

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.052.32

ИПАТОВИЧ  
Андрей Александрович

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ  
УСТРОЙСТВ ИНТЕГРИРОВАННОГО ДОСТУПА**

Автореферат  
на соискание степени магистра  
по специальности 1–45 80 01 Системы и сети инфокоммуникаций

---

Научный руководитель  
канд. техн. наук, доцент  
ДАВЫДОВА Надежда Сергеевна

---

Минск 2022

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время провайдеры телекоммуникационных услуг строят многофункциональные сети, обеспечивающие передачу голоса, данных, видеосигнала и графических образов. Для того, чтобы клиент мог одновременно работать с трафиком различного характера, он должен обладать многофункциональным устройством, предоставляющим ему интегрированный доступ в сеть провайдера.

Устройства интегрированного доступа (Integrated Access Device – IAD) – телекоммуникационное оборудование, расположенное в помещении клиента, позволяющее провайдеру предоставлять несколько видов услуг по средствам одного физического канала доступа. К таким услугам относятся: телефония, интерактивное телевидение, высокоскоростной доступ в Интернет и другие. Среди преимуществ устройств интегрированного доступа можно отметить возможность добавлять новые услуги, не ухудшая уже предоставляемые, а также возможность использования устройств для функций мониторинга локальных сетей, выявления нарушений эксплуатации и управления доступом в сеть.

Современная сетевая инфраструктура на территории Республики Беларусь строится на базе GPON технологий, однако в значительном объеме продолжается эксплуатация сетей, работающих по технологии DSL. Это особенно актуально для той местности, где технически сложно или на данный момент не выгодно строить GPON сети, а именно в сельской местности, деревнях.

В настоящее время в производственных лабораториях РУП «Белтелеком» в большом объеме производится постгарантийный ремонт абонентских устройств интегрированного доступа, работающих по технологии DSL.

С течением времени растет как количество выходящих из строя устройств, так и разнообразие возникающих неисправностей. Некоторые из таких неисправностей проявляются лишь при длительной эксплуатации абонентских устройств, что значительно усложняет процессы диагностики и тестирования на рабочем месте по ремонту. В связи с этим возникла необходимость в усовершенствовании и автоматизации процессов диагностики и тестирования ремонтируемых устройств интегрированного доступа.

Таким образом, целью работы является разработка автоматизированной системы тестирования абонентских устройств интегрированного доступа всех моделей, эксплуатируемых на РУП «Белтелеком» и работающих по технологии DSL.

Решение поставленной цели позволит получить следующие преимущества для производственных лабораторий РУП «Белтелеком»:

1 Повышение качества ремонта и гарантия исправности оборудования, выдаваемого абонентам после ремонта. Это должно достигаться путем более длительного тестирования устройств, позволяющего выявить неявные неисправности, которые не проявляются при кратковременной проверке работоспособности.

2 Снижение трудозатрат на операцию тестирования устройств интегрированного доступа. Это достигается максимальной степенью автоматизации системы. Все этапы тестирования должны проходить без участия оператора: конфигурация устройства, длительный контроль основных параметров, анализ результатов тестирования.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задача исследования**

Целью работы является разработка автоматизированной системы тестирования абонентских устройств интегрированного доступа всех моделей, эксплуатируемых на РУП «Белтелеком» и работающих по технологии ADSL.

Объектом исследования являются устройства интегрированного доступа, работающие по технологии ADSL.

Предметом исследования являются технологии и средства автоматизации процесса тестирования и диагностики устройств интегрированного доступа, работающих по технологии ADSL.

Для решения поставленной цели были выделены следующие задачи:

1 обзор методов и систем тестирования устройств интегрированного доступа;

2 разработка структуры системы автоматизированного тестирования;

3 разработка алгоритма работы системы;

4 разработка аппаратной части системы;

5 разработка программного обеспечения;

6 апробация системы и анализ ее работы под нагрузкой.

### **Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Тема диссертационной работы соответствует пункту 1 приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021-2025 гг., утвержденных Указом Президента Республики Беларусь №156 от 7 мая 2020г. «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них

производства». Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

### **Положения, выносимые на защиту**

1 Система автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа, позволяющая выявлять неисправности абонентских устройств, возникающие при длительной эксплуатации, и обеспечить высокий уровень качества и скорости тестирования в условиях больших объемов ремонта устройств интегрированного доступа. Отличительной особенностью системы является возможность производить одновременное длительное функциональное тестирование нескольких абонентских устройств в условиях максимально приближенных к условиям эксплуатации.

2 Программное обеспечение для автоматизации тестирования устройств интегрированного доступа, позволяющее выполнять автоматическую конфигурацию и тестировать все функциональные узлы нескольких абонентских устройств, отличительной особенностью которого является автоматический оперативный контроль за всеми ключевыми техническими параметрами работы устройств, в том числе качества канала тональной частоты.

### **Личный вклад магистранта**

В содержании диссертации отображается личный вклад автора. Он заключается в разработке метода автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа, определении технических требований, структуры и алгоритма работы системы. Автором разработан аппаратно-программный комплекс, проведено исследование характеристик системы при работе под нагрузкой. Совместно с научным руководителем Н.С. Давыдовой были определены цели и задачи исследования, проведен анализ результатов исследования.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

На 57-ой и 58-ой конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР докладывались основные положения диссертационной работы, а именно структура системы, алгоритм ее работы и средства автоматизированной конфигурации устройств интегрированного доступа. На основании докладов были опубликованы статьи в сборниках материалов 57-ой и 58-ой конференций БГУИР.

На международном научно-техническом семинаре «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» в 2021 году обсуждалось программное обеспечение системы, основные методы и программные инструменты. В сборнике материалов была опубликована статья с приведенным алгоритмом работы программы и изображениями пользовательского интерфейса.

Разработанный аппаратно-программный комплекс был внедрен в Центральной производственной лаборатории электросвязи в Могилевском филиале РУП «Белтелеком» и оформлен как рационализаторское предложение в 2020 году. Удостоверение на рационализаторское предложение приведено в приложении к диссертации.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, перечня условных обозначений и терминов, общей характеристики работы, пяти глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка, четырех приложений.

Общий объем диссертационной работы составляет 104 страниц, из них 75 страниц текста, 32 рисунка на 12 страницах, список использованных источников из 26 наименований на 2 страницах, список публикаций автора по теме диссертации из 3 наименований на 1 странице, графические материалы на 6 страницах, 4 приложения на 10 страницах.

### **Проверка на уникальность**

Проведена экспертиза диссертации Ипатовича А.А. «Система автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме 31.05.2022 г. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 98.13 %).

### **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении дано определение устройств интегрированного доступа, обозначена проблема сложности их длительного функционального тестирования без использования средств автоматизации.

В общей характеристике работы сформулирована цель и задачи диссертационной работы, показана связь работы с приоритетными

направлениями научных исследований, описан личный вклад соискателя ученой степени, приведена информация об апробации результатов диссертации.

В первой главе приведен обзор современных методов и средств тестирования устройств интегрированного доступа. Описаны функциональные особенности, виды неисправностей и причины их возникновения. Приведены используемые методы и средства тестирования абонентских устройств интегрированного доступа на предприятии и обозначены их недостатки.

Во второй главе проведен анализ технического задания и объекта исследования. Сформулирована цель и задачи работы. На основе технических характеристик и особенностей абонентских устройств интегрированного доступа определены технические требования к разрабатываемой системе автоматизированного тестирования.

В третьей главе разработана структурная схема и алгоритм работы системы автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа. Структурная схема системы изображена на рисунке 1. Определены технические требования и выбор элементов аппаратной части системы. Автором разработано электронное устройство для автоматической коммутации телефонных каналов абонентских устройств, приведена его электрическая принципиальная схема, алгоритм работы, разработана программа для микроконтроллера.



Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа

В четвертой главе описана разработка программного обеспечения системы автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа. Приведена структура программы, описан принцип работы всех ее составляющих. Приведено описание сопутствующего программного обеспечения, обоснование выбора языка программирования. Автором разработана программа и графический интерфейс. Главное окно программы изображено на рисунке 2.

№	Модель	MAC	IP-адрес	Время теста	LAN	DSL	Макс. скорость	Акт. скорость	SNR	Задержка	VoIP	Наборы	Сбросы	Wi-Fi	Примечание
1	HG552e	60:e7:01:85:ec:85	192.168.1.101	0:01:10:50	OK	OK	1268/28022	1021/24541	10.5/6.5	0.2/2.5	OK	8/8	0	-32 dBm	
2	ZXHN H208N	70:9f:2d:93:15:64	192.168.1.102	0:01:10:50	OK	OK	1268/27716	1021/24543	12.0/7.2	0.5/0.0	OK	8/8	0	-29 dBm	
3	ZXHN H208N	70:9f:2d:92:8c:bc	192.168.1.103	0:01:10:50	OK	OK	1268/27996	1021/24543	11.2/6.5	0.5/0.0	OK	9/9	0	-29 dBm	
4	ZXHN H208N	ec:8a:4c:97:c4:2d	192.168.1.104	0:01:10:50	OK	OK	1302/27332	1021/24543	11.7/6.7	0.2/0.0	OK	7/7	0	-40 dBm	
5	HG552e	60:e7:01:aa:5a:22	192.168.1.105	0:01:10:50	OK	OK	1275/27743	1021/24540	10.2/7.5	0.5/2.5	OK	7/8	0	-31 dBm	
6	ZXHN H208N	34:4d:ea:81:39:10	192.168.1.106	0:01:10:50	OK	OK	1275/27944	1021/24543	12.0/8.0	0.5/0.0	OK	7/7	0	-33 dBm	
7	ZXHN H208N	cc:7b:35:14:14:b8	192.168.1.107	0:00:40:44	OK	n/a	-	-	-	-	n/a	0/0	0	-36 dBm	
8	ZXHN H208N	2c:95:7f:03:3b:10	192.168.1.108	0:01:10:50	OK	OK	1024/11616	992/11488	8.5/14.0	0.0/0.0	OK	6/7	0	-32 dBm	
9	ZXHN H208N	cc:7b:35:16:0d:4c	192.168.1.109	0:00:41:22	OK	OK	1025/27554	1021/24505	10.3/9.7	0.0/0.0	OK	6/6	0	-34 dBm	
10	HG552e	60:e7:01:86:10:79	192.168.1.110	0:01:10:50	OK	OK	1268/27787	1021/24540	10.2/9.2	0.5/2.5	OK	6/6	0	-29 dBm	
11	ZXHN H208N	14:60:80:62:5f:78	192.168.1.111	0:01:10:50	OK	OK	1272/27752	1021/24543	12.0/9.0	0.2/0.0	OK	6/6	0	-27 dBm	
12	HG552e	60:e7:01:8e:a5:10	192.168.1.112	0:01:10:50	OK	OK	1260/27775	1021/24540	10.2/8.0	0.0/2.5	OK	5/5	0	-40 dBm	
13	HG552H-11	3c:df:bd:b0:85:c5	192.168.1.113	0:01:10:50	OK	OK	1546/26584	1021/24178	20.0/8.0	0.2/0.0	OK	9/9	0	-37 dBm	
14	ZXHN H208N	2c:95:7f:03:02:b0	192.168.1.114	0:01:10:50	OK	OK	1024/11744	992/11808	7.2/10.0	0.0/0.0	OK	8/8	0	-29 dBm	
15	ZXHN H208N	54:22:f8:14:87:ed	192.168.1.115	0:01:10:50	OK	OK	1260/27900	1021/24543	11.0/10.0	0.5/0.0	OK	7/7	0	-43 dBm	
16	HG552e	60:e7:01:87:2f:7d	192.168.1.116	0:01:10:50	OK	OK	1260/28351	1021/24540	9.7/9.7	0.5/2.5	OK	9/10	1	-24 dBm	
17	ZXHN H208N	54:22:f8:1a:be:c2	192.168.1.117	0:01:10:50	OK	OK	1272/27800	1021/24543	11.5/8.2	0.2/0.0	OK	6/6	0	-17 dBm	
18	ZXHN H208N	54:22:f8:1c:ed:0a	192.168.1.118	0:01:10:50	OK	OK	1272/27952	1021/24543	12.2/9.7	0.2/0.0	OK	7/7	0	-29 dBm	
19	ZXHN H208N	54:22:f8:14:86:e1	192.168.1.119	0:01:10:50	OK	OK	1279/27852	1021/24543	12.0/8.7	0.5/0.0	OK	6/6	0	-18 dBm	
20	ZXHN H208N	ec:8a:4c:96:05:31	192.168.1.120	0:01:10:50	OK	OK	1268/27728	1021/24543	11.5/7.5	0.2/0.0	OK	6/6	0	-50 dBm	
21		34:4b:50:04:02:06		0:01:10:50	n/a							0/0			
22	ZXHN H208N	70:9f:2d:92:ae:40	192.168.1.122	0:01:10:50	OK	OK	1272/28120	1021/24543	11.7/8.7	0.5/0.0	OK	6/6	0	-31 dBm	
23	ZXHN H208N	70:9f:2d:91:bd:e8	192.168.1.123	0:01:10:50	OK	OK	1272/26904	1021/24484	11.0/6.5	0.2/0.0	OK	6/6	0	-65 dBm	

  

Время	Модель	MAC	IP	Событие
11:40:54 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:14:14:b8	192.168.1.107	LAN соединение установлено.
11:41:06 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:14:14:b8	192.168.1.107	Конфигурация IAD завершена.
11:41:13 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:16:0d:4c	192.168.1.109	Обнаружен IAD. Выполняется конфигурация IP адреса и VoIP параметров.
11:41:17 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:16:0d:4c	192.168.1.109	LAN соединение разорвано.
11:41:20 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:14:14:b8	192.168.1.107	SIP аккаунт зарегистрирован.
11:41:25 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:14:14:b8	192.168.1.107	DSL соединение установлено.
11:42:06 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:16:0d:4c	192.168.1.109	LAN соединение установлено.
11:42:15 23.05.2022	ZXHN H208N	cc:7b:35:16:0d:4c	192.168.1.109	Конфигурация IAD завершена.
11:42:22 23.05.2022	ZXHN H208N	ec:8a:4c:96:05:31	192.168.1.120	Обнаружен IAD. Выполняется конфигурация IP адреса и VoIP параметров.
11:42:29 23.05.2022	ZXHN H208N	ec:8a:4c:96:05:31	192.168.1.120	LAN соединение разорвано.
11:42:43 23.05.2022	ZXHN H208N	ec:8a:4c:96:05:31	192.168.1.120	SIP аккаунт зарегистрирован.

Рисунок 2 – Главное окно программы

Пятая глава содержит информацию о внедрении и апробации разработанной системы автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа. Проведено исследование работы системы под нагрузкой. Автором разработана технологическая карта тестирования абонентских устройств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день объем эксплуатируемых устройств интегрированного доступа на предприятии РУП «Белтелеком» стремительно растет. Вместе с ним растет и объем устройств, поступающих в ремонт в производственные лаборатории предприятия. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью оптимизации и

повышения эффективности ремонта абонентских устройств, а в частности процесса тестирования.

Проведенный анализ используемых на предприятии методов и средств тестирования отремонтированных устройств интегрированного доступа представлен в виде обзора и показывает необходимость автоматизации этого процесса. Отремонтированные IAD нуждаются в более глубоком и длительном функциональном тестировании, что затруднительно без использования средств автоматизации.

Автором были проанализированы технические характеристики и особенности работы устройств интегрированного доступа, были сформулированы технические требования к системе автоматизированного тестирования. На основе технических требований была разработана аппаратная часть системы автоматизированного тестирования IAD. Оборудование, входящее в систему, позволяет максимально приблизить процесс тестирования устройств интегрированного доступа к реальным условиям эксплуатации у абонентов. Тестированию подвергаются все функциональные узлы абонентских устройств. Для проверки работы услуг телефонии IAD автором было разработано электронное устройство – коммутатор телефонных каналов устройств интегрированного доступа, что позволило совершать автоматические тестовые вызовы на абонентские устройства с использованием одного телефонного аппарата.

Также была разработана программа системы автоматизированного тестирования IAD с графическим интерфейсом. В четвертой главе представлено описание работы всех подпрограмм системы, приведены фрагменты кода программы.

Разработанная система была внедрена и апробирована в центральной производственной лаборатории электросвязи Могилевского филиала РУП «Белтелеком». Проведено исследование работы системы в условиях высокой загрузки. Разработана технологическая карта тестирования IAD по средствам автоматизированной системы.

Применение разработанного аппаратно-программного комплекса позволило оптимизировать и повысить качество процесса тестирования устройств интегрированного доступа.

Принципы, использованные при построении данной системы, будут использованы для разработки системы автоматизированного тестирования абонентских терминалов GPON.



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А Ипатович А.А. Система автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа / А. А. Ипатович // Инфокоммуникации: 57-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Минск. : БУГИР, 2021. – С. 86–88.

2-А Ипатович А.А. Программное обеспечение системы автоматизированного тестирования устройств интегрированного доступа / А. А. Ипатович // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы Международного научно-технического семинара. Минск. БУГИР, : 2021. – С. 39–44.

3-А Ипатович А.А. Программные средства автоматизированной конфигурации устройств интегрированного доступа / А. А. Ипатович // Инфокоммуникации: 58-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Минск. : БУГИР, 2022. – С. 26-27.