

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітній рівень)

на тему **Дослідження пристроїв на основі ARM архітектури в технології IPTV**

Виконав: студент 4 курсу, групи 401-ТТ
спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Горжій Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Обіход Я.Я.

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2021 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи " Дослідження пристроїв на основі ARM архітектури в технології IPTV"

Робота містить 73 сторінки, 24 ілюстрацію, 8 таблиць, 15 використаних джерел, 2 додатки.

Ключові слова: IPTV, телебачення, мікрокомп'ютер, ARM, технологія, медіаплеєр.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є технології та методи трансляції телевізійного сигналу через IP протокол, а також розробка IPTV приставки на основі мікрокомп'ютера з ARM архітектурою.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження особливостей технології IPTV, визначення її переваг та недоліків, ознайомлення з різними моделями мікрокомп'ютерів та з архітектурою ARM. Розробка IPTV приставки на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B, встановлення операційної системи та необхідного програмного забезпечення.

Задачі дослідження:

1. Дослідження особливостей технології IPTV.
2. Дослідження моделей мікрокомп'ютерів на основі ARM.
3. Дослідження програмного забезпечення.
4. Дослідження налаштувань мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B в якості IPTV приставки.

ABSTRACT

qualification work "Research of devices based on ARM architecture in IPTV technology"

The work contains 73 pages, 24 illustrations, 8 tables, 15 sources used, 2 additions.

Key words: IPTV, television, microcomputer, ARM, technology, media player.

The object of research of qualification work are technologies and methods of television signal transmission via IP protocol, as well as development of IPTV set-top box based on microcomputer with ARM architecture.

The purpose of this qualification work is to study the features of IPTV technology, determine its advantages and disadvantages, to get acquainted with different models of microcomputers and ARM architecture. Development of an IPTV set-top box based on the Raspberry Pi 4 Model B microcomputer, installation of the operating system and necessary software.

Research objectives:

1. Research of features of IPTV technology.
2. Research of ARM-based microcomputer models.
3. Software research.
4. Research the settings of the Raspberry Pi 4 Model B microcomputer as an IPTV set-top box.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**

_____ О.В. Шефер
“ 11 ” травня 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Горжію Дмитру Олексійовичу

1. Тема роботи «Дослідження пристроїв на основі ARM архітектури в технології IPTV»
керівник роботи Обіход Ярослав Якович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 03.03.2021 року № 158 -фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) додаток LibreELEC, Raspberry Pi, технологія VoD.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Обґрунтування необхідності дослідження технології IPTV. Дослідження ARM архітектури. Дослідження використання IPTV на ARM архітектурі.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Схема одноадресної передачі трафіку;
 - 2) Схема широкомовної передачі трафіку;
 - 3) Схема групової передачі трафіку;
 - 4) Зображення чіпу ARM 1;
 - 5) Зображення мікрокомп'ютера;
 - 6) Схема мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B;
 - 7) Зображення сторінки завантаження ОС LibreELEC.
6. Дата видачі завдання 11.05.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Дослідження технології IPTV. Принцип дії, структура та послуги.	18.05.21			
2	Огляд ARM архітектури. Мікрокомп'ютери та їх характеристики	02.06.21			
3	Використання IPTV на ARM архітектурі	09.06.21			
4	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра.	15.06.21	II		

Студент _____ Горжій Д.О.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Обіход Я.Я.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	9
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ IPTV. ПРИНЦИП ДІЇ, СТРУКТУРА ТА ПОСЛУГИ.....	11
1.1 Технологія IPTV	11
1.2 Принцип дії IPTV	13
1.3 Структура і послуги	14
1.4 Доставка контенту.....	18
1.5 Висновки до розділу	22
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ARM АРХІТЕКТУРИ. МІКРОКОМП'ЮТЕРИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	24
2.1 ARM архітектура.....	24
2.1.1 Особливості архітектури ARM.....	24
2.2 Сучасні мікрокомп'ютери та їх характеристики.....	26
2.2.1 Популярні мікрокомп'ютери	27
2.3 Висновки до розділу	40
3. ВИКОРИСТАННЯ IPTV НА ARM АРХІТЕКТУРІ	41
3.1 Вибір мікрокомп'ютера	41
3.2 Вибір операційної системи.....	44
3.3 Встановлення операційної системи на Raspberry Pi.....	46
3.4 Встановлення LibreELEC на Raspberry Pi 4 Model B	48
3.5 Висновки до розділу	54
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
Додаток А.....	57
Додаток Б.....	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ARM	- Advanced RISC Machine	Удосконалена RISC машина;
BLE	- Bluetooth Low Energy	Bluetooth з низьким енергоспоживанням;
CISC	- Complex Instruction Set Computer	Комп'ютер зі складним набором команд;
CSI	- Camera Serial Interface	Послідовний інтерфейс камери;
DSI	- Display Serial Interface	Послідовний інтерфейс дисплея;
EPG	- Electronic Program Guide	Електронний телегід;
FTP	- File Transfer Protocol	Протокол передачі файлів в мережі;
GNU	- GNU's Not UNIX	Вільна UNIX-подібна операційна система;
GPIO	- General-purpose input/output	Інтерфейс введення/виведення загального призначення;
HDMI	- High Definition Multimedia Interface	Інтерфейс та кабель для передачі цифрових відео та аудіо даних;
HDTV	- High Definition Television	Телебачення високої чіткості;
HEVC	- High Efficiency Video Coding	Високоєфективне кодування відео;
HTTP	- Hyper Text Transfer Protocol	Протокол передачі гіпертексту;
IGMP	- Internet Group Management Protocol	Протокол керування групами Інтернету;
IoT	- Internet of Things	Інтернет речей;
IPTV	- Internet Protocol Television	Інтернет-протокол телебачення;
LAN	- Local Area Network	Локальна комп'ютерна мережа;
LXDE	- Lightweight X11 Desktop Environment	Вільне робоче середовище для UNIX та GNU/Linux;
MPEG	- Moving Picture Experts Group	Експертна група за цифровою запискою відео та звуку;

NOOBS	- New Out of the Box Software	Новий спосіб встановлення готового програмного забезпечення;
NRVR	- Network Personal Video Recorder	Мережевий персональний відеомагнітофон;
RISC	- Reduced Instruction Set Computing	Обчислення зі скороченим набором команд;
SPI	- Serial Peripheral Interface	Послідовний периферійний інтерфейс;
SSH	- Secure Shell	Мережевий протокол, що дозволяє проводити віддалене управління комп'ютером;
STB	- Set-top box	Ресивер цифрового телебачення;
TV	- Television	Телебачення, телевізійне мовлення, телевізор;
UHDTV	- Ultra High Definition Television	Телевізор ультра високої чіткості;
USB	- Universal Serial Bus	Універсальна послідовна шина;
VLSI	- Very-large-scale integration	Схеми надвеликого рівня інтеграції;
VoD	- Video on Demand	Відео за запитом;
VPN	- Virtual Private Network	Віртуальна приватна мережа.

ВСТУП

Дану роботу присвячено дослідженню пристроїв на основі ARM архітектури в технології IPTV. В першу чергу, інтерес до цієї роботи викликає її актуальність. По-друге, це дає можливість вивчати та застосовувати основи проектування, що може стати в нагоді у побуті. Не так давно ми і не могли собі уявити, які додаткові функції будуть доповнювати, здавалося б, звичайнісінький телевізор. Сьогодні людині не потрібно витратити час на гортання каналів, намагаючись знайти щось цікаве, або відкладати всі свої справи і бігти до екранів в певну годину, щоб переглянути улюблений фільм. Завдяки технології IPTV ми можемо змінювати хід мовлення самостійно. Зараз ми без жодних проблем можемо складати власні архіви з улюбленими фільмами та серіалами, музикою, фотографіям, дивитися все це без реклами, ставити на паузу в будь-який момент, переглядати моменти, які сподобалися. Також можна підключатися до інтернету, відвідувати браузер, соціальні мережі, навіть запускати деякі ігри.

IPTV це інновація, яка з'явилася відносно недавно і почала замінити інші цифрові та аналогові системи мовлення. Поява нової технології мовлення стала значною подією і пропонувала глядачам абсолютно нову ідею перегляду телебачення за допомогою інтернету з багатьма різними додатковими можливостями, на відміну від стандартного телебачення. Все це можна отримати, якщо підключити до телевізора спеціальний пристрій – IPTV приставку. Цей пристрій призначений для розшифрування інформації, яка передається через інтернет за протоколом даним провайдером. Приставка IPTV дозволяє так само використовувати і зовнішні накопичувачі, такі як USB-флеш, жорсткий диск або телефон в режимі накопичувача, що дає можливість в будь-який момент подивитися будь-який медіа-файл. Крім перерахованого вище, приставка IPTV ще й відмінний провідник в світ якісно нового мовлення: більшість телеканалів представлено в HD, деякі навіть в FullHD, що актуально для ТВ з широкими екранами. З 2018 року бази провайдерів почали доповнюватися телеканалами у форматі ультрависокої чіткості 4K UHD.

В даній роботі, окрім самої технології IPTV, також будуть розглянуті популярні мікрокомп'ютери і ARM архітектура на якій вони засновані.

На сьогодні ARM є найбільш популярною архітектурою і займає 75 % всіх портативних 32-бітних RISC процесорів. Процесори ARM застосовуються у багатьох пристроях (мобільні телефони і смартфони, планшети, КПК, цифрові аудіоплеєри, калькулятори, ігрові консолі, мікрокомп'ютери, маршрутизатори, NAS-сервери, апаратні брандмауери, тощо). А тепер розглянемо, що ж таке мікрокомп'ютер.

Мікрокомп'ютер - термін для комп'ютера, заснованого на мікропроцесорі. Як правило, вони базуються на архітектурі ARM, яка несумісна з ПК IBM зі своїми можливостями та продуктивністю, найближчими до смартфонів без екрану, але з відеовиходом HDMI. Призначенням цих комп'ютерів є навчальні ПК, медіа-центри, домашні сервери, комп'ютери управління в різних проектах, що цікавлять.

В роботі розглядатимуться популярні моделі мікрокомп'ютерів, їхні характеристики, та за якими критеріями потрібно їх обирати. Буде обрано один пристрій і на його основі розроблено IPTV програвач за допомогою відповідної операційної системи.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ IPTV. ПРИНЦИП ДІЇ, СТРУКТУРА ТА ПОСЛУГИ

1.1 Технологія IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) являє собою сучасну технологію, яка, на відміну від ефірного, кабельного і супутникового, що представляють собою традиційні види цифрового телебачення, передає дані по протоколу IP. Сама система цілком зі світовою павутиною нічим не пов'язана. Цікаво і те, що IPTV розвивається переважно за рахунок коштів, які надають телекомунікаційні компанії і оператори, що пропонують кабельні цифрові і супутникові послуги. Не слід плутати з інтернет-телебаченням, яке передається потоковим відео і доступно користувачеві без участі посередників, тобто компаній – операторів [1].

IPTV нове покоління телебачення. Ця технологія дозволяє користувачам отримувати ідеальну якість зображення і звуку, значною мірою розширює можливості телебачення, за допомогою додавання додаткових сервісів, таких як:

- Онлайн кінотеатр - це ресурс, за допомогою якого ми самі можемо обрати і подивитися той відео-контент, який тільки забажаємо;

- Time Shifted TV (с англ. - «зрушене в часі мовлення») це дуже корисна функція цифрового телебачення. З її допомогою, глядач може користуватися такими функціями, як «Пауза» і «Перемотка» переглядаючи різні телепрограми. Користуючись функцією «Паузи», телепрограма буде записуватися на пристрій пам'яті (жорсткий диск в ресивері цифрового телебачення, відеосервер в мережі оператора, зовнішні флеш-накопичувачі в ресиверах) і забезпечує його відтворення за допомогою вбудованого медіа-плеєра. В недалекому минулому цю можливість підтримували тільки відеомагнітофони та DVD-програвачі [2].

- VoD (Video on Demand) - (з англ. - «Відео за запитом») називається система персональної доставки медіаконтенту абоненту. Щоб зрозуміти користь даної функції, принцип її дії краще пояснити на прикладі: користувач хоче подивитися якийсь цікавий фільм або телешоу, але при цьому він не бажає йти до магазину за

DVD-диском або витратити багато часу на пошук потрібного контенту в хорошій якості, а за часту шукати його в мережі немає сенсу (наприклад, нові фільми). Саме в таких випадках на допомогу приходить функція VoD, яка дозволяє замовити потрібне відео «з доставкою додому», всього лише натиснувши необхідні кнопки на пульті [3].

- Network Personal Video Recorder (NRVR) - (с англ. - «Мережевий персональний відеореєстратор») являє собою сервіс цифрового телебачення, за допомогою якого можна записати будь-який трансльований відео контент і після цього подивитися його безліч разів, з подальшим видаленням. Іншими словами, сервіс збереження контенту в мережі з метою подальшого індивідуального перегляду.

- Electronic Program Guide (EPG) (з англ. - «електронний телегід») або Electronic Service Guide (ESG) інтерактивна послуга в області цифрового телебачення або радіомовлення, забезпечує гнучкість в управлінні цифровим контентом. Електронний телегід (EPG) являє собою екранне меню, яке відображає розклад теле- і радіопрограм з можливістю інтерактивної навігації контенту за часом, назвою, каналу, жанру і т. д. за допомогою пульта дистанційного керування. Також дана функція має коротка анотація до кожного пункту телепрограми. Електронний телегід (EPG) є у всіх ресиверах цифрового телебачення, а також у всіх сучасних телевізорах, що мають вбудований тюнер (декодер) цифрового телебачення [4].

IPTV-мовлення не має обмеження за кількістю телеканалів і кількості трансльованого контенту. Обмеження можуть виникати лише в пропускній здатності мережі оператора IPTV та інтернет провайдера що надають послуги кінцевому абоненту.

Архітектура системи IPTV зазвичай має такі складові:

- підсистема управління комплексом і послугами, яку називають «Проміжне програмне забезпечення» або «IPTV Middleware». Ця складова є основним компонентом рішення IPTV, так як, в кінцевому підсумку саме він визначає набір послуг, які будуть доступні абоненту, призначений для користувача інтерфейс,

алгоритм управління і логіку переходів. На Middleware доводиться роль координатора в процесі взаємодії практично всіх компонентів комплексу. Ядро підсистеми управляє зовнішніми компонентами комплексу, підтримує базу даних абонентів і наданих їм послуг, займається автентифікацією і авторизацією абонентських пристроїв, а в свою чергу абонентський портал (його ще називають користувальницький інтерфейс абонента, Subscriber User Interface) - особа всього комплексу, інтерфейс, який бачить абонент на своєму екрані, і завдяки якому він користується послугами;

- підсистема прийому та обробки контенту;
- підсистема захисту контенту, (технічні засоби захисту авторських прав);
- підсистема відео серверів;
- підсистема моніторингу якості потоків клієнтського обладнання.

В якості клієнтського обладнання можуть виступати всі комп'ютери (відповідні системним вимогам), спеціалізовані ТВ приставки, медіа-плеєри, телевізори з технологією Smart TV, мобільні пристрої. На програмному рівні доступ до ресурсів IPTV може здійснюватися як за допомогою спеціальних додатків (програм), так і за допомогою звичайного інтернет-браузера, вбудованого в пристрій [5].

1.2 Принцип дії IPTV

Щоб зрозуміти принцип дії, необхідно виділити головні вимоги до вирішення побудови IPTV. У технічному рішенні можна виділити чотири основних функцій користувача мережі:

- можливість надання послуг потокового відео і аудіо;
- "відео за запитом";
- обов'язковий доступу в Інтернет;
- зібрати інформаційні ресурси і забезпечити доступ до них.

Для якісної передачі голосу і відео повинні бути задоволені такі основні принципи:

- підтримання транспортних протоколів реального часу;
- забезпечення необхідних механізмів якості обслуговування.

В ролі джерел інформаційного ресурсу необхідних для служб мережі розглядаються:

- супутниковий телепорт, який поставляє ТВ-програми, трансльовані штучними супутниками Землі ТВ-мовлення;
- пряма подача ТВ-програм з власних студій або ж закуплених ТВ-програм;
- відеосервери;
- сервери інших інформаційних ресурсів (ігор, аудіозаписів у форматі MPEG-3, електронних книг, програм, інших файлів);
- ресурси мереж загального користування, що становлять Інтернет [6].

1.3 Структура і послуги

Набір послуг, які необхідно надати, особливо потрібно виділити сервіси реального часу, зазвичай пред'являють жорсткі вимоги до транспортної системи. Дуже важливо враховувати їх при створенні архітектури чудово працюючої мережі. Як приклад можна привести, що відеотрафік характеризується двійковим потоком з порівняно постійною швидкістю, а більша частина абонентів послуги "відео за запитом" використовують її приблизно в однаковий час - ввечері, в наслідок чого, це впливає на нерівномірне навантаження на мережу. У таблиці 1.1 показані конкретні основні показники навантажень на мережу в залежності від наданого сервісу [6].

Таблиця 1.1 Оцінка обсягів трафіку різних положень

Послуги	Смуга пропускання для одного абонента, Мбіт	Максимальна кількість абонентів, які користуються послугою	Частка абонентів, які користуються послугою одночасно	Підсумкова смуга пропускання для послуги, Мбіт/с
Доступ в Інтернет	0,256	$N \times 80\% = 0,8N$	20%	$0,256 \times 0,8N \times 0,2 = 0,041N$
IPTV				
ТВ-мовлення	4 (MPEG-2) 2 (MPEG-4)	Кількість каналів = 100	100%	MPEG-2 = $4 \times 100 \times 1 = 400$ MPEG-4 = $2 \times 100 \times 1 = 200$
Відео за запитом	19 (HDTV)	$N \times 5\% = 0,05N$	10%	$19 \times 0,05N \times 0,1 = 0,095N$
Голосовий зв'язок				
Аудіотелефонний зв'язок	0,064 (G.711)	$N \times 50\% = 0,5N$	15%	$0,064 \times 0,5N \times 0,15 = 0,0063N$
Відеотелефонний зв'язок	0,55 (H.264)	$N \times 2\% = 0,02N$	15%	$0,55 \times 0,02N \times 0,15 = 0,0017N$
Інші послуги				
L2 VPN(VLL, VPLS)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$
L3 VPN (BGP/MPLS)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$
E1 (FR, HDLC, PPP, E)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$

Продовження Таблиці 1.1 Оцінка обсягів трафіку різних положень

Доступ до локальних ресурсів				
FTP, Gaming, локальний контент	2	$N \times 20\% = 0,2N$	20%	$2 \times 0,2N \times 0,2 = 0,08N$
Мінімальна смуга, яку займає абонентський трафік в магістральному кільці мережі передачі даних				$0,272N + 400$ (MP EG-2) $0,272N + 200$ (MP EG-4)
<p>N – об'єм абонентської бази оператора. Числа наведені в таблиці взяті на основі досвіду телекомунікаційних операторів (статистика), матеріалів маркетингових дослідів, а також враховують прогнозовані значення характеристик трафіку.</p>				

Тепер розглянемо кожен сервіс детальніше:

1. Потокове відео

Надає абонентам можливість перегляду каналів ефірного та супутникового телебачення, упакованих в IP-потік, при цьому мовлення має бути в режимі Multicast, щоб забезпечити оптимізацію використання пропускної здатності. Пропускна здатність на канал приведена в таблиці 1.1 і залежить від обраної системи кодування і шифрування таблицею [6].

Телевізійний трафік не показує жорстких вимог до затримок в транспортній мережі, максимальний джітер ((англ. Jitter - тремтіння) або фазове тремтіння цифрового сигналу даних - шкідливі фазові і / або частотні випадкові відхилення наданого сигналу. З'являються через нестабільності задавального генератора, змін параметрів лінії передачі в часі і різної швидкості поширення частотних складових одного і того ж знаку) пакетів може бути 50 мс [6].

2. "Відео за запитом"

Якщо розглядати транспортну підсистему, вимоги і отримання послуг "відео за запитом" описує собою несиметричну взаємодію, при якій по прямому каналу в

Unicast-режимі передаються цифрові відеопотоки і інтерфейс абонента, а в зворотному каналі - запити для отримання інформації. Вимоги до зворотного каналу дрібні: максимально потрібна швидкість не перевищує 33,6 кбіт / с. Вказана в таблиці 1.1 швидкість є середнім значенням смуги, яку займає сигнал ТБ високої чіткості, так як майже постійно сервіс "відео за запитом" буде реалізовуватися в форматі HDTV [6].

3. Доступ до ресурсів Інтернету

Дана служба не передбачає будь-яких спеціальних вимог до параметрів транспортної мережі. Так як налаштування якості обслуговування розглядає Інтернет-трафік як з низьким пріоритетом, він не стає "конкурентом" заради додатків реального часу.

У тому випадку, коли споживачам має надаватися Інтернет доступ з гарантованою швидкістю, необхідним є дотримання процедур traffic shaping (Шейпінг - надання трафіку форми) - обмеження пропускнуої здатності каналу заради окремого вузла мережі нижче технічних можливостей каналу до вузла. Шейпінг зазвичай використовується подібно способу обмеження максимального споживання трафіку з боку вузла мережі для маршрутизатора, який набагато ускладнює функції експлуатації мережі. Отже, оптимальною є модель з максимально досяжною швидкістю доступу і розширенням доступної смуги пропускання в міру потреби. При цьому доступна смуга пропускання рівномірно розподіляється серед активних покупців. Ця схема дозволяє максимально задовільнити очікування покупця, збільшити споживання трафіку, а, отже, і прибуток від надання послуги [6].

4. Сервіс аудіо/відеотелефонного зв'язку

В межах послуги ІР-телефонії можна, як і надати стандартний телефонний сервіс, так і його розширити - за допомогою використання відеотелефонів різного виду (в тому числі програмних). У другому випадку системи дійсно є аналогами систем відео-конференц-зв'язку і можуть обслуговуватися тими ж керуючими комплексами, що і послуги ІР-телефонії. Задля забезпечення належного

функціонування даних додатків потрібно створити симетричний канал з наступними показниками пропускної здатності:

- аудіотелефонний зв'язок: 83,44-91,56 кбіт / с (G.711, Ethernet);
- відеотелефонний зв'язок: 549,4 кбіт / с (H.264, Ethernet).

5. Інші послуги

До них відносяться використання ресурсів транспортної мережі у вигляді оренди певної смуги пропускання (цифрового потоку) або реалізації корпоративної мережі: L2, L3 VPN [6].

1.4 Доставка контенту

Існує три основних способи передачі трафіку по IP-мережі: одноадресна, ширококомовна і багатоадресна.

Потрібно розуміти відмінності між цими методами, це дуже важливо для розуміння переваг IP-телебачення і для практичної реалізації відеомовлення по IP-мережі.

Кожен з цих способів передачі використовує різні типи розподілу IP-адрес у відповідності із поставленими завданнями, а в ступені їхнього впливу на обсяг споживаного трафіку існує велика різниця.

Unicast трафік (однаадресна пакетна передача) в більшій мірі використовується для «персональних» послуг. Кожен учасник в будь-який момент може запросити відповідний їм відеоконтент [7].

Однаадресний зв'язок передається від одного джерела до іншого IP-адресою призначення. Ця електронна адреса може належати тільки одному комп'ютеру або абоненту STB в мережі, як показано на рис. 1.1.

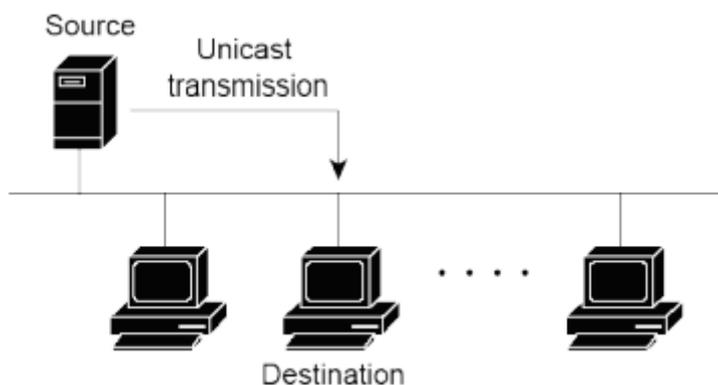


Рисунок 1.1 – Одноадресна технологія

Кількість абонентів, які можуть приймати односпрямовану передачу одночасно, обмежена потоком (пропускною здатністю), доступним в магістралі мережі. У мережі Gigabit Ethernet максимальна швидкість передачі даних, теоретично, може досягати до 1 Гбіт / с мінус смуга пропускання, яка необхідна для передачі службової інформації та інвентаризації пристрою. Наприклад, припустимо, що ми можемо виділити не більше половини смуги пропускання в магістральній мережі службам, які вимагають односпрямованої передачі. Для випадку 5 МБ / с на телевізійний канал MPEG2 легко підрахувати, що кількість абонентів, які одночасно отримують односпрямовану передачу, не може перевищувати 100 [7].

Broadcast трафік (широкомовна передача пакетів) використовує спеціальний IP-адрес для відправки одного і того ж потоку даних всім учасникам IP-мережі. Наприклад, така IP-адреса може закінчуватися 255, наприклад, 192.0.2.255, або вона може мати 255 у всіх чотирьох полях (255.255.255.255) [7].

Важливо знати, що ширококомовний трафік приймається всіма підключеними комп'ютерами (або STB) в мережі, незалежно від побажань користувача. З цієї причини цей тип передачі в основному використовується для службової інформації мережевого рівня або для передачі іншої виключно вузькосмугової інформації. Звичайно, мовлення не використовується для передачі відеоданих. Приклад трансляції показаний на (рис. 1.2) [7].

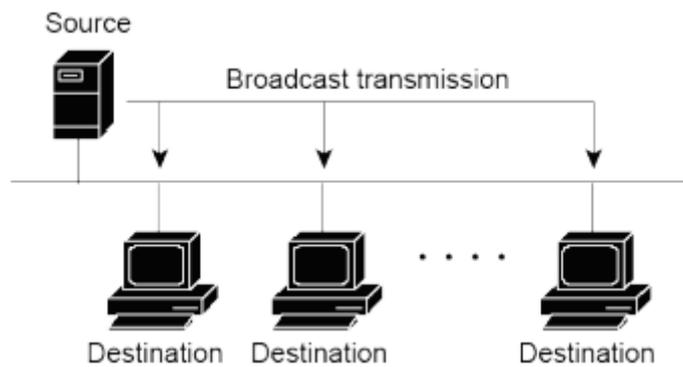


Рисунок 1.2 – Технологія широкого мовлення

Multicast трафік (групова передача пакетів) використовується для потокової передачі відео, коли ви хочете доставляти відеоконтент необмеженій кількості абонентів без перевантаження мережі (рис. 1.3). Це найбільш часто використовуваний тип передачі даних в мережах IPTV, коли одна і та ж програма проглядається великою кількістю абонентів [7].

Багатоадресна передача використовує спеціальний клас IP-адрес призначення, наприклад, адреси в діапазоні 224.0.0.0 239.255.255.255. Це можуть бути IP-адреси класу D [7].

На відміну від одноадресної розсилки, багатоадресна передача пакетів не може бути призначена одному комп'ютеру (або STB). Коли дані відправляються на один з IP-адрес під LGRP, потенційний одержувач даних може прийняти рішення про те, отримувати або не отримувати їх, тобто абонент буде дивитися цей канал чи ні. Цей метод передачі означає, що основний пристрій оператора IPTV буде передавати один потік даних на безліч адрес призначення. На відміну від ширококомовної передачі, у абонента є вибір - отримувати дані чи ні [7].

Важливо знати, що для реалізації багатоадресного трафіку в IP-мережі повинні бути маршрутизатори, що підтримують багатоадресну передачу. Маршрутизатор використовує протокол IGMP для моніторингу поточного стану груп розсилки [7].

Основні правила протоколу IGMP наступні:

- кінцевий вузол мережі відправляє пакет IGMP типу повідомлення, щоб забезпечити початок процесу підключення до групи розсилки;
- вузол не відправляє подальші пакети, коли він відключений від групи розсилки;
- ультразвуковий маршрутизатор відправляє запити IGMP в мережу через певні проміжки часу. Ці запити дозволяють визначити поточний стан груп розсилки;
- вузол відповідає на пакет IGMP для кожної групи розсилки, якщо в цій групі є хоча б один клієнт.

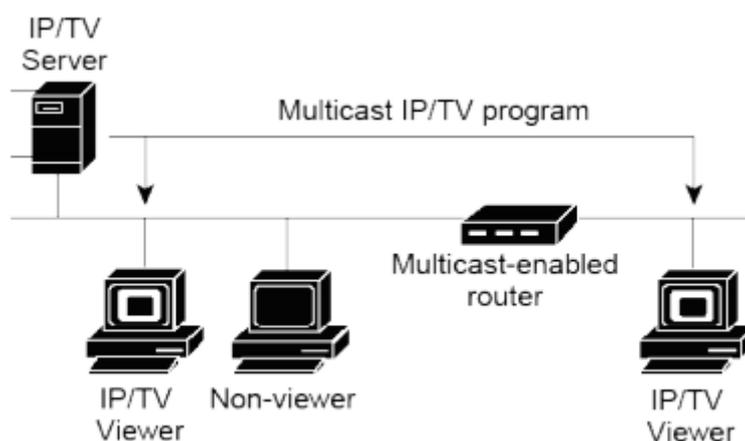


Рисунок 1.3 – Технологія Multicast

Завантаження магістральної частини мережі multicast трафіком залежить тільки від числа трансльованих в мережі каналів. У ситуації з Gigabit Ethernet мережею, припустивши, що половину магістрального трафіку ми можемо виділити під multicast передачу, ми отримуємо близько 100 телевізійних MPEG-2 каналів, кожен має швидкість потоку даних 5 Мб / с [7].

Зрозуміло, в IPTV мережі присутні одночасно всі 3 види трафіку broadcast, multicast і unicast. Оператор, плануючи оптимальну величину пропускної здатності мережі, повинен враховувати різний механізм впливу різних технологій IP-адресації на обсяг трафіку. Наприклад, оператор повинен чітко уявляти собі, що надання послуги «відео на замовлення» великому числу абонентів вимагає дуже

високої пропускної здатності магістральної мережі. Одним з рішень цієї проблеми є децентралізація в мережі відео-серверів. У цьому випадку центральний відео-сервер замінюється на кілька локальних серверів, рознесених між собою і наближених до периферійних сегментів багаторівневої ієрархічної архітектури IP-мережі [7].

1.5 Висновки до розділу

У чому все ж таки полягають основні позитивні особливості технології IPTV? В першу чергу, це підтримка таких функцій, як запис ефірів, телегід, навіть можливо ставити телемовлення на паузу з подальшим переглядом в інший проміжок часу. IPTV працює на основі широкосмугових IP-з'єднань і завжди надається споживачам з мережевим доступом. IPTV не можна назвати телебаченням у повному розумінні. Це просто система надання контенту цифрового телебачення клієнтам, які підписані на цю послугу. Сам термін IP є способом передачі контенту в мережі під контролем провайдера. Цей формат дуже схожий зі звичайним кабельним телебаченням, але з доступом в інтернет. Ще однією перевагою IPTV є відсутність прив'язки до списку каналів, як у випадку зі звичайним ТБ, так і у випадку з кабельними та супутниковими послугами. Це не залежить від тарифів оператора телебачення та від регіону, в якому проживає споживач. Вам потрібно лише завантажити список відтворення та програвач із певним контентом. IP-телебачення є безкоштовним при трансляції на незашифрованих каналах, навіть в цьому випадку ви все одно можете дивитись багато десятків каналів, включаючи вузько-тематичні. У порівнянні з традиційним аналоговим телебаченням, IPTV отримує перевагу від багатоканального звуку та роздільної здатності HD-відео. Також плюсом є економічна вигода. Не потрібно буде купувати дорогу антену, телевізор з цифровим приймачем, тюнери та ресивери, навіть не потрібно прокладати кабелі та займатися іншим монтажними роботами. Все що потрібно, так це підключення до інтернету та будь-який пристрій, здатний підтримувати роботу в мережі та можливість запускати

відповідне програмне забезпечення для відтворення. Інтерактивне телебачення через IP можна дивитись на смартфонах, планшетах, комп'ютері, телевізорі за допомогою телевізійних приставок, що підтримують IP, або за допомогою функції Smart TV.

Також можна підкреслити такі переваги:

- створення списків каналів та перемикання між ними;
- загальні та окремі установки для каналів;
- планувальник запису / перегляду;
- можливість використання смартфона як пульта керування;
- обробка та збереження отриманих даних;
- інтеграція з соціальними мережами;
- звукові доріжки та субтитри.

А зараз розглянемо недоліки IPTV. Найважливішими є серйозні мовленнєві проблеми, якщо передача даних проходить на невисокій швидкості. Інші, менш глобальні помилки, будуть проявлятися лише у певних ситуаціях. Наприклад, коли зображення відображається на екрані телевізора, а все відтворюється на планшеті або ПК, вам прийдеться виконувати будь-які дії за допомогою маніпуляторів. Це означає, що вам буде потрібно використовувати тачпад або мишу, щоб збільшити гучність або змінити канал. Однак ця незручність вирішується за допомогою Smart TV. Ви також можете використовувати медіаплеєр або спеціалізовану приставку, але ці варіанти втрачають свою економію, бо обійдуться ці пристрої досить дорого.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ARM АРХІТЕКТУРИ. МІКРОКОМП'ЮТЕРИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 ARM архітектура

Архітектура ARM (первісно Advanced RISC Machine — поліпшена RISC машина, попередник Acorn RISC Machine) — система команд і сімейство описів і готових топологій 32-бітних і 64-бітових мікропроцесорних / мікроконтролерних ядер, що розробляються компанією ARM Limited. Широко застосовується у розробці портативних пристроїв. Головною причиною цього є використання енергоощадних технологій. Саме тому ця архітектура домінує у пристроях, головною ідеєю яких є енергоощадність [8].

Перші чіпи ARM з'явилися три десятиліття тому завдяки зусиллям британської компанії Acorn Computers (нині ARM Limited), але тривалий час вони були в тіні своїх більш відомих братів - процесорів x86. Все перевернулося з ніг на голову з переходом ІТ-індустрії до посткомп'ютерної ери, коли стали правити уже не ПК, а мобільні пристрої [8].

Сьогодні сімейство ARM займає приблизно 75 % всіх портативних 32-бітних RISC процесорів, що робить його найвикористовуванішим серед усіх 32-бітних архітектур. Процесори ARM знайшли своє застосування у багатьох пристроях (мобільні телефони і смартфони, планшети, КПК, цифрові аудіоплеєри, калькулятори, ігрові консолі тощо), комп'ютерній периферії: маршрутизатори, NAS-сервери, апаратні брандмауери [8].

2.1.1 Особливості архітектури ARM

Можливо, варто почати з того факту, що архітектура процесора x86, яку зараз використовують Intel і AMD, використовує набір команд CISC (Complex Instruction Set Computer), хоча і не в чистому вигляді. Тому велика кількість команд, що мають складну структуру, яка довгий час була візитною карткою CISC, спочатку

декодується у прості і лише потім обробляється. Очевидно, що весь цей ланцюг дій вимагає багато енергії.

Мікросхеми ARM із зменшеним набором інструкцій (RISC) працюють як енергоефективна альтернатива. Її перевага спочатку полягає в невеликому наборі простих команд, які обробляються з мінімальними витратами. Як результат, сьогодні на ринку побутової електроніки існує дві архітектури процесорів - x86 та ARM, кожна з яких має свої переваги та недоліки. На рисунку 2.1 ми бачимо перший чіп ARM1 компанії Acorn Computers, який виготовлявся на фабриках VLSI.



Рисунок 2.1 – Чіп ARM1

Архітектура x86 позиціонується як більш універсальна з точки зору можливих завдань, у тому числі навіть таких ресурсоємних, як редагування фотографій, музики та відео, а також шифрування та стиснення даних. Архітектура ARM, у свою чергу, "йде" через надзвичайно низьке енергоспоживання та загалом

достатню продуктивність для найважливіших цілей на сьогодні: малювання веб-сторінок та відтворення медіа-контенту [9].

2.2 Сучасні мікрокомп'ютери та їх характеристики

Одноплатні комп'ютери нещодавно завоювали популярність у світі електроніки. Незважаючи на те, що вони були винайдені давно, багато хто досі не знають, що це за пристрій і для чого він використовується. Назва самого пристрою вказує на те, що він складається з декількох модулів, які зібрані на одній карті. Компоненти системи можна продати у зібраному вигляді або як окремі компоненти.

Внутрішня структура міні-ПК схожа на його старшого «брата». На системній платі зазвичай встановлюються такі компоненти: мікропроцесор, оперативна пам'ять, роз'єми введення та виведення даних та інші компоненти. Можна окремо встановити різні датчики (температури, освітлення), екран відображення інформації тощо. Подібне комп'ютерне обладнання не характеризується високою продуктивністю, але завдяки своїм компактним розмірам і низькому енергоспоживанню має широку область застосування - їх можна використовувати як невелику звукову домашню студію, як передавальний пристрій при пірингі, а також як ігрову консоль (дана методика застосовується тільки для старих ігор і для неї потрібен емулятор) [10].

А зараз розглянемо, які ж саме плюси мають мікрокомп'ютери:

- компактний, навіть мініатюрний дизайн, який займає мало місця і його можна розмістити як у маленькому корпусі, так і на стіні тощо.
- низьке споживання енергії, що дозволяє комп'ютеру завжди бути включеним.
- відсутність шуму, такі обчислювальні системи зазвичай базуються на пасивному охолодженні.
- низька ціна та легка ОС порівняно з ПК.

- доступні всі стандартні периферійні роз'єми: USB, Secure Digital, eSATA, Ethernet, HDMI.

Сьогодні на ринку можна знайти більше 100 різновидів одноплатних мікрокомп'ютерів на процесорах ARM.

2.2.1 Популярні мікрокомп'ютери

FriendlyElec NanoPi NEO3

Розробники моделі FriendlyElec NanoPi NEO3 (рис. 2.2) стверджують, що це цінова альтернатива піонеру в галузі одноплатних мікрокомп'ютерів - Raspberry Pi 3. У продажі є 2 модифікації - з 1 або 2 ГБ оперативної пам'яті. Плата продається у пластиковому корпусі та у зібраному вигляді, що корисно відрізняється порівняно з конкурентами. Виробник стверджує, що доступні Ethernet та USB 3.0. Живлення подається через роз'єм USB Type-C. Існує слот для флеш-карти, а світлодіодний індикатор також повідомляє про стан пристрою. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.1 [10].

Оскільки процесор пристрою нагрівається під час роботи, у корпусі попередньо встановлений радіатор. З тієї ж причини на корпусі розташовані вентиляційні отвори. Основне призначення моделі полягає в організації мережевого зберігання. Користувачі відзначають хорошу продуктивність чотириядерного процесора, який може впоратися з найбільш поширеними завданнями. Пристрій здатний працювати при температурі від -20° до $+70^{\circ}$ C. Розміри міні-ПК становлять 48×48 мм, а вага 22 грами. Пристрій працює в операційних системах FriendlyWrt 19.07, Ubuntu, Linux-5.4. Середня ціна товару - 1200 гривень [10].



Рисунок 2.2 – Одноплатний мікрокомп'ютер FriendlyElec NanoPi NEO3

Таблиця 2.1 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	Rockchip RK3328 чотирьохядерний 64-бітний
Тактова частота	1.4 ГГц
Об'єм RAM-пам'яті	1 або 2 ГБ
Об'єм Flash-пам'яті	128 ГБ
USB	type-A 3.0
Wi-Fi	Немає
Номінальна робоча напруга	5 В
Bluetooth	Немає
ІЧ-порт	Немає
Роз'єм для вентилятора	Є
Індикатори стану	Червоний, зелений
Ключ користувача	1 шт.
Фізичні кнопки	Відсутні
Габаритні розміри	54×54×38 мм

Переваги мікрокомп'ютера FriendlyElec NanoPi NEO3:

- велика кількість роз'ємів;
- бюджетна вартість;
- висока продуктивність;
- чотирьохядерний процесор.

Недоліки:

- відсутність Wi-Fi, Bluetooth.

Raspberry Pi 3 Model B Plus

Raspberry Pi 3 Model B + (Plus) (рис. 2.3) є оновленою версією Raspberry Pi 3 Model B. Новинка не сильно відрізняється від попередника. По-перше, це нова однокристална система Broadcom BCM2837B0 замість Broadcom BCM2837 з тактовою частотою 1,4 ГГц порівняно з 1,2 ГГц. Обсяг оперативної пам'яті не змінився і досі становить 1 ГБ [10].

По-друге, вдосконалений вбудований адаптер Wi-Fi, який тепер підтримує стандарти 2,4 ГГц та 5 ГГц та IEEE 802.11.b / g / n / ac. Також новинка оснащена драйвером Bluetooth 4.2 / LE. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.2.

Нова модель усуває помилки, виявлені при використанні PXE (англ. Preboot eXecution Environment, явно piXie). Варто також згадати підтримку Gigabit Ethernet (також через USB 2.0), де швидкість була збільшена до 300 Мбіт / с. Новий продукт підтримує живлення через Ethernet (PoE) через окремий PoE HAT [10].

Модель Raspberry Pi 3 Model B + має покращений контроль температури SoC, що також сприяє металевому корпусу. При температурі нижче 70° C застосовуються додаткові засоби для збільшення основної частоти до 1,4 ГГц. При температурі вище 70° C частота падає до 1,2 ГГц, а також зменшує напругу жили, подовжуючи час досягнення критичної температури 80 ° C. Середня ціна товару - 1400 гривень [10].



Рисунок 2.3 – Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3 Model B +

Таблиця 2.2 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	ARMv8 Cortex-A53
Тактова частота	1.4 ГГц
Графічний процесор	Video Core IV® Multimedia
Об'єм RAM-пам'яті	1 ГБ
USB	2.0
Wi-Fi	802.11 b/g/n/ac
Частотний діапазон	2,4/5 ГГц
Номінальна робоча напруга	5 В
Bluetooth	V4.2
Цифровий аудіо/відеовихід	HDMI версії 1.3a
Аналоговий аудіо/відеовихід	міні-джек 3,5 мм
Карта пам'яті	microSD
Порти вводу-виводу GPIO	40
Габаритні розміри	85,6 мм×56,5 мм×17 мм

Переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi 3 Model B +:

- малі розміри;
- велика кількість портів;
- одна з найпопулярніших моделей.

Недоліки:

- помітно нагрівається, потрібне додаткове охолодження;
- високе енергоспоживання.

Orange Pi Win Plus

Orange Pi - одна з найвідоміших серій одноплатних комп'ютерів, яка спочатку була розміщена як дешевша альтернатива Raspberry Pi.

Orange Pi Win Plus (рис. 2.4) - це поточна топ-модель із сімейства Orange Pi, яка за вартістю порівнянна з оригінальною Raspberry Pi 3.

Головною особливістю цієї моделі, що відображається в її назві, є, серед інших операційних систем (Linux, Android), підтримка Windows 10 IoT Core. Ця функція, чесно кажучи, сумнівна і цікава для дуже обмеженої аудиторії. Orange Pi Win Plus потрапив в цей список з однієї причини - він має лише хороші технічні характеристики та низьку ціну [10].

Це не найпотужніший мікрокомп'ютер у цьому списку, але, безумовно, найкращий з точки зору ціни / продуктивності.

Orange Pi Win Plus використовує 64-розрядний Allwinner A64 (4 ядра Cortex-A53) як процесор, а на платі припаяно 2 ГБ оперативної пам'яті DDR3. Доступні гігабітний Ethernet та вбудовані модулі Bluetooth та Wi-Fi, інфрачервоний порт, мікрофон та 4 порти USB. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.3.

Це хороший мікрокомп'ютер за невеликі гроші. Чесна пропозиція без прикрас.

Цікаво, що Orange Pi Win Plus - єдиний мікрокомп'ютер у всьому сімействі Orange Pi, який містить чорний колір. Друковані плати всіх інших "апельсинів", від найпершої моделі до молодшого брата цього мікрокомп'ютера Orange Pi Win (без

назви "плюс" у назві), виготовлені з синьої друкованої плати. Середня ціна товару - 1400 гривень [10].

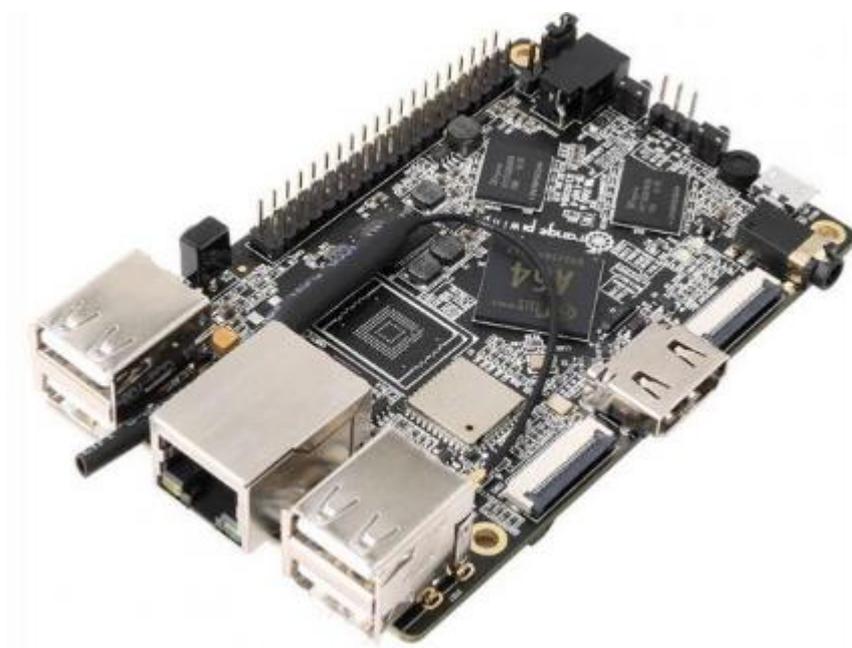


Рисунок 2.4 – Одноплатний мікрокомп'ютер Orange Pi Win Plus

Таблиця 2.3 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	Allwinner A64 (Cortex A7)
Тактова частота	1.2 ГГц
Графічний процесор	Mali-400MP2
Об'єм RAM-пам'яті	2 ГБ
USB	2.0
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Номінальна робоча напруга	5 В
Bluetooth	V4.2
ІЧ-порт	Є
Цифровий аудіо/відеовихід	HDMI версії 1.4
Аналоговий аудіо/відеовихід	міні-джек 3,5 мм
Карта пам'яті	microSD

Продовження Таблиці 2.3 Технічні характеристики

Порти вводу-виводу GPIO	40
Габаритні розміри	93×60 мм

Переваги мікрокомп'ютера Orange Pi Win Plus:

- невисока вартість;
- велика кількість портів;
- достатньо продуктивний за свою вартість ;
- підтримка Windows 10 IoT Core.

Недоліки:

- потрібне додаткове охолодження.

Raspberry Pi 4 Model B

Бренд є піонером у розробці мікрокомп'ютерів і добре відомий програмістам. Назва компанії перекладається з англійської як "малина", тому дуже багато користувачів називають міні-комп'ютер добрим словом "малинка". Поєднання "Pi" означає, що оригінальною мовою програмування, на якій був написаний код пристрою, є Python. Модифікація 4 є вдосконаленим продовженням попередньої версії. Найчастіше пристрій Raspberry Pi 4 Model B (рис. 2.5) купують з метою створення сервера для «розумного будинку», медіа-центру, контролера процесів, а також для розробки додатків. Всі необхідні для роботи інтерфейси попередньо встановлені на заводі (Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet).

На відміну від більш дешевих конкурентів, є підтримка HDMI 2.0, що дозволяє використовувати плату для виведення зображення безпосередньо на телевизор (перед підключенням пристрою потрібно придбати відповідний кабель). Забезпечується можливість одночасної роботи з двома моніторами. Основа системи одночипна, вона складається з процесора Cortex-A72 (кількість ядер 4) і відеокарти VideoCore VI. Виробник стверджує, що новий продукт на 50% продуктивніший за попередню модифікацію. Асортимент моделей містить кілька

різновидів, які відрізняються розміром оперативної пам'яті. Порівняно з попередньою модифікацією, структурна схема компонентів на платі змінилася. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.4.

За словами покупців, міні-комп'ютер здатний вирішувати більшість завдань, які користувач виконує щодня - веб-серфінг, обробка текстових файлів, робота з музикою та відео. 40-контактний термінал GPIO відповідає попередній модифікації і дозволяє підключати велику кількість зовнішніх пристроїв. Доступний аудіо та відео вихід.

Виріб поставляється в картонній коробці, всередині якої знаходиться дошка, інструкція з експлуатації та примітка з порадами та рекомендаціями щодо налаштування. На думку покупців, ця модель "тепліша", ніж попередні, тому було б корисно придбати додаткове охолодження, якщо очікуються інтенсивні роботи. Тим, хто не любить повітряне охолодження, ми рекомендуємо купувати металевий корпус, який розсіює тепло. Вам потрібно буде придбати блок живлення окремо. Середня ціна для 4 ГБ становить 2100 гривень, для 8 ГБ - 3000.



Рисунок 2.5 – Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Таблиця 2.4 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	ARM Cortex A72
Тактова частота	1.5 ГГц
Об'єм RAM-пам'яті	1 ГБ/ 2 ГБ/ 4 ГБ / 8 ГБ
USB	3.0
Wi-Fi	802.11 b/g/n/ac
Номінальна робоча напруга	5 В
Bluetooth	v5.0 з BLE
Частотний діапазон	2,4/5 ГГц
Цифровий аудіо/відеовихід	micro-HDMI версії 2.0
Аналоговий аудіо/відеовихід	4-контактний міні-джек 3,5 мм
Карта пам'яті	microSD
Порти вводу-виводу GPIO	40
Габаритні розміри	85×56×17 мм

Переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B:

- наявність HDMI;
- широкий функціонал;
- міні-ПК входить в топ кращих за свої кошти;
- найпопулярніша модель одноплатного мікрокомп'ютера, продається в усіх профільних магазинах.

Недоліки:

- для активного користування потрібне додаткове охолодження.

ASUS Tinker Board S

Оцінку продовжує прямий конкурент попереднього учасника від відомого розробника комп'ютерних технологій ASUS. Популярність моделі ASUS Tinker Board S (рис. 2.6) почалася з моменту виходу на ринок у 2018 році. Пристрій

живиться від чотирьохядерного процесора Rockchip RK3288. На борту є пам'ять eMMC, яка вміщує 16 ГБ. Є слот для карт microSD. З цих функцій можна виключити наявність входу низької напруги, що усуває проблеми, що виникають під час відключення електроенергії [10].

Оскільки міні-комп'ютери часто купують для роботи з телевізором, ця модель має модуль HDMI. Він здатний виконувати команди, подані з пульта дистанційного керування. Розробники покращили вихід I2S, покращивши підпорядкований режим та оновивши API. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.5.

Графічне ядро Mali T760 MP4 "орієнтоване" на роботу з мультимедіа і виконує призначені функції без будь-яких скарг, будь то домашній кінотеатр чи звукова студія чи графічний редактор. Існує вбудований кодек HD Audio, який може обробляти потоки до 192 кГц / 24 біта. 40-контактний GPIO дозволяє підключати різні датчики, кнопки, світлодіоди та інші засоби зв'язку до вашого міні-ПК. Є вбудований Wi-Fi та Bluetooth із захистом від радіочастотних завад. Середня ціна товару - 3000 гривень [10].



Рисунок 2.6 – Одноплатний мікрокомп'ютер ASUS Tinker Board S

Таблиця 2.5 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	Rockchip Quad-Core RK3288
Тактова частота	1.8 ГГц
Графіка	ARM Mali T764
Об'єм RAM-пам'яті	2 ГБ 2-канальна LPDDR3
USB	2.0
Wi-Fi	2.4GHz 802.11 b/g/n
Аудіо	кодек RTL ALC4040
Bluetooth	4.0 +EDR
LAN	RTL GB LAN
Аналоговий аудіо/відеовихід	3,5 мм аудіороз'єм
Карта пам'яті	microSD
Порти вводу-виводу GPIO	40
Габаритні розміри	8,55×5,4 см

Переваги мікрокомп'ютера ASUS Tinker Board S:

- наявність HDMI;
- широкий функціонал;
- якісна зборка.

Недоліки:

- не виявлені.

Odroid-XU4

Модель Odroid-XU4 (рис. 2.7) є модифікацією попереднього покоління, яка працює на Linux (Ubuntu, Android 4.4, Lollipop). Пакет містить одноплатний пристрій та блок живлення (що рідко зустрічається у таких пристроїв). Інші особливості включають наявність повноцінного кулера, що також є рідкістю. Хоча це генерує певний рівень шуму, нагрівальні частини охолоджуються ефективніше,

ніж в обладнанні інших виробників. Модель є флагманом лінійки продуктів корейської компанії [10].

Восьмиядерний процесор Samsung забезпечує високу продуктивність. Також вбудована пам'ять LPDDR3 на 2 ГБ, слот для мікрокарт (максимальна ємність - 64 ГБ), роз'єми USB 3.0 та HDMI типу A, GPIO на 42 виводи. Також доступний мережевий контролер Gigabit Ethernet. Внутрішня пам'ять відсутня. Окрім плати, виробник пропонує придбання інших компонентів: кришки, модулів, адаптерів та іншого обладнання. Основні характеристики розглянемо в таблиці 2.6. Також у продажу є комплекс CloudShell 2, який має вбудований дисплей, акумулятор та модулі для підключення жорстких дисків. Середня ціна товару 2400 гривень [10].

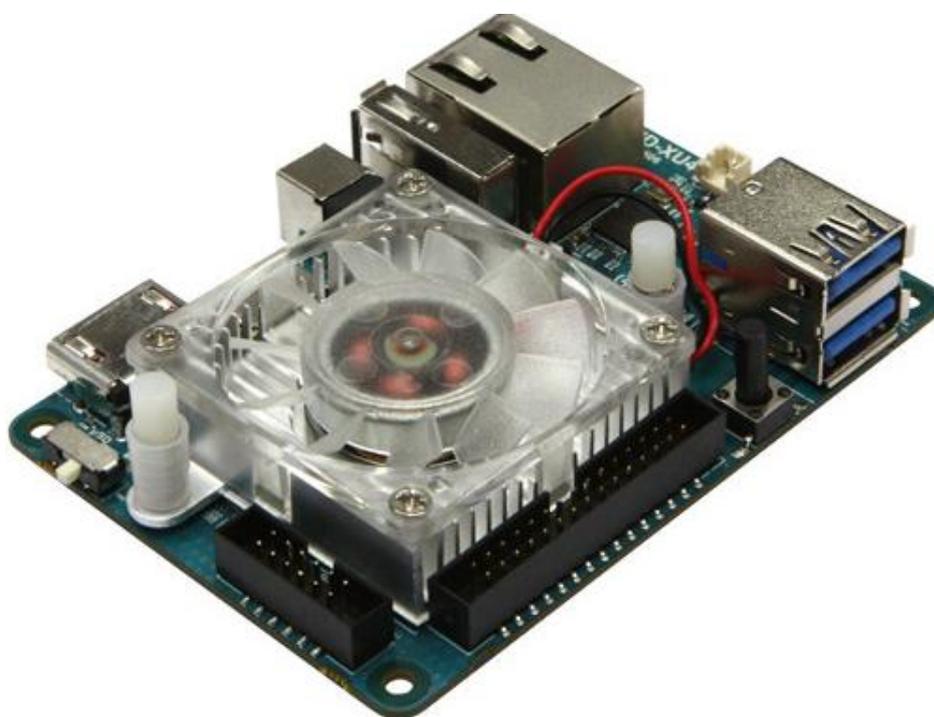


Рисунок 2.7 – Одноплатний мікрокомп'ютер Odroid-XU4

Таблиця 2.6 Технічні характеристики

Показник	Значення
Процесор	Samsung Exynos5 Octa ARM Cortex-A15 Quad 2Ghz і Cortex-A7 Quad 1.3GHz CPUs
Тактова частота	2 і 1.3 ГГц
Графіка	Mali-T628 MP6
Об'єм Flash-пам'яті	До 64 ГБ
USB	3.0
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Аудіо	HDMI Digital audio output
Bluetooth	немає
LAN	Ethernet LAN 10/100/1000Mbps
Живлення	5 В
Карта пам'яті	microSD
Порти вводу-виводу GPIO	42
Габаритні розміри	94×70×18 мм

Переваги мікрокомп'ютера Odroid-XU4:

- восьмиядерний процесор;
- вбудований кулер;
- чудове співвідношення ціни і якості;
- в комплект входить блок живлення;
- виробник випускає велику кількість додаткових комплектуючих.

Недоліки:

- кулер шумний.

2.3 Висновки до розділу

В даному розділі було розглянуто що таке ARM архітектура та мікрокомп'ютери. Багато комп'ютерних ентузіастів навіть не підозрюють про існування одноплатних міні-комп'ютерів або неясно уявляють, про що йдеться. Досвідчені користувачі вважають, що за цією технологією майбутнє, оскільки вона поєднує в собі не тільки компактні розміри, але і широкі функціональні можливості. Подібне комп'ютерне обладнання не характеризується високою продуктивністю, але завдяки своїм компактным розмірам і низькому енергоспоживанню має широку область застосування. Завдяки тому, що все необхідне обладнання розміщено в невеликому корпусі, міні-комп'ютери здатні виконувати безліч корисних завдань, наприклад, створення «розумного будинку», медіа-центру, сервера (мережа, майнинг). У поєднанні з низькою вартістю більшості модифікацій, багатозадачність міні-комп'ютерів зробила ці пристрої популярними серед програмістів та любителів електроніки. Якщо ви вирішили підібрати для себе мікрокомп'ютер, слід орієнтуватися в першу чергу на відгуки реальних користувачів. Такі відгуки рекомендується шукати на спеціалізованих форумах або на сайтах, де публікуються незалежні думки.

3. ВИКОРИСТАННЯ IPTV НА ARM АРХІТЕКТУРИ

3.1 Вибір мікрокомп'ютера

На сьогоднішній день на ринку мікрокомп'ютерів немає хоча б якогось стандарту, якого б дотримувались розробники. Найпоширенішими є комп'ютери Raspberry Pi. При виборі мікрокомп'ютера слід звернути увагу на процесор, обсяг пам'яті, використовувану операційну систему та порти. Однак, не менш важливим є розвиток платформи, оскільки вона активно використовується в різних проектах. Наприклад, для Raspberry Pi написано багато додатків, і є безліч проектів - для більшості стандартних додатків (наприклад, для виробництва серверів або медіаплеєрів). В даній роботі буде використовуватися мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B, схему якого ми можемо розглянути на рисунку 3.1.

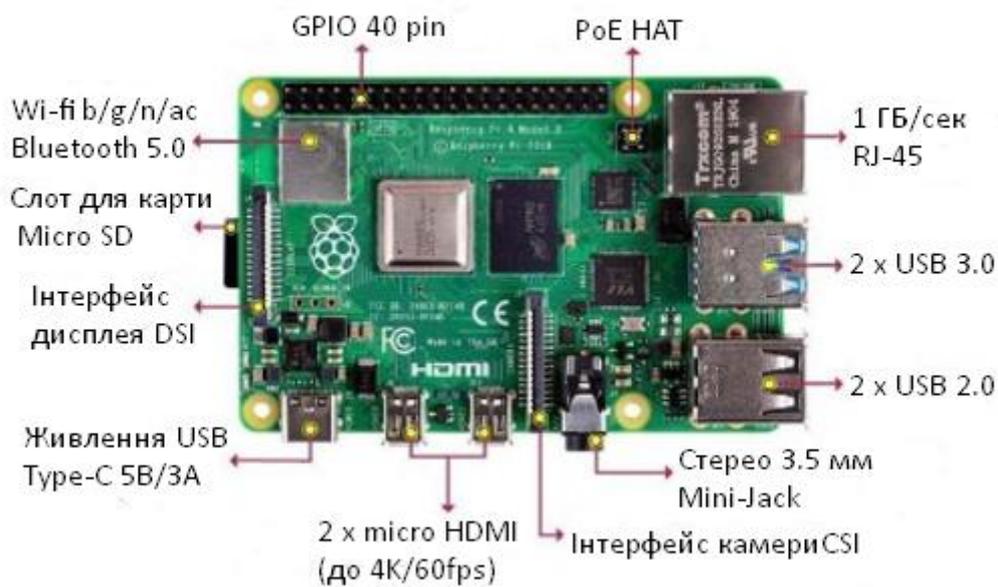


Рисунок 3.1 – Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Щоб зрозуміти можливості та продуктивність обраного пристрою, слід знати тип і характеристики процесора, обсяг оперативної пам'яті, тип відеочіпа, а також можливості інтерфейсу мікрокомп'ютера [11].

А зараз розглянемо критерії вибору мікрокомп'ютера:

1. Процесор мікрокомп'ютера.

В мікрокомп'ютерах переважно використовуються процесори з ARM-архітектурою. Різні виробники використовують у своїх пристроях чіпи Broadcom (розробники серії Raspberry Pi орієнтуються на мікропроцесори даної компанії), Allwinner, Cortex-A7, Samsung Exynos. Оскільки мікрокомп'ютери це невеликі пристрої, вони мають повітряне охолодження, мікросхеми працюють на невеликій тактовій частоті, зазвичай від 1000 до 1200 МГц. Залежно від конфігурації яка використовується, процесор може бути одно-, дво-, чотирьох- та восьмиядерним. Пристрої, які використовують процесори з великою кількістю ядер, мають кращу продуктивність. Але це ще не означає, що вам неодмінно слід придбати пристрій з таким чіпом. Все це залежить від того, для яких завдань ви купуєте мікрокомп'ютер. В обраному Raspberry Pi 4 Model B використовується чотирьох-ядерний процесор Cortex-A72 з тактовою частотою 1.5 ГГц.

2. Оперативна пам'ять.

На продуктивність пристрою впливає не тільки швидкість процесора, кількість ядер та їх архітектура, а й розмір встановленої оперативної пам'яті. Оскільки мікрокомп'ютери використовуються для обробки порівняно вузьких завдань, їм не потрібна велика кількість оперативної пам'яті. В основному на мікрокомп'ютерах встановлено 512 МБ або 1 ГБ оперативної пам'яті. Однак існують також моделі, в яких пам'яті менше 100 Кб. Вони використовують мікроконтролер в якості процесора. Raspberry Pi 4 Model B має варіанти з 1 Гб, 2 Гб, 4 Гб і 8 Гб оперативної пам'яті. Для даної роботи було обрано пристрій з 4 Гб пам'яті.

3. Вбудована пам'ять.

Ще одним важливим моментом, який слід враховувати при виборі мікрокомп'ютера, є наявність та об'єм вбудованої пам'яті. Часто вона просто не

передбачена в апаратній конфігурації пристрою. Зрештою, пам'ять - це ще одна мікросхема, для якої потрібне місце. Тому, щоб зменшити загальний розмір і вартість, вони часто просто встановлюють слот для карт пам'яті (зазвичай SD або microSD). Якщо є вбудована пам'ять, то найчастіше вони встановлюють 4 Гб. Менше можна знайти лише в мікрокомп'ютерах, які більше нагадують мікроконтролерні системи за своїми схемами та можливостями. Пам'ять використовується для зберігання операційної системи, а також програм, що використовуються, таких як серверне програмне забезпечення. В Raspberry Pi 4 Model B розміщено слот для microSD-карти.

4. Вбудований відеочіп.

Також слід звернути увагу на тип відеочіпа, який забезпечує обробку графіки. Для Raspberry Pi це буде чіп Videocore, а для інших пристроїв - інші прискорювачі Mali. Взагалі, це потрібно знати лише для того, щоб правильно вибрати дистрибутив операційної системи. Вам не потрібно буде обробляти графіку за допомогою такого пристрою [11].

Крім того, пропонуються мікрокомп'ютери, які зовсім не оснащені відеочіпами. Вони не дуже потрібні в системі автоматизації. В таких випадках, якщо необхідно забезпечити відображення певної інформації, індикатори або екрани підключаються до портів GPIO, що вимагає знання принципів роботи та управління пристроями відображення інформації, щоб забезпечити їм правильні команди. з мікрокомп'ютера. Raspberry Pi 4 Model B має вбудований відеочіп VideoCore VI.

5. Інтерфейси.

Найдосконаліші мікрокомп'ютери оснащені HDMI, Wi-Fi, Bluetooth, портами USB, портами LAN, пристроями для зчитування карток, що дозволяє використовувати їх як повноцінні комп'ютери, хоча і не дуже потужні. Але на такому пристрої зробити медіаплеєр немає жодних проблем. Все що вам потрібно зробити, це вибрати відповідний дистрибутив операційної системи, який не матиме жодних надмірностей. Кількість та склад портів залежить від моделі. Тому,

вибираючи мікрокомп'ютер, подивіться на опис конкретної моделі, щоб переконатися, що в ньому є все необхідне для реалізації задуманого проекту [11].

Для тих, хто планує використовувати мікрокомп'ютер як основу будинку, офісу чи системи автоматизованої промисловості, порти GPIO важливіші. Чим більше їх, тим більше периферійних пристроїв можна підключити до одного пристрою. Крім того, потрібно дивитися не тільки на те, скільки пристроїв можна підключити до портів, але і на те, що вони здатні робити. Справа в тому, що на контакти порту GPIO можна підвісити не тільки управління ввімкнення / вимкнення, а й ШІМ (широкоімпульсну модуляцію), яка необхідна для управління такими пристроями, як кроковий електродвигун. Отже, в різних мікрокомп'ютерах може бути від одного до чотирьох контактів, за допомогою яких можна організувати ШІМ-керування периферійними пристроями [11].

Інший момент - це платформа, з якою мікрокомп'ютер взаємодіє. Комп'ютери Raspberry Pi та подібні моделі інших виробників є повноцінними пристроями (хоча їх насправді можна поєднувати з іншими), а платформа Edison часто вважається продовженням платформи мікроконтролера Arduino. Існує навіть спеціальний набір для цих мікрокомп'ютерів, за допомогою якого користувач може розвивати свої ідеї або підключати мікрокомп'ютер до Arduino [11].

Raspberry Pi 4 Model B підтримує Wi-Fi 802.11b/g/n/ac (2,4 і 5 ГГц), Bluetooth 5.0 з BLE, на платі розташовані 2× micro-HDMI версії 2.0, 4-контактний міні-джек 3,5 мм, 2× USB 2.0, 2× USB 3.0, порт для камери Camera Serial Interface (MIPI CSI), порт для екрану Display Serial Interface (MIPI DSI), роз'єм для живлення USB Type-C, а також 40 портів вводу-виводу GPIO.

3.2 Вибір операційної системи

Завдяки великій популярності мікрокомп'ютерів Raspberry, для них була розроблена певна кількість операційних систем. Переважно це дистрибутиви Linux, також є різні версії систем для IoT, навіть Windows 10. Всі ці операційні системи є

в NOOBS. NOOBS – це програма, яка представляє з себе інтерфейс користувача і дозволяє легко встановити різні операційні системи для Raspberry Pi. Завдяки цій програмі можна встановити як одну ОС, так і декілька, а обрати потрібну вам систему можна при завантаженні комп'ютера. Повернути систему до початкових налаштувань можна за допомогою спеціального розділу Recovery, який створюється під час установки ОС [12].

На Raspberry Pi передбачена велика кількість операційних систем, але для поставленої задачі підходить не кожна. Зараз розглянемо три операційні системи, за допомогою яких можна створити IPTV приставку:

- OpenELEC (Open Embedded Linux Entertainment Center). Дистрибутив Linux, який постачається з портом медіацентра Kodi. Цей дистрибутив не базується на якомусь із дистрибутивів Linux, а використовує власний розвиток. Медіа-центр простий у використанні та надає достатньо функцій, навіть є можливість керування за допомогою пульта ДК. Запускається система дуже швидко і займає мало місця на диску. Основний недолік полягає в складності налаштування служб Linux, таких як SSH [13];

- OSMC або Open Media Media Center - це дистрибутив, що працює в середовищі Kodi (раніше XBMC) і призначений для створення домашнього медіа-центру. Це найпростіший медіа-центр у використанні для Raspberry Pi. На відміну від Kodi, OSMC має чистіший та простіший інтерфейс, було вирізано багато зайвого і непотрібного. Також тут доступний інтерактив, за допомогою якого можна відтворювати відео, музику, переглядати фотографії, запускати інші програми або налаштувати систему. До того ж є можливість встановлення та налаштування доповнень медіацентру Kodi і дистанційне керування. Дистрибутив базується на Debian - саме це дозволяє використовувати SSH, FTP, Samba та інші служби обміну файлами [13];

- LibreELEC розшифровується як Libre Embedded Linux Entertainment Center, відгалуження проекту OpenELEC. Він має багато спільного з іншим. Це означає, що він успадковує багато характеристик іншого, хоча і з деякими змінами. Це,

звичайно, дистрибутив GNU / Linux, який використовує Kodi для роботи точно так само, як OpenELEC. LibreELEC став результатом творчої незгоди між розробниками OpenELEC, які вирішили піти іншим шляхом і створити власний проект. Серед відмінностей нового проекту є більша кількість тестів, які проходять перед виходом стабільної версії [14].

На даний момент у ньому є велика спільнота розробників та чимало послідовників, які підтримують систему в належному стані та досягають позиції LibreELEC за кермом, незважаючи на пізніше прибуття [14].

LibreELEC є альтернативою OSMC та OpenELEC. Але з таким вибором користувачам важко вибрати найкращий з них. Правда в тому, що кожен з них був би чудовим вибором. Однак є невеликі деталі, які зробили LibreELEC лідером:

- встановити OpenELEC трохи складніше, ніж LibreELEC;
- LibreELEC дуже добре підтримується та оновлюється порівняно з іншими проектами;
- якщо ви використовуєте Raspberry Pi, LibreELEC дуже добре працює з ним;
- LibreELEC не має конкретних проблем безпеки, представлених іншими проектами, такими як OpenELEC;
- Kodi не є варіантом порівнянь з іншими, такими як OpenELEC або OSMC, оскільки вони також його використовують, але це може бути перевагою перед іншими проектами, які Kodi не використовують;
- набагато простіший, ніж OSMC, який є дуже повним дистрибутивом, хоча це і обмежує можливості ELEC.

Проаналізувавши дані системи, я вирішив взяти LibreELEC в якості операційної системи для мультимедіа, так як вона добре працює з Raspberry Pi, проста у використанні та постійно оновлюється.

3.3 Встановлення операційної системи на Raspberry Pi

Зараз розглянемо 3 способи, за допомогою яких можна встановити ОС на Raspberry Pi:

- придбання SD-карти з попередньо встановленими Raspbian або NOOBS;
- завантаження NOOBS на карту пам'яті та встановлення з неї ОС Raspbian;
- встановлення образу Raspbian безпосередньо на SD-карту.

Перший спосіб найпростіший - він не вимагає жодних додаткових дій.

У другому випадку процедура встановлення така:

1. Спочатку потрібно форматувати карту пам'яті вказуючи файлову систему FAT32.

2. Завантажте архів з NOOBS, розпакуйте його на карту пам'яті так, щоб файли знаходились у кореневому каталозі.

3. Вставте необхідну периферію в Raspberry Pi: клавіатуру, мишу і монітор через USB, підключіть до джерела живлення. Якщо ви хочете використовувати в якості монітора телевізор, потрібно підключити його через RCA.

4. Якщо екран підключений через RCA, натисніть клавішу "3".

5. У вікні виберіть операційну систему Raspbian, українську розкладку клавіатури та мову. Українську мову встановити не можна. Натисніть "Install", дочекайтеся завершення процесу встановлення та ввімкнення.

6. У відображеному меню "Configuration Tool" в третьому пункті виберіть другий варіант встановлення графічного інтерфейсу користувача LXDE.

7. Натисніть "Done", дочекайтеся перезапуску.

8. Якщо вам потрібно увійти за допомогою логіна та пароля, введіть в рядку логін pi, пароль raspberry, тоді робочий стіл відкриється.

У третьому способі процес монтування образу Raspbian на SD-карту виглядає так:

1. Для початку потрібно завантажити архів з образом з сайту <https://www.raspberrypi.org/downloads/>;

2. Розпакувати архів, після чого повинен вийти файл .img;

3. Встановлення SD-карти в ПК;

4. Монтування встановленого файлу;

5. Вставте необхідну периферію в Raspberry Pi: клавіатуру, мишу і монітор через USB, підключіть до джерела живлення. Якщо ви хочете використовувати в якості монітора телевізор, потрібно підключити його через RCA.

6. Якщо екран підключений через RCA, натисніть клавішу "3".

7. У відображеному меню " Configuration Tool " в третьому пункті виберіть другий варіант встановлення графічного інтерфейсу користувача LXDE.

8. Натисніть " Done ", дочекайтеся перезапуску.

9. Якщо вам потрібно увійти за допомогою логіна та пароля, введіть в рядку логін pi, пароль raspberry, тоді робочий стіл відкриється.

3.4 Встановлення LibreELEC на Raspberry Pi 4 Model B

Розглянемо особливості версії LibreELEC 9.2, яку будемо встановлювати на мікрокомп'ютер. Серед основних змін в новій версії є надання офіційної підтримки плат Raspberry Pi 4.

Одне з них полягає в тому, що Raspberry Pi 4 може обробляти відео 4K, але відео за замовчуванням відображається у форматі 1080p. З цією метою додано опцію "Hdmi_enable_4kp60 = 1", щоб увімкнути виведення 4K у файлі config.txt. Raspberry Pi 4 також додає підтримку апаратно прискореного декодування відео HEVC.

Наразі основу системи Kodi Media Center оновлено до версії 18.5. Ядро Linux на збірках x86 оновлено до 5.1, але Raspberry Pi пропонує ядро 4.19 з додатковими патчами, завантаженими з Raspbian. Додана підтримка драйверів веб-камери. Доступний спеціальний інтерфейс для оновлення прошивки за допомогою завантажувача, встановленого на Raspberry Pi 4 flash SPI.

У випадку з Rockchip система залишається в стані обмеженої підтримки. Оскільки версія Kodi оновлена, значних покращень у відео та аудіо не спостерігається. Тому команда працює над підтримкою в майбутньому, коли вона переорієнтується на ядро Linux 5.

На додаток до стандартних функцій Kodi, дистрибутив забезпечує низку інших функцій, спрямованих на простоту використання. Розробляється спеціальне доповнення до конфігурації, яке дозволяє налаштовувати параметри мережевого підключення, керувати параметрами РК-екрану та вмикати або вимикати автоматичну інсталяцію оновлень [15].

Для встановлення LibreELEC на Raspberry Pi 4 Model B спочатку нам знадобиться SD-карта. При необхідності її потрібно форматувати у формат FAT 32. Тепер переходимо на сайт LibreELEC і обираємо потрібну систему для завантаження інсталятора (Рисунок 3.2).

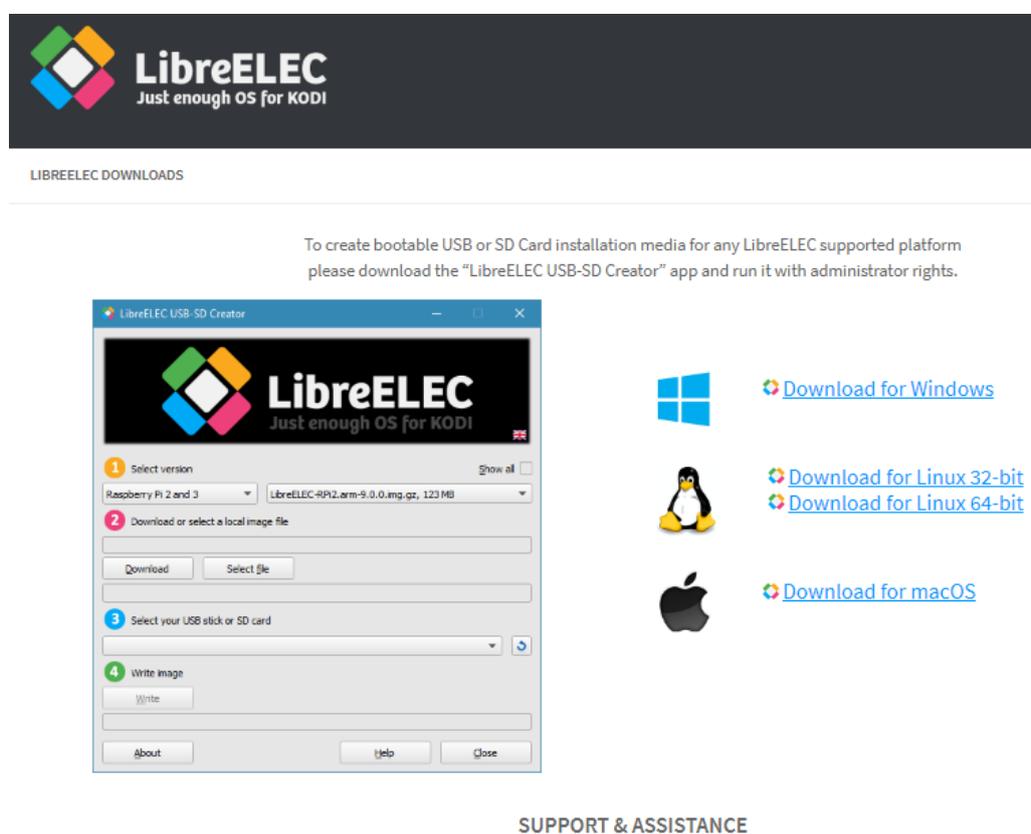


Рисунок 3.2 – Сайт завантаження інсталятора LibreELEC

Після завантаження виконуємо наступні дії:

1. Запускаємо інсталятор.
2. У вікні, яке з'явилося після запуску обираємо пристрій та версію LibreELEC котру бажаємо встановити (Рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Вибір пристрою та версії LibreELEC

3. Натискаємо “Завантажити” для завантаження файлу образу (Рисунок 3.4), та обираємо шлях розміщення.

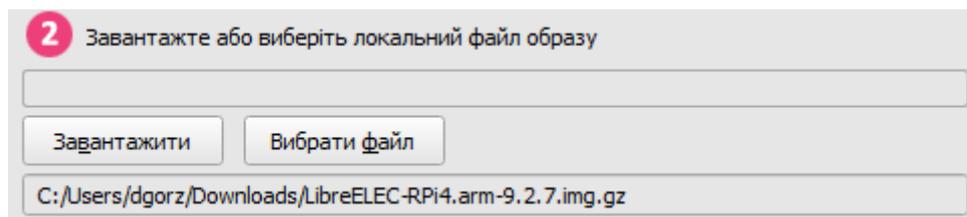


Рисунок 3.4 – Завантаження файлу образу

4. Далі обираємо пристрій на який буде встановлено образ (Рисунок 3.5).

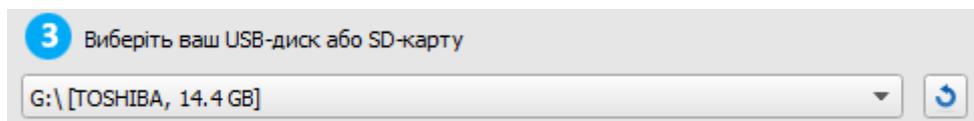


Рисунок 3.5 – Вибір пристрою для встановлення образу

5. Тепер натискаємо “Записати” (Рисунок 3.6), та чекаємо завершення запису.

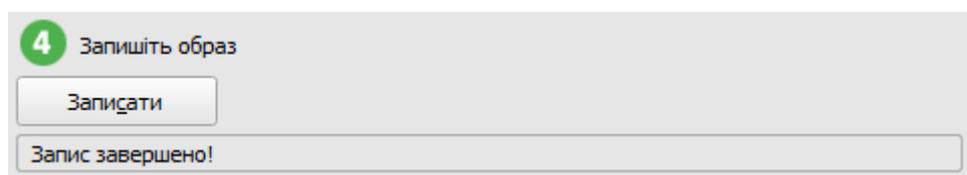


Рисунок 3.6 – Запис образу

Тепер, коли образ був успішно записаний на флешку, потрібно буде вийняти її і встановити в мікрокомп’ютер, підключити його до телевізора та мережі за допомогою кабелю HDMI та електроживлення. Після підключення і встановлення

LibreELEC на екрані з'являється вікно з налаштуваннями, де ми можемо змінити мову (Рисунок 3.7).

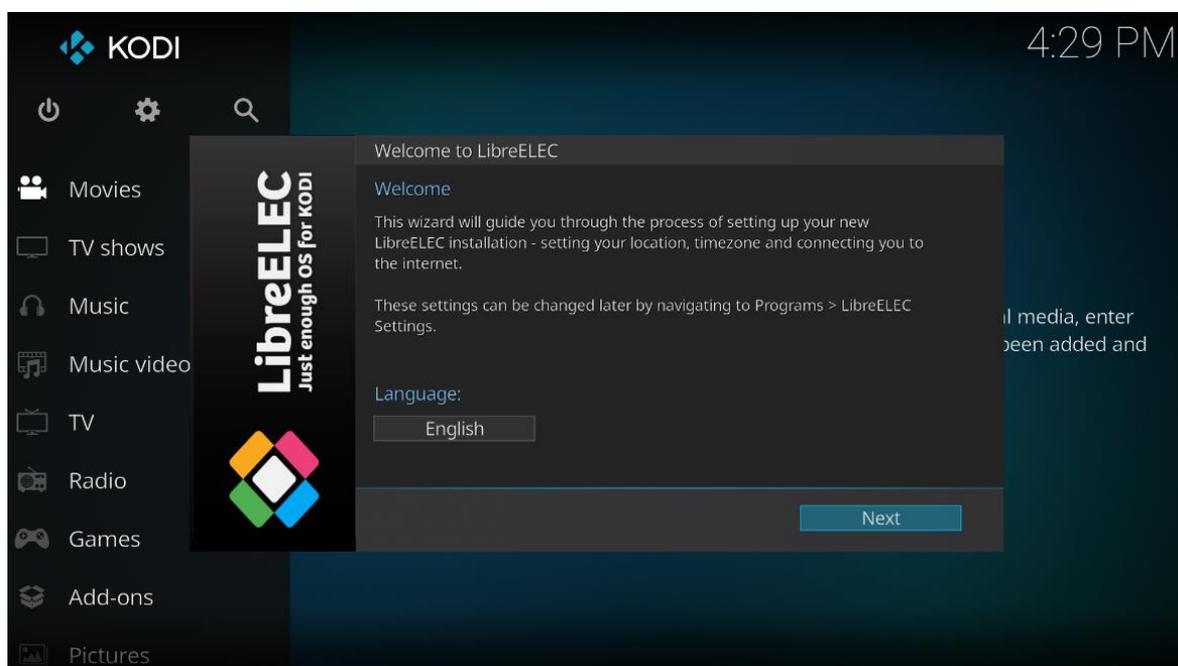


Рисунок 3.7 – Налаштування мови

Налаштувавши мову, потрібно обрати підключення до мережі, підключаємо служби SSH для віддаленого доступу і Samba якщо будемо завантажувати файли по локальній мережі. При підключенні SSH потрібно змінити пароль. По завершенню цих налаштувань завантажиться обрана мова і система повністю готова до роботи.

Щоб розширити можливості цієї системи, ми можемо додати посилання на репозиторії. Для цього обираємо Доповнення > Встановити з файлу ZIP (попередньо потрібно завантажити архів з репозиторієм із інтернету і записати на USB флешку). При першому встановленні система запросить дозвіл на встановлення з невідомих джерел. В репозиторії можна знайти багато цікавих додатків і програм, наприклад: онлайн кінотеатри, YouTube, Torrent-трекери, програми для перегляду IPTV і багато іншого.

Тепер потрібно налаштувати дистанційне керування даним мультимедійним центром. Для цього знадобиться смартфон та програма Kore (Official Remote for Kodi), яку можна завантажити в Google Play Store.

Запустивши програму, вона запропонує автоматичне підключення до медіацентру, якщо вони знаходяться в одній локальній мережі (Рисунок 3.8).

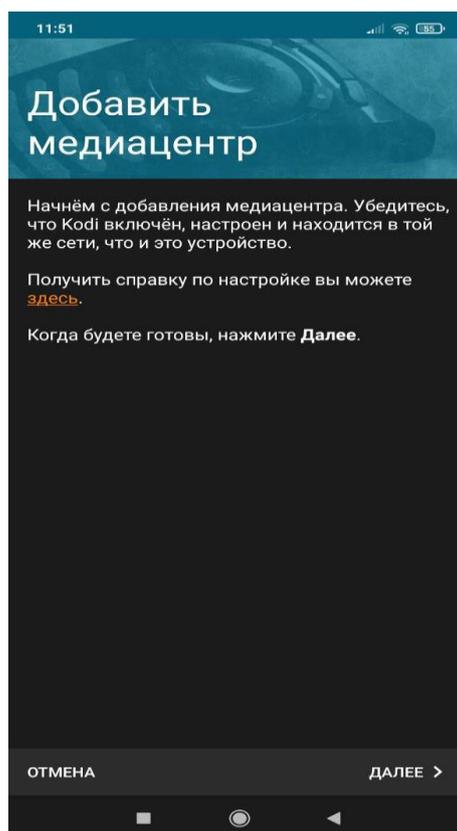


Рисунок 3.8 – Підключення до медіацентру

Перед тим як натискати кнопку “Далі” потрібно зайти в медіацентрі за шляхом: Налаштування > Служби > Керування, та дозволити віддалене керування через НТТР (Рисунок 3.9).

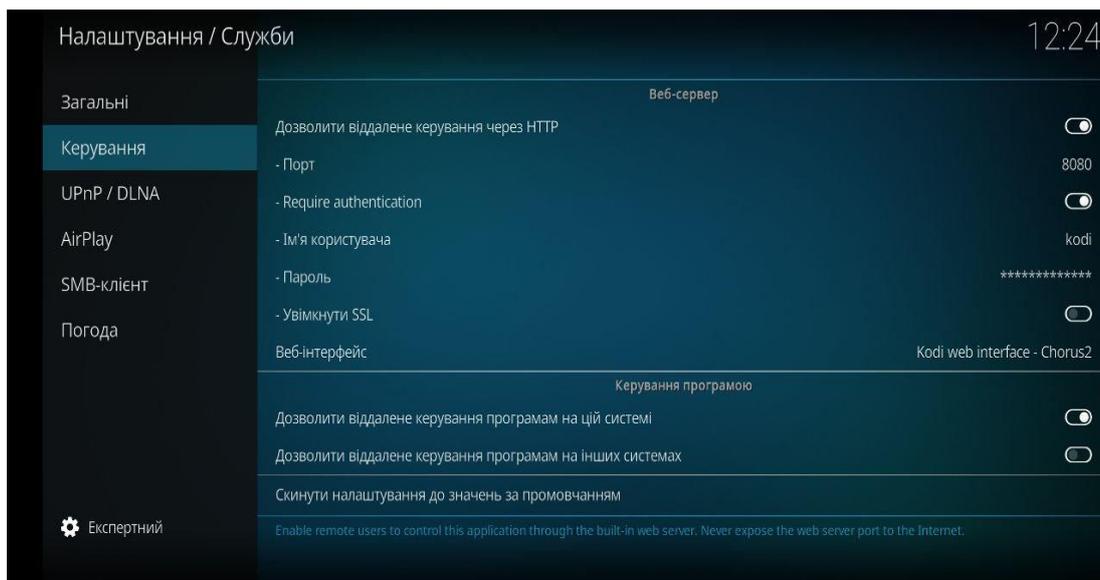


Рисунок 3.9 – Налаштування віддаленого керування через HTTP

Як тільки Kodi знайшла наш пристрій, обираємо його та проходимо автентифікацію (Рисунок 3.10)

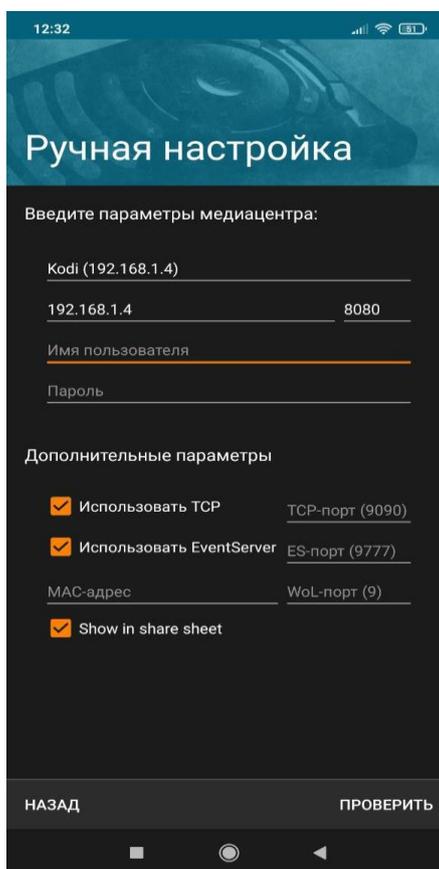


Рисунок 3.10 – Автентифікація

Якщо все пройшло успішно, Kore повністю готовий до використання. На Рисунку 3.11 можна побачити головне меню програми.

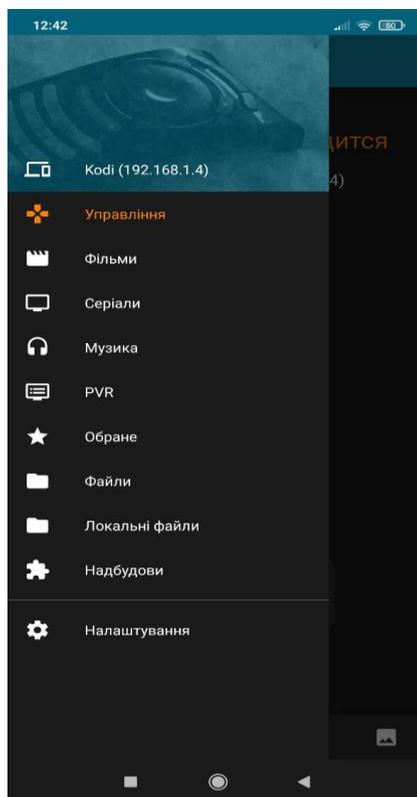


Рисунок 3.11 – Головне меню Kore

3.5 Висновки до розділу

В третьому розділі було розглянуто критерії вибору мікрокомп'ютера і обрано для даного проекту Raspberry Pi 4 Model B, так як ця модель одна із останніх серії Raspberry і має все необхідне для використання його як медіаплеєра. Досліджено три операційні системи, які найбільше підходять для цієї цілі, такі як OSMC, OpenELEC і LibreELEC. Я зупинив свій вибір саме на системі LibreELEC. На мою думку вона найкраща порівняно з іншими, постійно оновлюється, її легше встановити і проста у використанні. Також ознайомився з методами встановлення операційної системи на мікрокомп'ютер, та підключенням дистанційного керування системою LibreELEC за допомогою програмного забезпечення Kore на смартфоні.

ВИСНОВКИ

Під час роботи я розглядав що таке технологія IPTV, принцип її роботи, які сервіси пропонує користувачам, та як проходить доставка контенту. Користування даною технологією вимагає наявності стабільного підключення до Інтернету. Вибираючи IPTV, потрібно вибрати відповідний мікрокомп'ютер, який за своїми характеристиками підходить для використання його як медіаплеєра, слід опиратися на продуктивність та вартість. Саме з цього моменту в даній роботі я почав розглядати ARM-архітектуру, яка є основою більшості мікрокомп'ютерів, і найпопулярніші з цих пристроїв на даний момент, їхні характеристики та вартість. В якості програвача мультимедіа ідеально підходить Raspberry Pi 4 Model B, одна із останніх моделей Raspberry, а отже є майже в кожному спеціалізованому магазині, або інтернет-магазинах. Також цей мікрокомп'ютер буде ідеальним для новачків, тому що в Інтернеті розміщено багато інформації, де детально описується кожна функція, я гадаю це дуже великий плюс. Ще одним плюсом є те, що для цієї моделі створена велика кількість зручних програм. Після того як мікрокомп'ютер вибрано, потрібно було зосередитися на виборі ОС. Серед трьох чудових систем, таких як OSMC, OpenELEC і LibreELEC було важко обрати найкращу, але все таки я обрав LibreELEC оскільки ця система чудова підходить для створення медіаплеєра, вона постійно оновлюється, її легше встановити і проста у використанні.

Побудова приставки IPTV в наш час дуже актуально, оскільки у телеглядачів постійно виникає все більше і більше вимог щодо перегляду ТВ, але прогрес цифрового телебачення не зупиняється і постійно з'являються нові технології. Саме IPTV зараз може задовольнити вимоги всіх користувачів, адже тепер не проблема переглянути фільм або серіал який тільки забажаєш в будь-який момент.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Internet Television: не путать с IPTV! Режим доступа: <http://www.hifinews.ru/advice/details/23.htm>
2. Time Shifted TV. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/167431>
3. VoD — видео по запросу. Режим доступа: <http://iptv-mag.ru/VOD.html>
4. Electronic Program Guide. Режим доступа: <https://ru.google.info.com/297190/1/electronic-program-guide.html>
5. IPTV. Режим доступа: <https://znaimo.com.ua/IPTV>
6. Построение сети IPTV: общие подходы. Режим доступа: <http://lib.tsonline.ru/articles2/fix-op/postroen-seti-iptv-obsch-podhody>
7. Режимы передачи. Режим доступа: <https://studall.org/all3-68016.html>
8. ARM. Режим доступа: https://dbpedia.org/page/ARM_architecture
9. Процессоры ARM: особенности архитектуры, отличия и перспективы. Режим доступа: <https://itc.ua/articles/protssoryi-arm-osobennosti-arhitekturyi-otlichiya-i-perspektivy/>
10. Рейтинг лучших одноплатных микрокомпьютеров на 2021 год. Режим доступа: <https://vyborok.com/rejting-luchshih-odnoplattnyh-mikrokompyutеров>
11. Выбор микрокомпьютера. Режим доступа: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-334-platformyi/16184-vyibor-mikrokomputera/>
12. Операционные системы на Raspberry Pi. Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/raspberry-pi/operatsionnye-sistemy-raspberry-pi/>
13. Лучшие операционные системы Raspberry Pi. Режим доступа: <https://bestwebber.ru/lychshie-operacionnye-sistemy-raspberry-pi-3/>
14. LibreELEC: все, что вам нужно знать об этом мультимедийном центре. Режим доступа: <https://www.hwlibre.com/ru/libreelec/>
15. Новая версия LibreELEC 9.2 прибывает с поддержкой Raspberry Pi 4. Режим доступа: <https://blog.desdelinux.net/ru/llega-la-nueva-version-de-libreelec-9-2-con-soporte-para-raspberry-pi-4/>

A.1 IPTV TECHNOLOGY. PRINCIPLE OF OPERATION, STRUCTURE AND SERVICES

A.1.1 IPTV technology

IPTV (Internet Protocol Television) is a modern technology that, unlike terrestrial, cable and satellite, which are traditional types of digital television, transmits data over IP. The system itself is completely unrelated to the World Wide Web. It is also interesting that IPTV is developing mainly at the expense of funds provided by telecommunications companies and operators offering digital and satellite cable services. Not to be confused with Internet TV, which is transmitted by streaming video and is available to the user without the participation of intermediaries, it companies - operators.

IPTV is a new generation of television. This technology allows you to get the perfect picture and sound quality, greatly expands the capabilities of television, by adding additional services such as:

- Online cinema is a resource that allows you to choose and watch any video content;
- Time Shifted TV, which is a useful feature of digital television that allows the user to use the Pause and Rewind keys while watching TV. When using the "Pause" function, the TV program is recorded on the memory device (hard disk in the digital TV receiver, video server in the operator's network, external flash drives in the receivers) and provides its playback using the built-in media player. In the recent past, this feature was supported only by VCRs and DVD players.
- VoD (Video on Demand) - (from English - "Video on Demand") is a system of personal delivery of media content to the subscriber. The benefit of this feature is better explained by example: the user wants to watch an interesting TV show or movie, but he does not want to go to the store for a DVD or spend time looking for the right content in good quality, and often do not look for it online (for example, new Movies). In this case,

this feature comes to the rescue, which allows you to order the desired video "with home delivery", just by pressing the necessary buttons on the remote control.

- Network Personal Video Recorder (NRVR) - (English - "Network Personal Video Recorder") is a digital television service that allows you to record any broadcast video content and then watch it many times, followed by deletion. In other words, a service for storing content online for further individual viewing.

- Electronic Program Guide (EPG) or Electronic Service Guide (ESG), an online service for digital television or broadcasting, provides flexibility in digital content management. The Electronic Television Guide (EPG) is an on-screen menu that displays a schedule of TV and radio programs with the ability to interactively navigate content by time, title, channel, genre, etc. using the remote control. There is also a short annotation to each point of the TV program. Electronic TV Guide (EPG) is available in all digital TV receivers, as well as in all modern TVs that have a built-in tuner (decoder) of digital TV.

IPTV broadcasting is not limited by the number of TV channels and the number of broadcast content. Restrictions may arise only in the bandwidth of the network of the IPTV operator and the ISP providing services to the end user.

The architecture of the IPTV system usually has the following components:

- a subsystem for managing the complex and services, which is called "Intermediate software" or "IPTV Middleware". This component is the main component of the IPTV solution, because, ultimately, it determines the set of services that will be available to the subscriber, the user interface, control algorithm and transition logic. Middleware has the role of coordinator in the interaction of almost all components of the complex. The core of the subsystem manages the external components of the complex, maintains a database of subscribers and services provided to them, is engaged in authentication and authorization of subscriber devices, and in turn the subscriber portal (it is also called the Subscriber User Interface) - the person of the whole complex, the interface that the subscriber sees on his screen, and through which he uses the services;

- subsystem for receiving and processing content;

- content protection subsystem (technical means of copyright protection);
- subsystem of video servers;
- subsystem for monitoring the quality of customer equipment flows.

All computers (corresponding to system requirements), specialized TV set-top boxes, media players, TVs with Smart TV technology, mobile devices can act as the client equipment. At the software level, access to IPTV resources can be carried out using special applications (programs) and using a regular Internet browser built into the device.

A.1.2 The principle of operation of IPTV

To understand the principle of operation, it is necessary to identify the main requirements for the solution of the construction of IPTV. In the technical solution, there are four main functions of the network user:

- the ability to provide streaming video and audio services;
- "video on demand";
- mandatory Internet access;
- collect information resources and provide them with access.

The following basic principles must be met for quality voice and video transmission:

- maintenance of real-time transport protocols;
- providing the necessary quality of service mechanisms.

The following are considered as sources of information resources required for network services:

- satellite teleport, which delivers TV programs, broadcast by artificial satellites of the Earth TV broadcasts;
- direct submission of TV programs from own studios or purchased TV programs;
- video servers;
- servers of other information resources (games, audio recordings in MPEG-3 format, e-books, programs, other files);
- resources of public networks that make up the Internet.

A.1.3 Structure and services

The set of services that need to be provided, especially the need for real-time services, usually have strict requirements for the transport system. It is very important to consider them when creating a good network architecture. As an example, video traffic is characterized by a binary stream with a relatively constant speed, and most subscribers to the service "video on demand" use it at about the same time - in the evening, as a result, it affects the uneven load on the network. Table 1.1 shows the specific main indicators of network loads depending on the service provided.

Table A.1 Estimation of traffic volumes of various provisions

Services	Bandwidth for one subscriber, Mbit	The maximum number of subscribers who use the service	The share of subscribers who use the service at the same time	Final bandwidth for the service, Mbit / s
Internet access	0,256	$N \times 80\% = 0,8N$	20%	$0,256 \times 0,8N \times 0,2 = 0,041N$
IPTV				
TV broadcasting	4 (MPEG-2) 2 (MPEG-4)	Number of channels = 100	100%	MPEG-2 = $4 \times 100 \times 1 = 400$ MPEG-4 = $2 \times 100 \times 1 = 200$
Video on demand	19 (HDTV)	$N \times 5\% = 0,05N$	10%	$19 \times 0,05N \times 0,1 = 0,095N$
Voice communication				
Audio-telephony	0,064 (G.711)	$N \times 50\% = 0,5N$	15%	$0,064 \times 0,5N \times 0,15 = 0,0063N$

Continuation of Table A.1 Estimation of traffic volumes of various provisions

Videophone	0,55 (H.264)	$N \times 2\% = 0,02N$	15%	$0,55 \times 0,02N \times 0,15 = 0,0017N$
Other services				
L2 VPN(VLL, VPLS)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$
L3 VPN (BGP/MPLS)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$
E1 (FR, HDLC, PPP, E)	2	$N \times 1\% = 0,01N$	80%	$2 \times 0,01N \times 0,8 = 0,016N$
Access to local resources				
FTP, Gaming, local content	2	$N \times 20\% = 0,2N$	20%	$2 \times 0,2N \times 0,2 = 0,08N$
The minimum bandwidth occupied by subscriber traffic in the backbone of the data network				$0,272N + 400$ (MP EG-2) $0,272N + 200$ (MP EG-4)
N is the volume of the operator's subscriber base. The numbers given in the table are taken on the basis of experience of telecommunication operators (statistics), materials.				

Now let's look at each service in more detail:

1. Streaming video

Provides subscribers with the ability to watch terrestrial and satellite TV channels packed in an IP stream, while broadcasting should be in Multicast mode to ensure optimization of bandwidth utilization. The bandwidth per channel is given in table 1.1 and depends on the selected encoding and encryption system table.

TV traffic does not show strict requirements for delays in the transport network, the maximum jitter (English jitter - jitter) or phase jitter digital data signal - harmful phase and / or frequency random deviations of the signal. transmission lines in time and different speeds of the frequency components of the same sign) packets can be 50 ms.

2. "Video on Demand"

If we consider the transport subsystem request and receipt of services "video on demand" describes an asymmetric interaction, in which the direct channel in Unicast mode transmits digital video streams and the subscriber interface, and the reverse channel - requests for information. The requirements for the return channel are small: the maximum required speed does not exceed 33.6 Kbit / s. The speed specified in Table 1.1 is the average value of the band occupied by the high-definition TV signal, as almost constantly the "video on demand" service will be implemented in HDTV format.

3. Access to Internet resources

This service does not provide any special requirements for the parameters of the transport network. Because the quality of service setting treats Internet traffic like a background, it does not become a "Competitor" for real-time applications.

In the event that consumers need to be provided with Internet access at a guaranteed speed, it is necessary to comply with traffic shaping procedures - limiting the bandwidth of a channel for a single network node below the technical capabilities of the channel to the node. Shaping is usually used as a way to limit the maximum traffic consumption by the network node) for a router, which greatly complicates the operation of the network. Therefore, the optimal model is the one with the maximum achievable access speed and the expansion of the available bandwidth as needed. In this case, the available bandwidth is evenly distributed among active buyers. This scheme allows you to best meet customer expectations, increase traffic consumption and, consequently, the profit from the service.

4. Audio / video telephone service.

As part of the IP-telephony service, you can both provide a standard telephone service and expand it - by using videophones of various kinds (including software). In the second case, the systems are really analogs of video conferencing systems and can be served by the same control systems as IP-telephony services. To ensure the proper

functioning of these applications, you need to create a symmetric channel with the following bandwidth:

- audio-telephony: 83.44-91.56 kbps (G.711, Ethernet);
- videophone: 549.4 kbps (H.264, Ethernet).

5. Other services

These include the use of transport network resources in the form of renting a certain bandwidth (digital stream) or the implementation of a corporate put: L2, L3 VPN [6].

A.1.4 Content delivery

There are three main ways to transmit traffic over an IP network: unicast, broadcast, and multicast.

You need to understand the differences between these methods, it is very important to understand the benefits of IP-TV and for the practical implementation of video broadcasting over IP-network.

Each of these methods of transmission uses different types of distribution of IP addresses in accordance with the tasks, and in the degree of their impact on the amount of traffic consumed, there is a big difference.

Unicast traffic (unicast packet transmission) is more used for "personal" services. Each participant can request relevant video content at any time.

Unicast communication is transmitted from one source to another by the destination IP address. This email address can only belong to one computer or STB subscriber in the network, as shown in Fig. 1.1.

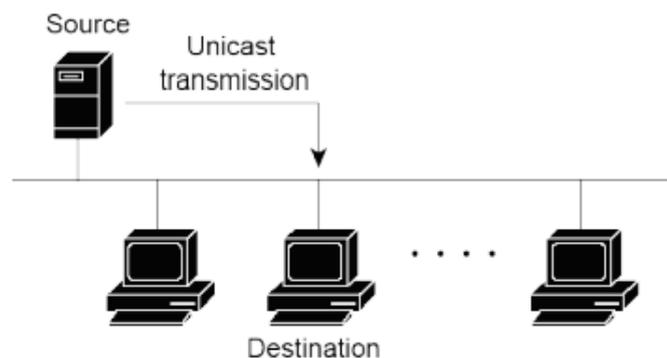


Figure A.1 - Unicast technology

The number of subscribers who can receive unidirectional transmission at the same time is limited by the flow (bandwidth) available in the network backbone. In a Gigabit Ethernet network, the maximum data rate can theoretically reach up to 1 Gbps minus the bandwidth required to transmit service information and inventory the device. For example, suppose we can allocate no more than half of the bandwidth in the backbone to services that require one-way transmission. For the case of 5 MB / s per MPEG2 TV channel, it is easy to calculate that the number of subscribers receiving one-way transmission at the same time cannot exceed 100.

Broadcast traffic uses a special IP address to send the same data stream to all participants in the IP network. For example, such an IP address may end in 255, for example, 192.0.2.255, or it may have 255 in all four fields (255.255.255.255).

It is important to know that broadcast traffic is received by all connected computers (or STBs) on the network, regardless of user preferences. For this reason, this type of transmission is mainly used for network-level service information or for the transmission of other exclusively narrowband information. Of course, broadcasting is not used to transmit video data. An example of transmission is shown in (Fig. 1.2).

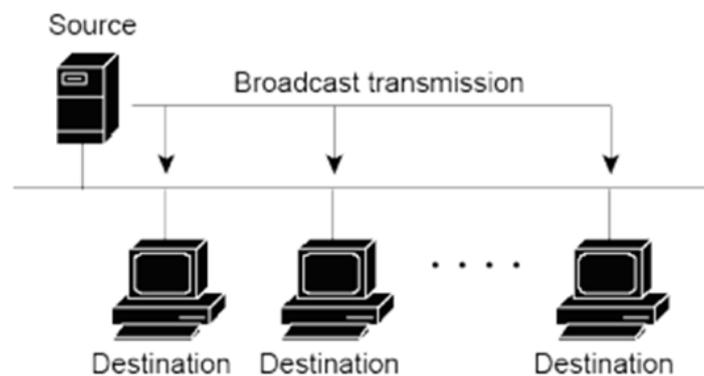


Figure A.2 - Broadcasting technology

Multicast traffic (group packet transmission) is used for video streaming when you want to deliver video content to an unlimited number of subscribers without network congestion (Fig. 1.3). This is the most commonly used type of data transmission in IPTV networks, when the same program is viewed by a large number of subscribers.

Multicast uses a special class of destination IP addresses, such as addresses in the range 224.0.0.0 239.255.255.255. These can be Class D IP addresses.

Unlike unicast, many address packets cannot be assigned to a single computer (or STB). When data is sent to one of the IP addresses under the LGPL, the potential recipient of the data can decide whether or not to receive it, is the subscriber will watch this channel or not. This method of transmission means that the main device of the IPTV operator will transmit a single data stream to multiple destination addresses. Unlike broadcast, the subscriber has a choice - to receive data or not.

It is important to know that to implement multicast traffic on an IP network, there must be routers that support multicast. The router uses the IGMP protocol to monitor the current status of distribution groups.

The basic rules of the IGMP protocol are as follows:

- the end node of the network sends an IGMP packet of message type to ensure the start of the process of connecting to the distribution group;
- the node does not send further packets when it is disconnected from the distribution group;
- The ultrasonic router sends IGMP requests to the network at regular intervals. These queries allow you to determine the current status of distribution groups;
- The host responds to the IGMP packet for each distribution group if there is at least one client in that group.

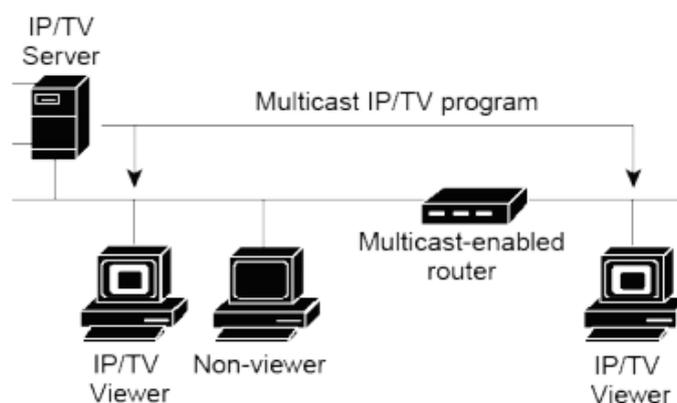


Figure A.3 - Multicast technology

The load of the backbone of the multicast network with traffic depends only on the number of channels broadcast on the network. In the situation with the Gigabit Ethernet network, assuming that half of the backbone traffic we can allocate for multicast transmission, we get about 100 MPEG-2 TV channels, each with a data rate of 5 Mbps.

Of course, in the IPTV network there are all 3 types of broadcast, multicast and unicast. The operator, planning the optimal amount of network bandwidth, must take into account the different mechanism of influence of different IP-addressing technologies on the amount of traffic. For example, the operator must have a clear idea that providing a "video on demand" service to a large number of subscribers requires a very high bandwidth of the backbone network. One solution to this problem is decentralization in the network of video servers. In this case, the central video server is replaced by several local servers, spaced apart and close to the peripheral segments of the multilevel hierarchical architecture of the IP network.

A.1.5 Conclusion to the section

What are the main positive features of IPTV technology? First of all, it supports such functions as recording broadcasts, TV guides, it is even possible to pause TV broadcasts with subsequent viewing in another period of time. IPTV is based on broadband IP connections and is always provided to consumers with network access. IPTV cannot be called television in the full sense. It's just a system of providing digital TV content to customers who subscribe to this service. The term IP itself is a way of transmitting content on a network under the control of a provider. This format is very similar to regular cable TV, but with internet access. Another advantage of IPTV is the lack of linking to the list of channels, both in the case of conventional TV and in the case of cable and satellite services. It does not depend on the tariffs of the television operator and the region in which the consumer lives. All you have to do is download a playlist and a player with certain content. IP TV is free to broadcast on unencrypted channels, even then you can still watch dozens of channels, including narrow-themed. Compared to traditional analog TV, IPTV will benefit from multi-channel audio and HD video

resolution. Another advantage is the economic benefit. You will not need to buy an expensive antenna, TV with digital receiver, tuners and receivers, you do not even need to lay cables and do other installation work. All you need is an Internet connection and any device that can support networking and the ability to run the appropriate software to play. You can watch interactive TV via IP on smartphones, tablets, computers, TVs with set-top boxes that support IP, or with Smart TV.

You can also emphasize the following benefits:

- creating channel lists and switching between them;
- general and separate installations for channels;
- recording / viewing scheduler;
- the ability to use a smartphone as a remote control;
- processing and storage of received data;
- integration with social networks;
- audio tracks and subtitles.

And now consider the disadvantages of IPTV. Serious speech problems are most important if the data transmission is slow. Other, less global errors will only occur in certain situations. For example, when the image is displayed on a TV screen and everything is played back on a tablet or PC, you have to perform any actions using the manipulators. This means that you will need to use the touchpad or mouse to increase the volume or change the channel. However, this inconvenience is solved with the help of Smart TV. You can also use a media player or a specialized set-top box, but these options lose their savings because these devices are quite expensive.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ, ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ ARM АРХІТЕКТУРИ В ТЕХНОЛОГІЇ IPTV

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавр

Виконав: студент групи 401-ТТ Горжій Д. О.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Обіход Я. Я.

Полтава - 2021 рік

- ▶ Метою даної роботи є дослідження особливостей технології IPTV, визначення її переваг та недоліків, ознайомлення з різними моделями мікрокомп'ютерів та з архітектурою ARM. Розробка IPTV приставки на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B, встановлення операційної системи та необхідного програмного забезпечення.
- ▶ Актуальність роботи полягає в тому, що IPTV це інновація, яка з'явилася відносно недавно і почала замінити інші цифрові та аналогові системи мовлення. Поява нової технології мовлення стала значною подією і пропонувала глядачам абсолютно нову ідею перегляду телебачення за допомогою інтернету з багатьма різними додатковими можливостями, на відміну від стандартного телебачення.
- ▶ Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є технології та методи трансляції телевізійного сигналу через IP протокол, а також розробка IPTV приставки на основі мікрокомп'ютера з ARM архітектурою.

Задачі дослідження:

- ▶ 1. Дослідження особливостей технології IPTV.
- ▶ 2. Дослідження моделей мікрокомп'ютерів на основі ARM.
- ▶ 3. Дослідження програмного забезпечення.
- ▶ 4. Дослідження налаштувань мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B в якості IPTV приставки.

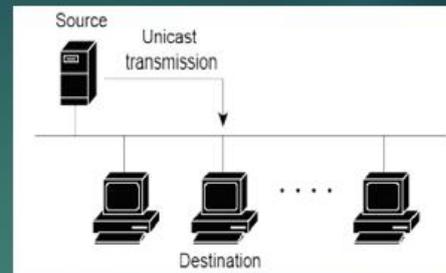
Технологія IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) являє собою сучасну технологію, яка, на відміну від ефірного, кабельного і супутникового, що представляють собою традиційні види цифрового телебачення, передає дані по протоколу IP.

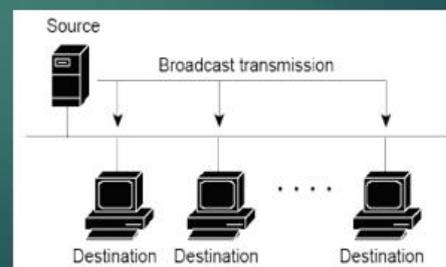
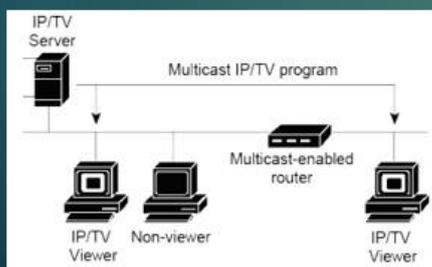


Доставка контенту

- ▶ Існує три основних способи передачі трафіку по IP-мережі: unicast, broadcast і multicast.



5



ARM архітектура та її особливості

- ▶ Архітектура ARM (первісно Advanced RISC Machine — поліпшена RISC машина, попередник Acorn RISC Machine) — система команд і сімейство описів і готових топологій 32-бітних і 64-бітових мікропроцесорних / мікроконтролерних ядер, що розробляються компанією ARM Limited.



6

Мікрокомп'ютери та їх переваги

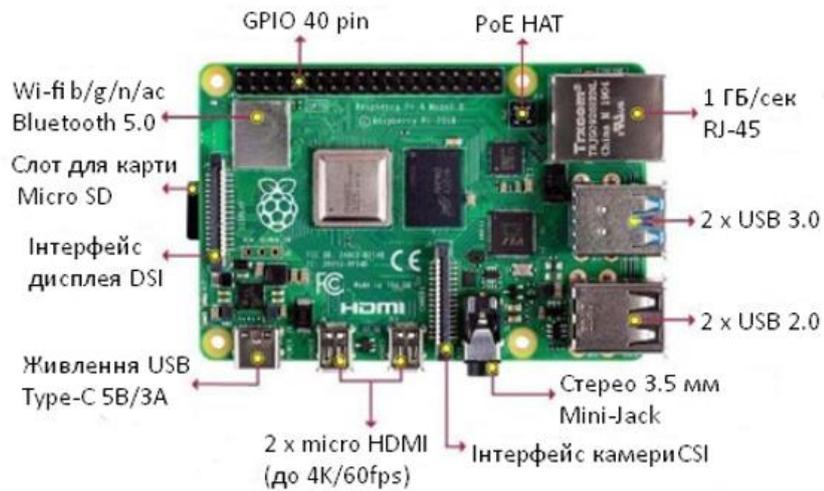
7

- ▶ Внутрішня структура міні-ПК схожа на його молодші версії. На системній платі зазвичай встановлюються такі компоненти: мікропроцесор, оперативна пам'ять, роз'єми введення та виведення даних та інші компоненти.



Схема мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B

8



Вибір операційної системи

- ▶ На Raspberry Pi передбачена велика кількість операційних систем, але для поставленої задачі підходить не кожна. Для створення IPTV приставки відібрано три системи: OSMC, OpenELEC, LibreELEC.



9

Встановлення LibreELEC на Raspberry Pi 4 Model B

10

LibreELEC
Just enough OS for KODI

LIBRELEC DOWNLOADS

To create bootable USB or SD Card installation media for any LibreELEC supported platform please download the "LibreELEC USB-SD Creator" app and run it with administrator rights.

LibreELEC USB-SD Creator

1 Select version Drive all
raspberrypi 2 and 3 LibreELEC-ARM-9.3.0.img.gz, 123 MB

2 Download or select a local image file
Download Select file

3 Select your USB stick or SD card

4 Write image
Write

About Help Close

 [Download for Windows](#)
 [Download for Linux 32-bit](#)
[Download for Linux 64-bit](#)
 [Download for macOS](#)

SUPPORT & ASSISTANCE

Налаштування дистанційного керування

11

- Для налаштування дистанційного керування знадобиться смартфон та програма Kore (Official Remote for Kodi), яку можна завантажити в Google Play Store.



Висновки

12

- Побудова приставки IPTV в наш час дуже актуально, оскільки у телеглядачів постійно виникає все більше і більше вимог щодо перегляду ТВ, але прогрес цифрового телебачення не зупиняється і постійно з'являються нові технології. Саме IPTV зараз може задовольнити вимоги всіх користувачів, адже тепер не проблема переглянути фільм або серіал який тільки забажаєш в будь-який момент.

Дякую за увагу!