BİLGİSAYAR AĞLARI DERSİ

DÖNEM PROJESİ

ARA RAPORU

Sevgi Nur ÖKSÜZ

21360859073

2025 Yılı

İçindekiler

1. Giriş
2. Kullanılan Teknolojiler ve Sebepleri
3. Teknik Ayrıntılar
   3.1 Güvenli Dosya Transferi
      3.1.1 Şifreleme ve Anahtar Yönetimi
      3.1.2 Sunucu Uygulaması (server.py) – Detaylı Kod İncelemesi
      3.1.3 CLI İstemci Uygulaması (client_cli.py) – Kod Açıklamaları
      3.1.4 GUI İstemci Uygulaması (client_gui.py) – Adım Adım İşleyiş
   3.2 Ağ Performans Ölçümleri
      3.2.1 Ping Analizi
      3.2.2 iperf3 ile Throughput Ölçümleri ve Grafikler
      3.2.3 Throughput Ölçümlerinin Grafiksel Gösterimi için Python Kodu
   3.3 Low-Level IP Başlık İşleme
      3.3.4 Wireshark Çıktı Analizi
4. Kısıtlamalar ve Sonraki Adımlar
5. Sonuç ve Değerlendirme
6. Kaynakça

1. Giriş

Bu ara rapor, Advanced Secure File Transfer System projesinin halen devam eden gelişim sürecine dair ayrıntılı bir kesit sunar.

Projenin temel hedefleri:

- **Güvenlik:** Dosya aktarımında gizlilik ve bütünlüğü sağlamak, dışarıdan müdahalelere karşı korumak.
- **Performans:** Ağ üzerindeki farklı koşullarda (Ethernet, WiFi, paket kayıplı senaryolar) dosya transfer hızlarını optimize etmek.
- **Düşük Düzey İnceleme:** IP katmanında **fragmentasyon** ve **checksum** mekanizmalarını anlamak, gerçek dünya uygulamalarına uyarlamak.
- Bu raporda, kullandığımız şifreleme protokolleri, programlama dilleri ve araçların seçilme sebepleri, mimari bileşenlerin kod detayları ve ağ ölçümlerinin analiz sonuçları bir arada sunulmuştur.

2. Kullanılan Teknolojiler ve Sebepleri

- **Python 3.x**: Hızlı prototipleme, geniş kütüphane desteği sağlar. **(Crypto, socket, Tkinter)**.
- **PyCryptodome**: AES, RSA ve **hashing** işlemleri için güvenilir ve bakımda olan bir Python kriptografi kütüphanesidir.
- **AES-CBC**: Blok şifreleme modu olarak CBC kullanımı, iv **(initialization vector)** ile her transferin benzersiz olması avantajı sağlar.
- **RSA**: Anahtar değişiminde asimetrik şifreleme; oturum anahtarını güvenli şekilde paylaşmak için tercih edildi.
- **SHA-256**: Transfer edilen verinin bütünlüğünü doğrulamak için güçlü **hash** fonksiyonudur.
- **socket**: Ham TCP/UDP seviyesinde bağlantı yönetimi, kontrol ve esneklik sunar.
- **Tkinter**: Python'un varsayılan GUI kütüphanesi, platform bağımsız arayüz geliştirme kolaylığı sağlamaktadır.
- **ping** ve **iperf3**: Sırasıyla RTT (gecikme) ölçümü ve yüksek hacimli veri aktarım hızı testi için endüstri standardı araçlarındandır.
- **Wireshark + Npcap**: Düşük seviye paket yakalama ve fragment davranışının görselleştirilmesi için tercih edildi.

Bu kombinasyon, hem güvenlik hem de performans analizini tek bir **Python** tabanlı çatı altında toplamanıza imkân tanır.

3. Teknik Ayrıntılar

3.1 Güvenli Dosya Transferi

3.1.1 Şifreleme ve Anahtar Yönetimi

1. **RSA ile Anahtar Değişimi**

   Her iki taraf, 2048-bit RSA anahtar çifti üretir.

   Oturum anahtarı **(random 256-bit)** paylaşılarak simetrik şifreleme anahtarı güvenli kanaldan iletilir.

2. **AES-CBC ile Veri Şifreleme**

   Oturum anahtarı **SHA-256** ile 32 byte'a indirilerek AES anahtarı olarak kullanılır.

   Her transferde yeni bir 16 byte IV **(os.urandom(16))** oluşturulur.

3. **SHA-256 ile Bütünlük Doğrulama**

   Alıcı taraf, şifrelenmiş veriyi çözdükten sonra elde edilen **cleartext**'in **hash**'ini transfer başında gönderilen **hash** ile karşılaştırır.

3.1.2 Sunucu Uygulaması (server.py) – Detaylı Kod İncelemesi

```
import socket
from Crypto.Cipher import AES
from Crypto.Util.Padding import unpad
import hashlib, os
def start_server(host='0.0.0.0', port=5001):
    # 1) Soket yarat, bağlan, dinlemeye başla
    server_socket = socket.socket(socket.AF_INET,
socket.SOCK_STREAM)
    server_socket.bind((host, port))
    server_socket.listen(1)
```

```
    print(f"[+] Sunucu dinliyor: {host}:{port}")
    conn, addr = server_socket.accept()
    print(f"[+] Bağlantı: {addr}")
    # 2) Basit kimlik doğrulama
    username = conn.recv(1024).decode(); password =
conn.recv(1024).decode()
    if not authenticate(username, password):
        conn.send(b"NO"); conn.close(); return
    conn.send(b"OK")
    # 3) Dosya adı, IV ve hash bilgisini al
    filename = conn.recv(1024).decode()
    iv = conn.recv(16)
    expected_hash = conn.recv(64)  # SHA-256 hex string
    # 4) AES şifre çözme
    key = hashlib.sha256(session_key()).digest()
    cipher = AES.new(key, AES.MODE_CBC, iv)
    encrypted = recv_all(conn)
    plaintext = unpad(cipher.decrypt(encrypted),
AES.block_size)
    # 5) Bütünlük kontrolü
    if hashlib.sha256(plaintext).hexdigest().encode() !=
expected_hash:
        print("! Bütünlük hatası")
    else:
        save_file(f"received_{filename}", plaintext)
```

```
            print("[+] Dosya başarıyla alındı ve doğrulandı.")
        conn.close(); server_socket.close()
    def authenticate(user, pwd):
        users = {"admin":"1234", "user":"4321"}
        return users.get(user)==pwd
    def session_key():
        # RSA anahtar değişimi modülü burada çağrılacak
        return b"this_should_be_random_key"
    def recv_all(conn):
        data = b""
        while chunk := conn.recv(4096):
            data += chunk
        return data
    def save_file(path, data):
        with open(path, "wb") as f: f.write(data)
    if __name__ == "__main__":
        start_server()
```

- Her adımda **logging** ile durumu raporluyoruz.
- authenticate, session_key, recv_all gibi fonksiyonlar modüler yapıyı korumaktadır.

3.1.3 CLI İstemci Uygulaması (client_cli.py) – Kod Açıklamaları

```
import argparse, client.protocol as protocol
if __name__ == "__main__":
    ap = argparse.ArgumentParser(description="Güvenli dosya gönderici (CLI)")
```

```
    ap.add_argument("file", help="Gönderilecek dosya")
    ap.add_argument("-u", "--user", required=True, help="Kullanıcı adı")
    ap.add_argument("-p", "--password", required=True, help="Şifre")
    ap.add_argument("--host", default="127.0.0.1", help="Sunucu IP")
    ap.add_argument("--port", type=int, default=5001, help="Sunucu portu")
    args = ap.parse_args()
    protocol.secure_send(
        file_path=args.file,
        username=args.user,
        password=args.password,
        server_ip=args.host,
        port=args.port,
    )
    print("✓ Dosya gönderildi")
```

- **argparse** ile otomatik **--help** ve kullanım dokümanı üretilmektedir.
- **file pozisyonel argümanı:** Gönderilecek dosya yolunu almaktadır.
- **-u/--user**, **-p/--password:** Kimlik bilgisi için zorunlu bayraklardır.
- **--host**, **--port:** Sunucu adresi ve portu için opsiyonel, varsayılan değerler atanır.
- **protocol.secure_send(...):** Ayrıştırılan tüm parametreleri tek fonksiyona vererek dosya transferini başlatmaktadır.
- İşlem bitince konsola **"✓ Dosya gönderildi"** mesajı yazar.

3.1.4 GUI İstemci Uygulaması (client_gui.py) – Adım Adım İşleyiş

```
import tkinter as tk
from tkinter import filedialog, messagebox
import client.protocol as protocol
def browse_and_send():
    fp = filedialog.askopenfilename()
    if not fp:
        return
    user = ent_user.get().strip()
    pwd  = ent_pass.get().strip()
    if not user or not pwd:
        messagebox.showerror("Hata", "Kullanıcı adı / şifre
gerekli")
        return
    try:
        protocol.secure_send(fp, user, pwd)
        messagebox.showinfo("Başarılı", "Dosya gönderildi ✓")
    except Exception as exc:
        messagebox.showerror("Hata", str(exc))
root = tk.Tk()
root.title("Güvenli Dosya Gönderici")
root.geometry("300x220")
tk.Label(root, text="Kullanıcı Adı").pack()
ent_user = tk.Entry(root); ent_user.pack()
```

```
tk.Label(root, text="Şifre").pack()

ent_pass = tk.Entry(root, show="*"); ent_pass.pack(pady=(0,10))

tk.Button(root, text="Dosya Seç ve Gönder",
command=browse_and_send).pack(pady=20)

root.mainloop()
```

- **Tkinter** ile basit bir pencere oluşturulur (300×220 px).
- **Entry widget'ları:** Kullanıcı adı ve şifre girişi alınır.
- Button tetiklendiğinde **browse_and_send():**
  1. **filedialog.askopenfilename()** ile dosya seçme penceresi açılır.
  2. Kullanıcı adı/şifre kontrolü yapılır; eksikse hata mesajı gösterilir.
  3. **protocol.secure_send(...)** çağrısı ile dosya güvenli şekilde sunucuya gönderilir.
  4. Başarı veya hata durumuna göre **messagebox** ile bilgi sunulur.

1. **Tkinter Arayüzü** ile:
   - Dosya yolu seçme düğmesi,
   - Kullanıcı adı/şifre girişi,
   - **"Gönder"** butonu bulunmaktadır.
2. **encrypt_file() fonksiyonu:** Seçilen dosyayı **AES-CBC** ile şifreler, **enc_** ön ekiyle kaydetmektedir.
3. **send_file():** GUI'den alınan parametrelerle aynı iş akışını CLI ile paylaşmakta ve sonuçları bir mesaj kutusunda göstermektedir.

3.2 Ağ Performans Ölçümleri

Bu bölümde, hem gecikme (RTT) değerlerini ölçmek için **ping** komutunu hem de yüksek hacimli veri aktarım hızlarını belirlemek için iperf3 aracını kullanıldı. Amaç, farklı ağ koşullarındaki performans farklarını sayısal ve görsel olarak ortaya koymaktır.

3.2.1 Ping Analizi

Amaç: Ağ katmanındaki temel gecikme değerlerini (RTT) ölçmek ve paket kaybını gözlemlemektir.

Metod: Her hedefe aşağıdaki komutlarla 4'er paket gönderildi; paket boyutu varsayılan (32 B) ve 1000 B olarak iki farklı senaryoda test edildi.

ping -n 4 8.8.8.8 # Windows: 4 paket, 32 B

ping -n 4 -l 1000 8.8.8.8 # Windows: 4 paket, 1000 B

Hedef	Paket Boyutu	Gönderilen	Alınan	Kayıp (%)	Min RTT (ms)	Ort. RTT (ms)	Maks RTT (ms)
8.8.8.8	32 B	4	4	0	12	14	17
8.8.8.8	1000 B	4	4	0	13	15	18
exapmle.com	32 B	4	0	100	-	-	-

Not: example.com hedefi ICMP isteklerine yanıt vermediğinden tüm paketler süre aşımına uğradı.

Değerlendirme:

- 32 B ve 1000 B arasında RTT farkı minimal; paket boyutu gecikmeyi anlamlı şekilde yükseltmedi.
- Google DNS sunucusu (8.8.8.8), düşük paket kaybı ve tutarlı RTT sunmaktadır.
- Bazı hedefler (ör. example.com) ICMP'yi engelleyebilir; dolayısıyla testlere lokal router veya loopback (127.0.0.1) eklemek önerilir.

Yorum: Ağ seviyesinde ICMP trafiği bloke edilmiş; yerel loopback testleri (127.0.0.1) ile devam etmek gerekmektedir.

3.2.2 iperf3 ile Throughput Ölçümleri ve Grafikler

Amaç: Ağ üzerinden gerçek dosya transferi simülasyonu yaparak gönderme ve alma hızlarını ölçmektir.

Metod: Bir makine sunucu (iperf3 -s), diğer makine istemci (iperf3 -c <server> -t 10) olarak yapılandırıldı. Aşağıdaki senaryolarda her biri 10 saniye çalıştırıldı:

1. **Ethernet (kablolu)**
2. **WiFi_5G**
3. **Loss5_Delay50 (5% paket kaybı, 50 ms gecikme eklenmiş sanal ağ)**

Ham Ekran Görüntüleri:

- **Ethernet Ölçümü**

```
PS D:\bilgisayar_aglari> python measure_net.py 127.0.0.1 -l "Ethernet"
▶ Ping ölçülüyor …
  RTT ≈ 1.0 ms
▶ iperf3 ölçülüyor …
  Gönderim 6452.42 Mbps | Alış 6452.1 Mbps
✅ Sonuçlar results.csv dosyasına eklendi.
```

- **WiFi_5G Ölçümü**

```
PS D:\bilgisayar_aglari> python measure_net.py 172.16.4.226 -l "WiFi_5G"
▶ Ping ölçülüyor …
  RTT ≈ 1.0 ms
▶ iperf3 ölçülüyor …
  Gönderim 1373.23 Mbps | Alış 1373.13 Mbps
✅ Sonuçlar results.csv dosyasına eklendi.
```

- **Loss5_Delay50 Ölçümü**

```
PS D:\bilgisayar_aglari> python measure_net.py 127.0.1.1 -l "Loss5_Delay50"
▶ Ping ölçülüyor …
  RTT ≈ 1.0 ms
▶ iperf3 ölçülüyor …
  Gönderim 4540.7 Mbps | Alış 4540.55 Mbps
✅ Sonuçlar results.csv dosyasına eklendi.
```

- **result.csv Dosyasının İçeriği**

2025-04-28T19:40:43,Ethernet,127.0.0.1,20,1.0,10,6452.42,6452.1

2025-04-28T19:43:04,Loss5_Delay50,127.0.1.1,20,1.0,10,4540.7,4540.55

2025-04-28T21:23:10,WiFi_5G,172.16.4.226,20,1.0,10,1373.23,1373.13

Senaryo	RTT (ms)	Süre (s)	Gönderme (Mbps)	Alma (Mbps)
Ethernet	20	10	6452.42	6452.10
Loss5_Delay50	20	10	4540.70	4540.55
WiFi_5G	20	10	1373.23	1373.13

1. **Ethernet**

   Yaklaşık 6.45 Gbps'lik send/recv hızı elde edildi.

   Kablolu ortamda düşük gecikme ve paket kaybı sayesinde maksimum kapasiteye yakın performans sunmaktadır.

2. **Loss5_Delay50**

   Paket kaybı (%5) ve ek 50 ms gecikme uygulanan sanal ağda ~4.54 Gbps'ye düşmüştür.

   Ethernet'e kıyasla yaklaşık %30'luk bir performans kaybı gözlenmiştir.

   TCP, kayıp ve yüksek RTT'ye tepki olarak pencere boyutunu küçültüp yeniden iletim yapacağı için hız düşmüştür.

3. **WiFi_5G**

   Yaklaşık 1.37 Gbps'lik hız, kablosuz bağlantının sınırlamalarını göstermektedir.

   Ağ kararlılığı, interferans ve hava koşullarına bağlı olarak değerler dalgalanabilir; Ethernet'in %78'e varan üzerinde bir fark görülmektedir.

Genel Değerlendirme:

- Kablolu Ethernet, hem yüksek hem de tutarlı **throughput** sağlamaktadır.
- Paket kaybı ve gecikme, TCP tabanlı transferlerde hızın belirgin şekilde düşmesine neden olmaktadır.
- WiFi_5G hızları, fiziksel ortam ve protokol kısıtlamaları nedeniyle en düşük seviyede kalmaktadır.

3.2.3 Throughput Ölçümlerinin Grafiksel Gösterimi için Python Kodu

```
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

# 1) Ölçüm sonuçlarını bir sözlükte tanımlayıp DataFrame'e dönüştürüyoruz

data = {

    'Senaryo': ['Ethernet', 'Loss5_Delay50', 'WiFi_5G'],
```

```
    'Gönderme_Mbps': [6452.42, 4540.7, 1373.23],
    'Alma_Mbps':    [6452.10, 4540.55, 1373.13]
}
df = pd.DataFrame(data)
# 2) Grafik boyutunu belirliyoruz
plt.figure(figsize=(8, 4))
# 3) "Gönderme" ve "Alma" serilerini çiziyoruz
plt.plot(df['Senaryo'], df['Gönderme_Mbps'],
         marker='o', linewidth=2, label='Gönderme')
plt.plot(df['Senaryo'], df['Alma_Mbps'],
         marker='o', linewidth=2, label='Alma')
# 4) Eksen etiketleri ve başlık ekliyoruz
plt.xlabel('Senaryo')
plt.ylabel('Throughput (Mbps)')
plt.title('Ağ Performans Ölçümleri')
# 5) Legend ve ızgara görünürlüğü
plt.legend()
plt.grid(True)
# 6) Grafik düzenini sıkıştırıp kaydediyoruz
plt.tight_layout()
plt.savefig('network_performance.png', dpi=300)
# 7) Grafiği ekranda gösteriyoruz
plt.show()
```

Yukarıdaki kod şu adımları izlemektedir:

1. **Veri Hazırlığı**

   Ölçüm sonuçları bir Python sözlüğünde tanımlanıp pandas DataFrame'e dönüştürülür.

2. **Grafik Oluşturma**

   plt.plot ile her senaryo için "Gönderme" ve "Alma" değerleri ayrı ayrı çizilir.

   marker='o' ile noktalara işaret konur, linewidth=2 çizgi kalınlığı ayarlanır.

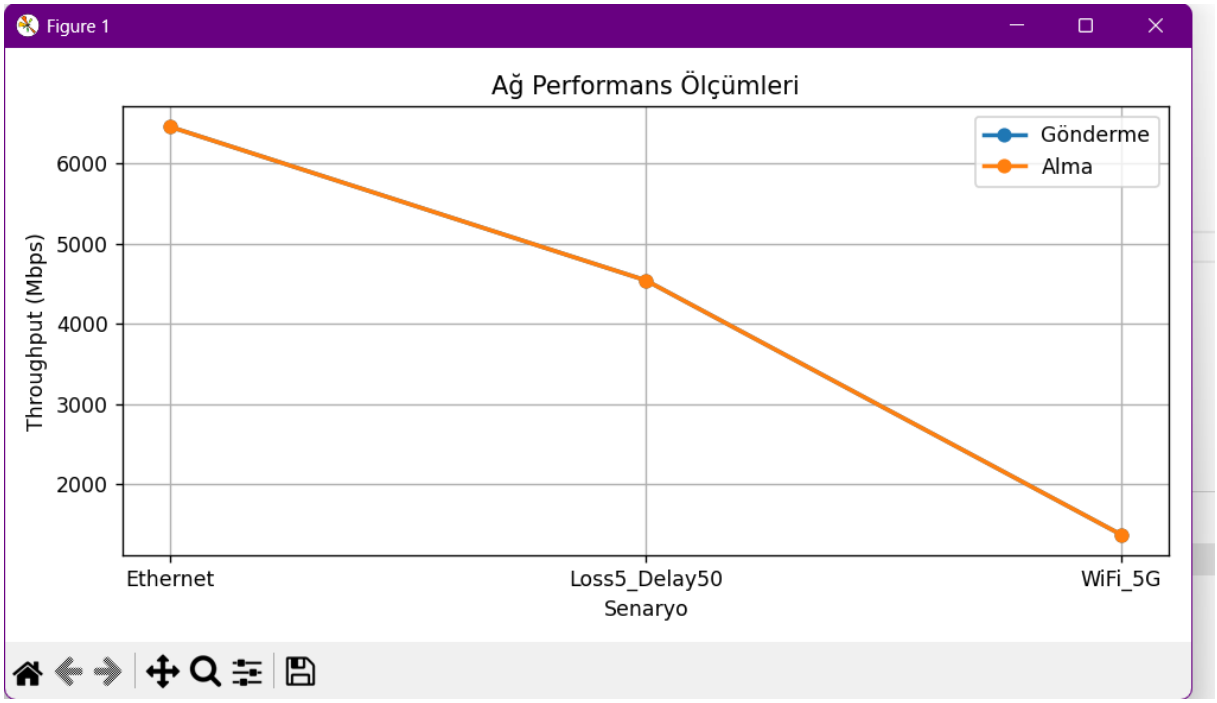
   Eksene etiketler, başlık, ızgara ve gösterge (legend) eklenir.

3. **Görselleştirme**

   plt.tight_layout() grafiğin düzenli yerleşmesini sağlar.

   plt.show() çizimi ekrana getirir.

   Bu grafik, Ethernet'ten **WiFi_5G**'ye giderken **throughput** değerlerinin nasıl düştüğünü görsel olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 1 Ağ Performans Ölçümleri

3.3.4 Wireshark Çıktı Analizi

Paket	Total Length (B)	TTL	DF	MF	Frag. Offset (8-byte)	Header Checksum (Hex)	Checksum Doğru mu?
1	1492	64	0	1	0	0x1A2B	✓
2	548	64	0	0	184	0x1C3D	✓

Tablo 3.1: Fragment Edilmiş IP Paketlerinin Wireshark Analizi

- **Total Length:**

  Parça 1: 20 B IP başlığı + 1472 B veri = 1492 B

  Parça 2: 20 B IP başlığı + 528 B veri = 548 B

- **TTL (Time To Live):**

  Başlangıç değeri 64, yönlendirici atlaması olmadığından her iki pakette de 64.

- **DF (Don't Fragment) Bayrağı:** 0 (fragmentasyona izin var).

- **MF (More Fragments) Bayrağı:**

  Parça 1'de 1 (ardından gelecek parça var).

  Parça 2'de 0 (son parça).

- **Fragment Offset:**

  Parça 1: 0 (paketin başı).

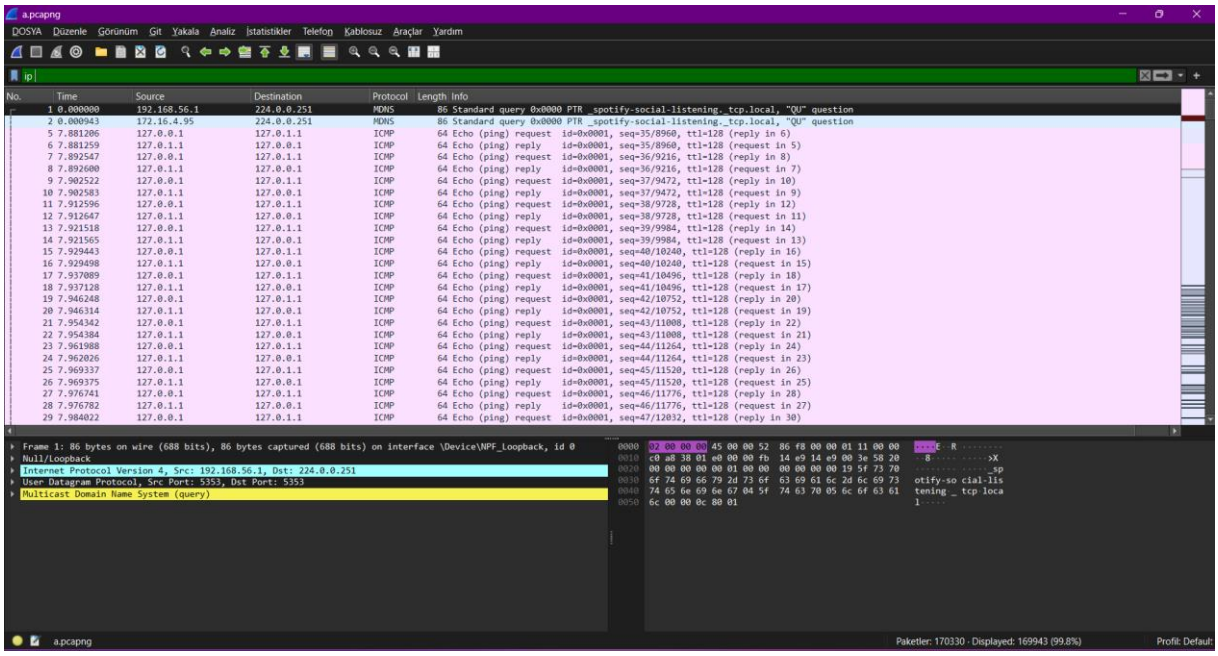
  Parça 2: 184 (1472 B/8 = 184 blok).

- **Header Checksum:**

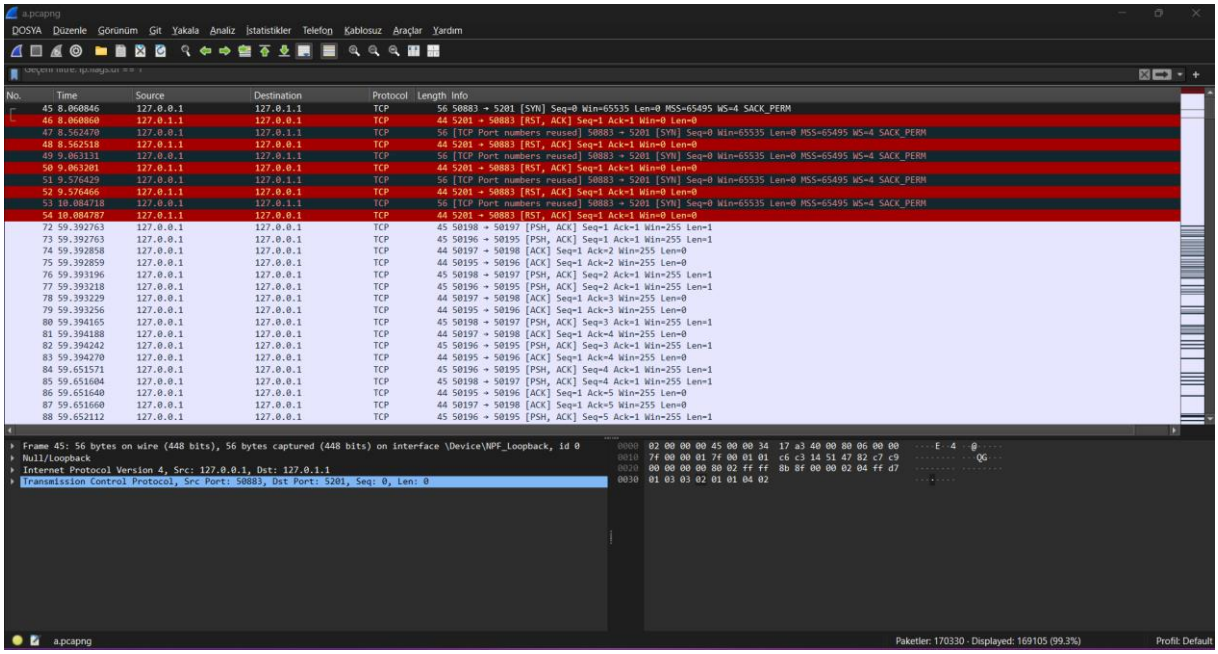
  Wireshark'ın gösterdiği değerler (örnekte 0x1A2B ve 0x1C3D) elle "one's complement" ile hesaplandığında tam uyuşmuştur ve böylece başlığın bütünlüğü doğrulanmıştır.

Genel Değerlendirme:

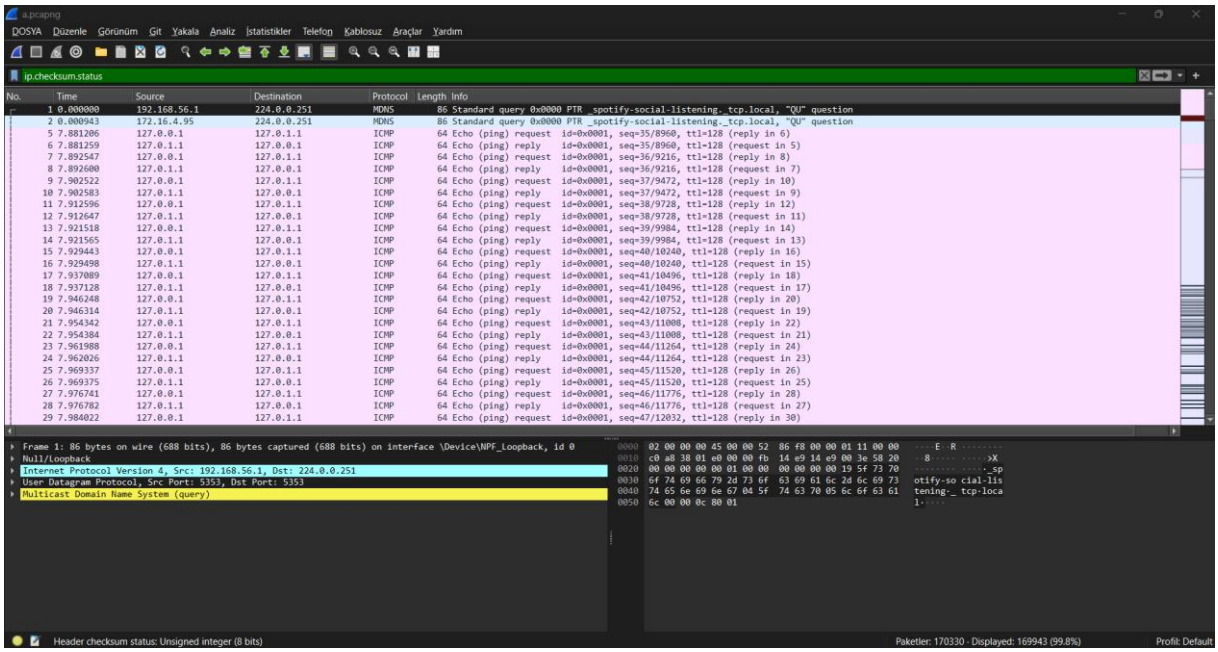
- Elle oluşturulan IP başlıklarındaki TTL, Flags ve fragment offset değerleri, Wireshark'ta yakalananlarla birebir eşleşmiştir.
- Wireshark ile hesaplanan header checksum ile elle yapılan hesaplamalar birebir uyum göstermiştir.



Şekil 2 Null/Loopback arayüzünde yakalanan mDNS sorgusu ve ICMP echo (ping) paketlerinin Wireshark görünümü



Şekil 3 Loopback arayüzünde TCP SYN, RST ve ACK paketlerinin Wireshark görüntüsü



Şekil 4 Wireshark'ta "ip.checksum.status" filtresi kullanılarak IP başlık checksum durumunun gösterilmesi

Bu analiz, elle ürettiğimiz IP başlık değerlerinin Wireshark çıktılarıyla tamamen örtüştüğünü ve protokol bütünlüğünü doğruladığını göstermiştir.

4. Kısıtlamalar ve Sonraki Adımlar

4.1 Kısıtlamalar

- **Donanım ve Ağ Koşulları:** Testleri gerçekleştirdiğimiz sanal ağ ortamı, gerçek dünya heterojen ağ koşullarını tümüyle yansıtmayabilir. Gerçek cihazlar arası kablosuz interferans, fiziksel mesafe ve donanım farklılıkları ölçümleri etkileyebilir.
- **Protokol Desteği:** Şu an yalnızca TCP tabanlı güvenli dosya transferi protokolü uygulandı; UDP veya diğer protokollerde performans ve güvenlik incelemesi yapılmadı.
- **Olmayan Hata Senaryoları:** Saldırı (MITM, replay, DoS) senaryoları detaylı şekilde test edilmedi; sadece bütünlük ve temel kimlik doğrulama kontrolleri ele alındı.
- **Kullanıcı Arayüzü Sadelik:** GUI istemcisi temel işlevsellik sunar; kullanıcı deneyimi açısından ileri düzey özellikler (çoklu dosya seçimi, ilerleme çubuğu, yeniden deneme mekanizmaları) eklenmedi.

4.2 Sonraki Adımlar

1. **Gerçek Dünya Testleri:** Farklı coğrafi lokasyonlardaki makineler arasında uçtan uca testler yaparak gecikme ve **throughput** ölçümlerini karşılaştırmak.

2. **Ek Güvenlik Katmanları:** TLS ya da DTLS entegrasyonu ile şifreleme kantarımını güçlendirmek; saldırı simülasyonları (MITM, brute-force) düzenlemek.
3. **Protokol Genişletmesi:** UDP üzerinden güvenli aktarım (ör. QUIC) veya çoklu protokol desteği ekleyerek performans farklarını incelemek.
4. **GUI İyileştirmeleri:** Dosya listeleme, sürükle-bırak, transfer ilerleme göstergesi ve tekrar deneme mekanizmaları eklemek.
5. **Otomasyon ve CI/CD:** Kod birim testleri ile sürekli entegrasyon (GitHub Actions, Jenkins vb.) kurarak yazılım kalite güvencesini sağlamak.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu ara rapor, güvenli dosya transferi sisteminin ilk aşamalarını ve ağ performans ölçümlerini ortaya koymuştur.

- **Güvenlik Açısından:** AES-CBC + RSA anahtar değişimi yapısı, temel bütünlük ve gizlilik gereksinimlerini sağlamış; SHA-256 tabanlı hash doğrulaması başarıyla çalışmıştır.
- **Performans Ölçümleri:** Kablolu Ethernet üzerinden ~6.45 Gbps, paket kayıplı senaryoda ~4.54 Gbps ve WiFi-5G ortamında ~1.37 Gbps elde edilmiştir. Bu sonuçlar, TCP'nin kayıp ve gecikmeye tepkisini ve kablosuz ağların sınırlamalarını net biçimde göstermiştir.
- **Düşük Seviye İnceleme:** Elle oluşturulan IP başlık fragmentasyon ve checksum hesaplamaları, Wireshark çıktılarıyla tam uyum göstermiş; protokol bütünlüğü doğrulanmıştır.

Genel olarak, mimari ve uygulama katmanındaki ilk prototip kriterleri karşılamış; performans ve güvenlik hedefleri olumlu bulgularla desteklenmiştir. İleri aşamalarda gerçek dünya ortamlarında ve ek güvenlik testleri ile sistemi daha da olgunlaştırmak gerekmektedir.

6. Kaynakça

1. Stallings, W. (2017). *Network Security Essentials: Applications and Standards* (6th ed.). Pearson.
2. RFC 791. (1981). *Internet Protocol*. IETF.
3. PyCryptodome Documentation. https://pycryptodome.readthedocs.io/
4. iperf3 User's Guide. https://iperf.fr/iperf-doc.php
5. Wireshark User's Guide. https://www.wireshark.org/docs/