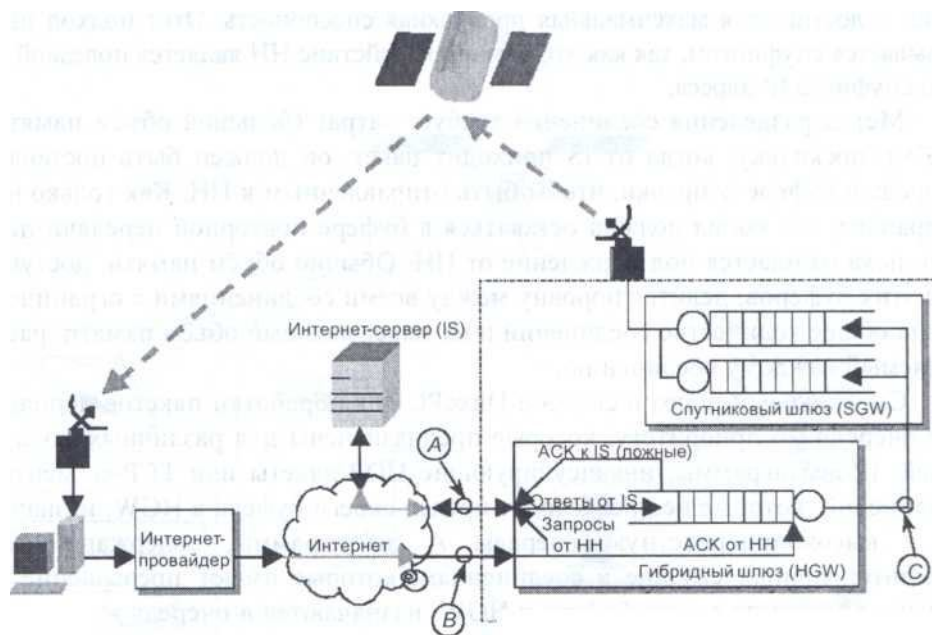
Наземный сетевой трафик обычно исследовался для небольших сетей [11, 12], которые не являются спутниковыми/беспроводными, и не имеют коммерческой специфики.

В основу изложенных ниже результатов положены исследования серии трасс трафика, взятые из большой коммерческой HSTN, известной как система DirecPC [12, 13]. Эти трассы использовались как основа для сравнительного исследования моделей трафика.

Рассмотрим применимость различных распределений модели глобального трафика в условиях гибридных спутниково-наземных сетей. Рассмотрим, в частности, две проблемы: первую назовём

«пределной полезностью» (дополнительная выгода в результате использования) более новых самоподобных моделей по сравнению с традиционными моделями; и вторую «временем жизни» модели (под этим будем понимать, как долго модель остаётся корректной, после того как была признана пригодной).

Рассмотрим систему DirecPC как пример сервиса гибридной спутниково-наземной сети (рис. 1). Заметим, что многие из рассматриваемых технических проблем применимы ко всем системам, которые предоставляют возможность объединения TCP/IP-сетей посредством геостационарного спутника(ов).



Гибридный хост (НН)DirecPC Сетевой операционный центр (NOC)  
Рис. 1. Стандартная конфигурация гибридной сети

На рис. 1 показано типичное соединение DirecPC. Компьютер пользователя (обычно называемый «гибридным хостом») (НН - HybridHost)) отправляет все исходящие пакеты по модему через провайдера (ISP) Интернет-услуг к центру сетевых операций DirectPC (NOC - NetworkOperationsCenter). «Сердце» NOC - это гибридный шлюз (HGW - HybridGateway), который отсылает пакеты к выбранному Интернет-серверу (IS). Пакеты, заключающие в себе ответ сервера, поступают в HGW и отправляются обратно к гибридному хосту через спутниковый канал. Из-за того, что спутник находится на геостационарной орбите, задержка в канале от HGW до НН приблизительно равна 250 мс. Эффективность традиционного TCP при такой большой задержке канала ограничена сравнительно небольшим окном передачи. Гибридный шлюз решает эту проблему, используя разделение соединения, подтверждая приходящие пакеты не от имени гибридного хоста (возлагая на себя ответственность за их достоверную доставку к НН) и используя выбор

большого TCP-окна (InternetRFC 1072 [14]) через спутниковый канал. В результате «вероятное» время «туда-обратно», которое ожидает IS, может быть минимизировано, и достигается максимальная пропускная способность. Этот подход иногда называется спуфингом, так как это обманное действие НН является полезной формой спуфинга IP-адреса.

Метод разделения соединения требует затрат (большой объём памяти на HGW), поскольку, когда от IS приходит пакет, он должен быть поставлен в очередь в буфере отправки, чтобы быть отправленным к НН. Как только пакет отправлен, его копия должна оставаться в буфере повторной передачи до тех пор, пока ожидается подтверждение от НН. Обычно объём памяти, доступный для этих буферов, делится поровну между всеми соединениями с ограничениями на общее количество соединений и на максимальный объём памяти, распределяемый каждому соединению. Спутниковый шлюз в системе DirecPC для обработки пакетов использует две очереди по приоритету, которые предназначены для

различных пользователей. IP-дейтаграммы, инкапсулирующие UDP-пакеты или TCP-сегменты от соединений, которые не превосходят предел своего буфера в HGW, назначаются в высокоприоритетную очередь. А дейтаграммы, содержащие TCP-сегменты, принадлежащие к соединениям, которые имеют превышение предельного значения своего буфера в HGW, назначаются в очередь низкого приоритета. Все дейтаграммы в очереди более высокого приоритета обслуживаются до любой дейтаграммы из очереди более низкого приоритета

### 3. Анализ гибридных схем доступа

Типичная схема гибридной сети приведена на рис. 3. Рассмотрим взаимодействие узлов данной сети. Источником трафика запросов сети являются удаленные пользователи. Часть трафика в этой системе производится интерактивными приложениями.

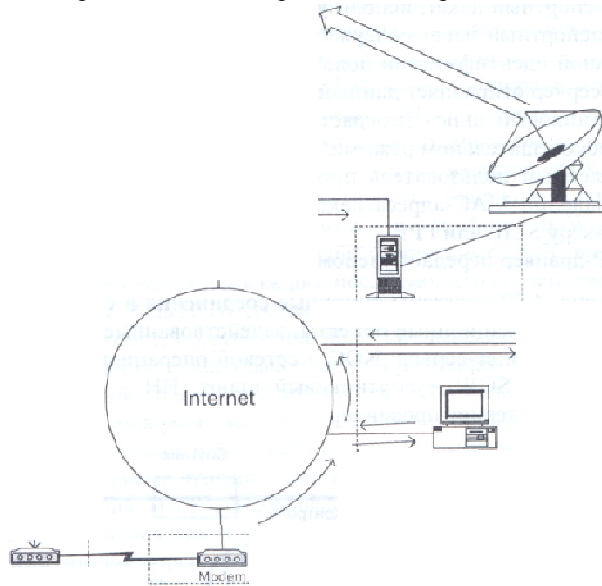


Рис. 2. Схема обмена данными в спутниковой сети

Запросы от пользователей передаются через разделяемый спутниковый канал в сетевой операционный центр NOC, в котором можно выделить два узла. Первый узел занимается обработкой поступающих от удаленных пользователей запросов и выполняет роль прокси-сервера для удаленных пользователей, транслируя Интернет-запросы серверам, а также отвечая от их адреса - т.е. осуществляя спуфинг. Все пакеты, приходящие от Интернет-серверов, перенаправляются на второй узел NOC, выполняющий роль передающего спутникового шлюза операционного центра. Во втором узле NOC происходит оптимизация использования канала передачи. Это осуществляется в рамках используемого транспортного протокола путем введения минимальных гарантируемых информационных скоростей CIR для различных видов трафика. В то время как максимальная скорость PIR на порту данных ограничивается скоростью несущей.

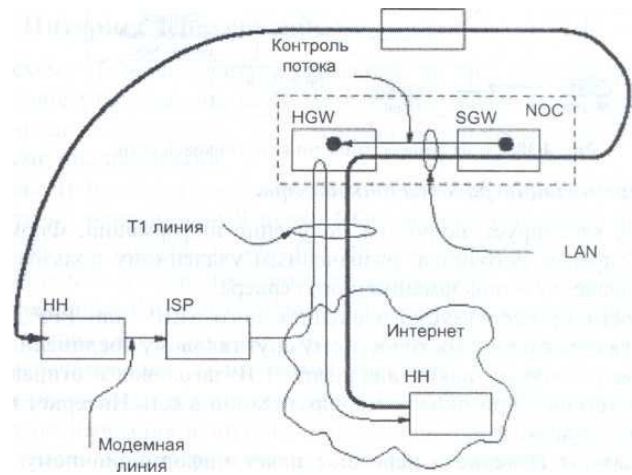


Рис. 3. Типичные соединения в гибридной сети

Рассмотрим организацию работы такой сети.

1. Приложение генерирует запрос на получение информации. Формируется IP-пакет с адресом источника, назначенным удаленному пользователю, и адресом назначения – информационного сервера.

2. В зависимости от используемого специального SLIP- или PPP-драйвера, отправляется пакет по низкоскоростному спутниковому соединению.

3. Прокси-сервер получает пакет, анализирует IP-заголовок и отправляет пакет в соответствии с протоколом маршрутизации в сеть Интернет к информационному серверу.

4. Маршрутизаторы Интернета передают пакет информационному серверу, который берет запрошенный файл и передает его по адресу источника, т.е. по IP-адресу пользовательского терминала, выделенного в подсети спутникового шлюза.

5. Чтобы найти пользовательский терминал, протокол Интернет-маршрутизации посылает пакет по подсети, связанной через маршрутизатор с прокси сервером. Прокси-сервер с помощью протокола автоматической маршрутизации APR для всех пакетов, предназначенных удаленным пользователям, отчитает «посылай мне».

6. Как только прокси-сервер примет пакет, происходит инкапсуляция пакет! транспортный пакет, используемый для передачи IP по спутниковым сетям. Транспортный пакет содержит MAC-адрес приемника, служащий для уникальной идентификации пользователя. По внутренней локальной сети прокси сервер отправляет данный пакет спутниковому шлюзу.

7. Спутниковый шлюз передает все присланные прокси сервером пакеты широкополосном режиме.

8. Удаленный пользователь просматривает все передаваемые пакеты и при совпадении MAC-адреса пакета и приемника захватывает его и посылает драйверу SLIP или PPP.

9. SLIP-драйвер передает уведомление о получении пакета (ACK).

На рис. 3 показаны типичные соединения в гибридных сетях. Коммуникационные объекты, задействованные в системе передачи данных: IS – Интернет-сервер; NOC – сетевой операционный центр; HGW – гибридный шлюз; SGW – спутниковый шлюз; HH – гибридный пользователь (хост); ISP – Интернет-провайдер.

Система спутникового гибридного Интернета использует наземные и спутниковые каналы для потоков информации от/к удаленным пользователям (HH). Достоверная передача данных основана на TCP-контроле передачи. Известно, что TCP плохо работает на спутниковых линиях связи из-за большой задержки и качества спутниковых каналов. Для решения проблемы задержки вводится механизм спуфинга. Спуфинг означает, что гибридный шлюз HGW посылает подтверждения на Интернет-сервер IS от имени гибридного пользователя HH. Этот механизм применим при допущении, что спутниковый канал связи наверняка доставит данные по назначению. В противном случае ошибка, возникшая на спутниковом канале, будет замечена HH приблизительно через 0,3 с, после чего HGW начнет повторную передачу.

Будем полагать, что связь была инициирована HH и IS передает затребованные данные. Поток данных исходит от IS и поступает по линии связи (T1 и шире) на NOC. Первым элементом в NOC, получающим данные является HGW, который играет роль маршрутизатора для локальной сети NOC. Гибридный шлюз HGW принимает данные от имени удаленного пользователя - спуфинг. HGW управляет потоком информации, передавая подтверждающие сообщения от NOC на IS. Поток контрольных данных вычисляется для каждого последующего соединения, используя переменные величины. Роль HGW состоит в выполнении этих вычислений. Все пакеты гибридного Интернет, поступающие на HGW, передаются спутниковому шлюзу SGW. На HGW работает схема пакетной приоритизации, которая сортирует трафик на два класса: высокого и низкого приоритета. SGW используется как точка отправки пакетов по спутниковому каналу. Работа SGW заключается в мультиплексировании трафика Интернет и внешнего трафика. В основном это трафик дополнительных услуг, например, трафик «пакетной доставки» и/или мультимедийный корпоративный трафик. Пакетная доставка – это механизм при котором организация доставляет сообщения своим заказчикам (клиентам).

Этот внешний трафик характеризуется флуктуациями ширины полосы пропускания гибридного Интернет, поскольку он рассматривается как высокоприоритетный трафик и обслуживается до тех пор, пока не будет завершен. Важно заметить, что несмотря на то, что все потоки проходят через SGW

внутри шлюза, они распределяются по разным очередям. Таким образом, в любой момент времени SGW содержит четыре очереди: две для пакетной доставки и снабжения данными и две для двух уровней приоритета в гибридном Интернете.

После прохода по спутниковым каналам пакеты, исходящие из SGW, достигают заданного HH. Все данные подтверждаются в HGW. HH посылает подтверждения через модем на BP, которые далее посылаются через каналы Интернет в HOW. При получении подтверждения HGW удаляет соответствующие копии посылок.

#### 4. Моделирование трафика гибридного Интернета

Структура HSTN-сервиса, ориентированная на соединение, воздействует на моделирование трафика для такого окружения. Все популярные самоподобные трафиковые модели временных рядов (такие как фрактальное броуновское движение - ФБД), авторегрессионные и фрактальные авторегрессионные интегральные модели скользящего среднего - FARIMA) описывают пакетные поступления для объединенного трафика, но не рассматривают структуру отдельных единиц трафика (пакетов, ячеек и т.п.) в потоках (или соединениях). Эти классы моделей представляют модели двойной асимптотики сетевого трафика как в смысле асимптотики для большого (похожего) числа пользователей, так и в смысле временной асимптотики. Однако в HSTN-окружении интересует моделирование трафика на уровне соединения (что характеризует трафик соединений), потому что в любой созданной модели HSTN-шлюза (HGW в схеме DirecPC) должна быть предусмотрена возможность подавать искусственные данные (или реальные данные), помеченные как отдельные соединения. Имея подобранную к объединенным трассам трафика модель ФБД или FARIMA, нельзя разделить пакеты, принадлежащие к отдельным соединениям. Тем не менее экспериментально собранные трассы позволяют исследовать отдельные или объединенные пакеты, а также их статистические характеристики и связанные с ними модели.

Так как каждое TCP-соединение можно описать двумя характеристиками (временем поступления и количеством передаваемых байт), то можно получить широкий класс моделей, годных для этого. Предполагая независимость времён поступления и передаваемых байт, можно подобрать любые статистические распределения для этих двух переменных.

#### Выводы

В результате проведенного анализа требований к радиофизической аппаратуре предназначенной для исследования параметров поверхности Земли:

1. Установлені параметри сигналів і типи апаратури, які необхідно застосовувати для забезпечення заданого якості проведення дистанційного зондування Землі.

2. Для забезпечення передачі даних дистанційного зондування Землі в режимі реального і квазіреального часу проведено аналіз гібридної мережі передачі даних.

3. Предложено основні схеми побудови гібридної мережі передачі даних системи дистанційного зондування Землі.

4. Проведено аналіз існуючих і перспективних моделей функціонування гібридних мереж дистанційного зондування Землі, які можуть враховувати самоподібний характер трафіку передачі даних.

5. Дальніші дослідження планують присвятити розробці методів передачі інформації в системі дистанційного зондування Землі, які дозволять скоротити час передачі і підвищити якість передачі даних.

### Список літератури

1. *Spaceborne Synthetic Aperture Radar: Current Status and Future Directions* / D. Evans, J. Apel, R. Arvidson et al. – A Report to the Committee on Earth Sciences, Space Studies Board, National Research Council. 1995. NASA Technical Memorandum p.4679.
2. *Overview of results of Spaceborne Imaging Radar - C, X – Band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR)* / E. Stofan, D. Evans, C. Schmmullius At al. // *IEEE Trans. on Geosc. and Remote Sens.* – 1995. -33:4. – P. 817-828.
3. *Estimation of forest biophysical characteristics in northern michigan with SIR-C/X-SAR* / M.C. Dobson, F. Ulaby, L. Pierce at. al. // *IEEE Trans. on Geosc. and Remote Sens.* – 1995. – 33:4. – P. 877-895.
4. *Land-cover classification and estimation of terrain attributes using synthetic aperture radar* / M.C. Dobson, F. Ulaby, L. Pierce at. al. // *Remote Sensing of Environment*, – 1995. – 51. – P. 199-214.
5. *Kasischke E. Observations on the sensitivity of ERS-1 SAR image intensity to changes in aboveground biomass in young loblolly pine forests* / E. Kasischke, N. Christensen,

E. Haney, L. Bouergeau-Chavez // *Intrnational Journal of Remote Sensing.* – 1994. – 15. – P. 3-16.

6. *Schmullius C. Crop monitoring with multi-temporal airborne DLR E-SAR images* / C. Schmullius, J. Nithack // *Proceedings International Geoscience and Remote Sensing. Symp (IGARSS '95), Florence, Italy, 10-14 Ju. 1995.* – P. 719-721.

7. *Physical Principles of Microwave Remote Sensing of Terrains* / G.R. Kulemin, I.V. Shcherbinin, S.E. Yatsевич et. al. // *Proc. of the 6th physics international school "Microwave Physics and Technique"* – Varna(Bulgaria), Utopia Press. – 2-7 Oct. 1989. – P. 16-33.

8. *Кулемин Г.П. Взаимосвязь обратного рассеяния радиоволн СВЧ диапазона с параметрами растительного покрова и открытых почв при дистанционных методах зондирования* / Г.П. Кулемин, С.Е. Яцевич // *Успехи современной радиоэлектроники, ИПРЖР.* – М., 2004. – №3. – С. 24-34.

9. *Яцевич С.Е. Особенности применения многочастотной радиолокационной информации при дистанционных исследованиях аграрных территорий* / С.Е. Яцевич, Е.И. Яцевич, В.К. Иванов, А.В. Шатохин // *Космічна наука і технологія.* – К., 2002. – Т. 6, №5/6. – С. 263-270.

10. *Радиолокационные методы и средства оперативного дистанционного зондирования Земли с аэрокосмических носителей* / Под редакцией С.Н. Конохова, В.И. Драновского, В.Н. Цымбала. – К.: ООО НТЦ «Авиадиагностика», изд. «Джулия принт», 2007. – 439 с.

11. *Можжаев О.О. Передача інформації у гетерогенних комп'ютерних мережах* / О.О. Можжаєв. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 220 с.

12. *Кучук Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення* [Текст] / Г.А. Кучук. – Х.: ХУ ПС, 2013. – 264 с.

13. *Можжаєв О.О. Концепція забезпечення якості надання послуг у цифрових телекомунікаційних мережах* / О.О. Можжаєв // *Системи обробки інформації.* – Х.: ХУ ПС, 2013. – Вип. 7 (114). – С. 128-133.

14. *Можжаєв О.О. Моделювання трафіку комп'ютерної мережі системи автоматичної ідентифікації суден* / О.О. Можжаєв // *Системи управління, навігації та зв'язку.* – К.: ДП «ЦНДІ НІУ», 2012. – Вип. 3(23). – С. 180-183.

Поступила в редколлегию 14.08.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.А. Можжаєв, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

### РАДІОФІЗИЧНА АПАРАТУРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ І СТВОРЕННЯ ГІБРИДНОЇ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

С.С. Яцевіч, О.І. Яцевіч, В.С. Кузьменко, Наєм Хазім

Встановлені параметри сигналів і типи апаратури, яку необхідно застосовувати для забезпечення заданої якості проведення дистанційного зондування Землі. Для забезпечення передачі даних в режимі реального і квазіреального часу проведено аналіз гібридної мережі передачі даних і запропоновані основні схеми її побудови. Проведений аналіз існуючих і перспективних моделей функціонування гібридних мереж дистанційного зондування Землі, які можуть враховувати самоподібний характер трафіку передачі даних.

**Ключові слова:** дистанційне зондування Землі, самоподібний трафік, гібридна мережа передачі даних.

### RADAR APPARATUS FOR RESEARCH OF PARAMETERS OF TERRENE AND CREATION OF HYBRID NETWORK OF TELECOMMUNICATIONS

S.Ye. Yacevich, Ye.I. Yacevich, V.Ye. Kuz'menko, Naaem Khazim

The parameters of signals and types are set apparatuses which must be applied for providing of the set quality of leadthrough of the remote sensing of Earth. For providing of communication of data in the mode of the real time the analysis of hybrid network of telecommunications is conducted and the basic charts of its construction are offered. The analysis of existent and perspective models of functioning of hybrid networks of the remote sensing is conducted Earths which can take into account self-similarity character of communication of data.

**Keywords:** remote sensing of Earth, self-similarity traffic, hybrid network of telecommunications.