

# 12

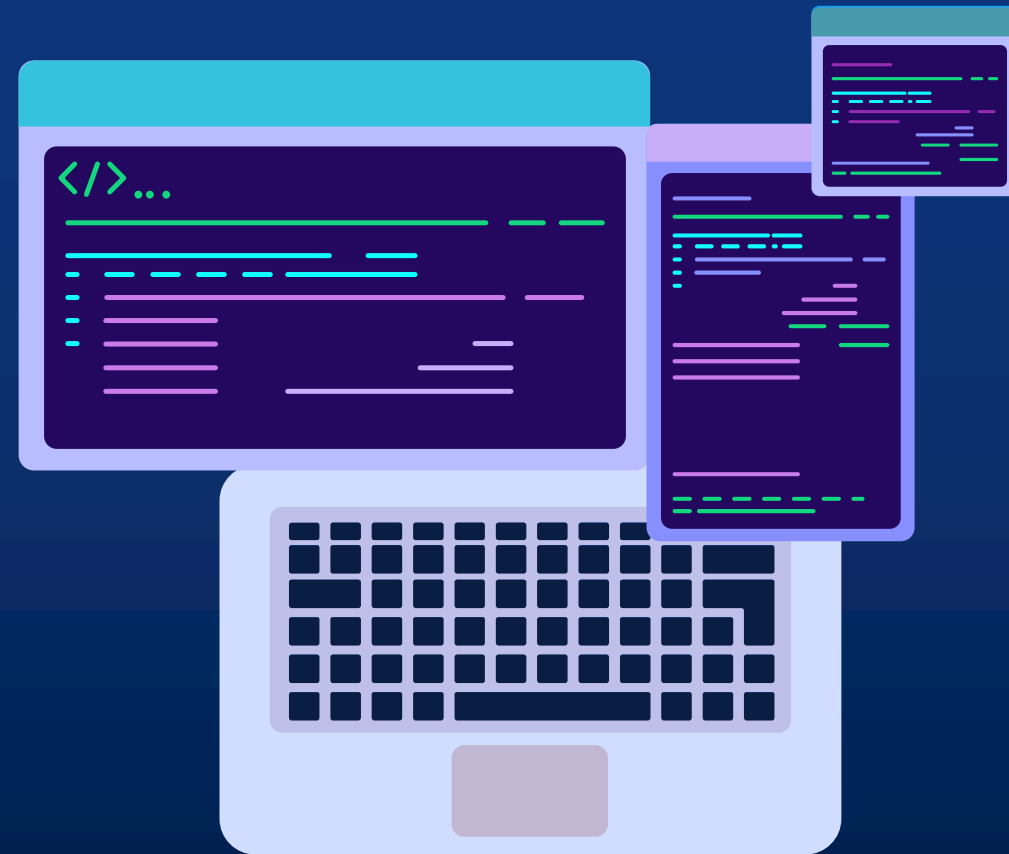
## Networking Basics Module 13: The ARP Process

Class code: KCS414

Year Offering: 2025, 2<sup>nd</sup> Term

Target Grade Level: 4th Grade

Japanese Course Title: ネットワーク入門1,2



# TABLE OF CONTENTS 2

01

CISCO Packet  
Tracer

02

Communication  
in a Connected  
World

03

Network Components,  
Types, and  
Connections

04

Build a  
Home Network

05

Communication  
Principles

06

The Access  
Layer

07

The Internet  
Protocol

08

IPv4 and Network  
Segmentation

09

中間試験

# TABLE OF CONTENTS 2

10

Dynamic  
Addressing with  
DHCP

15

Application  
Layer Services

11

Gateways to  
Other Networks

16

Network  
Testing  
Utilities

12

The ARP  
Process

17

期末テスト

13

Routing Between  
Networks

14

TCP and UDP



# 1. About Today's Class

## Module 13: The ARP Process

13.0. Introduction

13.1. MAC and IP



**Exercise:** Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses

13.2. Broadcast Containment

13.3. The ARP Process Summary



Check Test 12



# 1. 今日の授業について

## Module 13: The ARP Process

13.0. はじめに

13.1. MACとIP



演習 : パケットトレーサー - MACアドレスとIPアドレスの識別

13.2. ブロードキャストの抑制

13.3. ARPプロセスの概要



13.4. Check Test 12

ARP: (Address Resolution Protocol )  
MAC (Media Access Control) address



## 2. Today's Goal

Module Title: The ARP Process

Module Objective: Explain how ARP enables communication on a network.

MAC and IP:

- Compare the roles of the MAC address and the IP address.

Broadcast Containment:

- Explain why it is important to contain broadcasts within a network.

**ARP:** (Address Resolution Protocol ) is a protocol or procedure that connects an Internet Protocol (IP) address to a fixed physical machine address( media access control (MAC) address )in a local-area network (LAN).





## 2. 今日の授業の目標

Module Title: The ARP Process

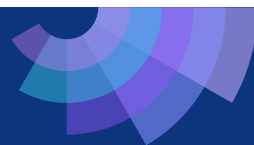
モジュールの目的：ARPがネットワーク通信をどのように可能にするかを説明する。

- **MACアドレスとIPアドレス:**  
MACアドレスとIPアドレスの役割の違いを比較する。
- **ブロードキャスト制御:**  
ネットワーク内でブロードキャストを制限する重要性を説明する。
- **ARPの基本:**  
ARPは、IPアドレスとMACアドレス（物理的な機器のアドレス）を結びつけるためのプロトコルです。ローカルエリアネットワーク(LAN)内で使用されます。

以下の3つを理解してください。

1. MACアドレスとIPアドレスの違い。
2. ブロードキャストを制限する理由。
3. ARPが通信にどう役立つか。





# 13.1. MAC and IP

## 13.1.1 Destination on Same Network

There are two primary addresses assigned to a device on an Ethernet LAN:

1. Physical address (the **MAC** address) – Used for NIC-to-NIC communications on the same Ethernet network. - L2
2. Logical address (the **IP** address) – Used to send the packet from the source device to the destination device. – L3



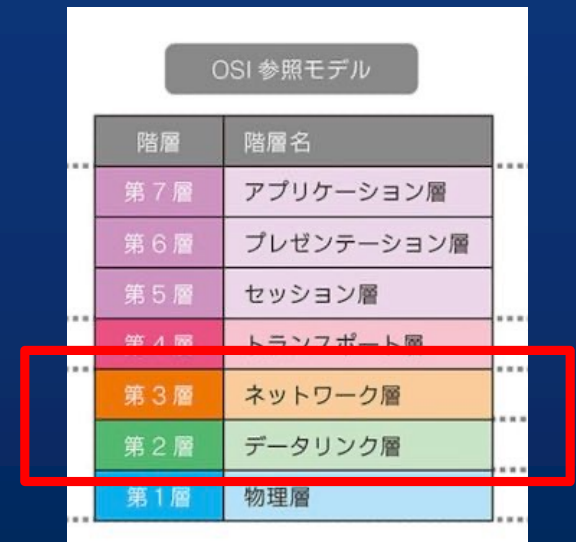


# 13.1. MAC and IP

## 13.1.1 Destination on Same Network

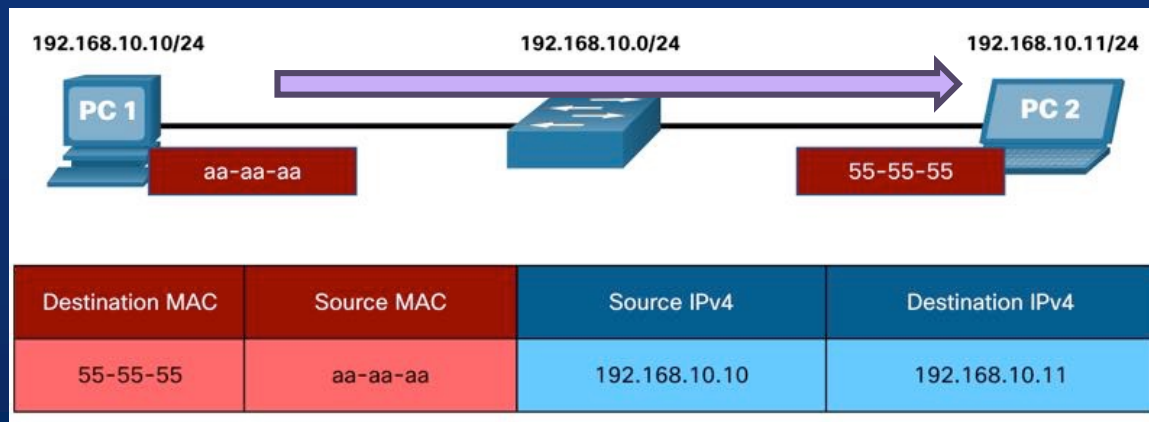
LAN上のデバイスには、2つのアドレスが割り当てられています：

1. 物理アドレス（MACアドレス） - 同じイーサネットネットワーク上でNIC同士の通信に使用されます。 - L2（第2層）
2. 論理アドレス（IPアドレス） - パケットを送信元デバイスから宛先デバイスへ送るために使用されます。 - L3（第3層）



# 13.1. MAC and IP

## 13.1.1 Destination on Same Network



Layer 2 Ethernet frame contains the following:

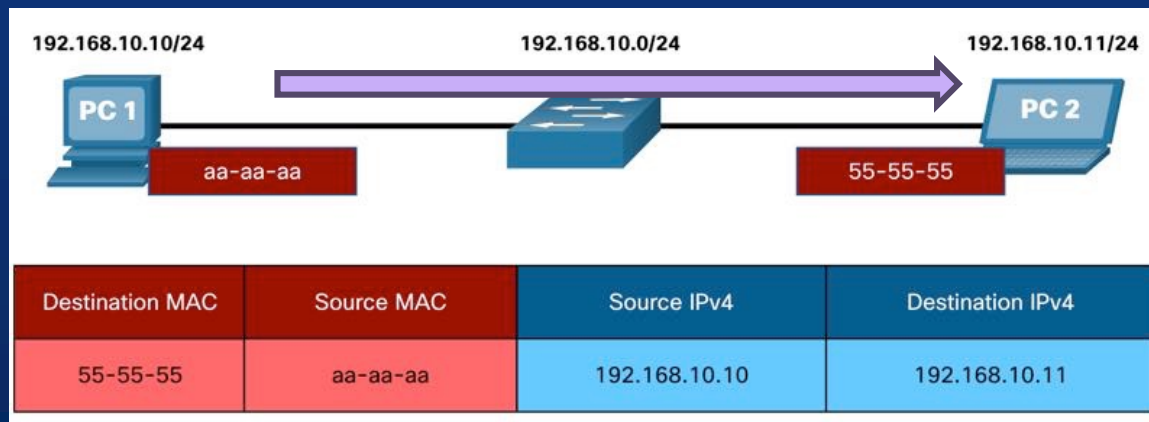
- Destination MAC address – This is the simplified MAC address of PC2, 55-55-55.
- Source MAC address – This is the simplified MAC address of the Ethernet NIC on PC1, aa-aa-aa.

Layer 3 IP packet contains the following:

- Source IPv4 address – This is the IPv4 address of PC1, 192.168.10.10.
- Destination IPv4 address – This is the IPv4 address of PC2, 192.168.10.11.

# 13.1. MAC and IP

## 13.1.1 Destination on Same Network



レイヤー2のイーサネットフレームには以下が含まれます：

- 宛先MACアドレス - これはPC2のMACアドレスで、55-55-55です。
- 送信元MACアドレス - これはPC1のMACアドレスで、aa-aa-aaです。

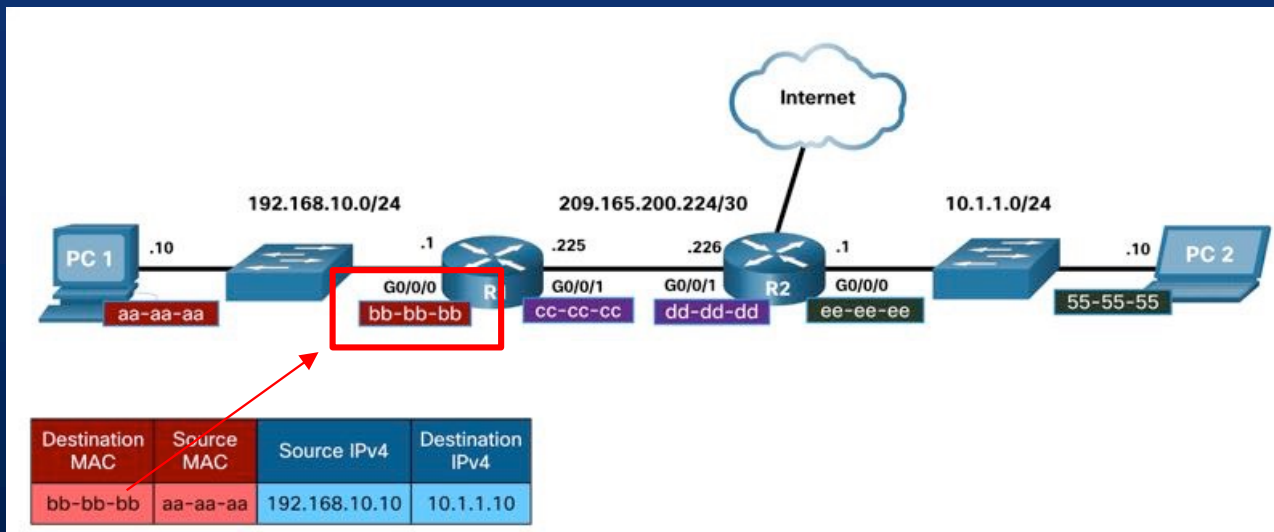
レイヤー3のIPパケットには以下が含まれます：

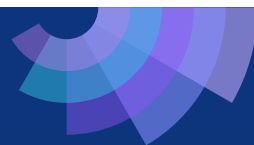
- 送信元IPv4アドレス - これはPC1のIPアドレスで、192.168.10.10です。
- 宛先IPv4アドレス - これはPC2のIPアドレスで、192.168.10.11です。

# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

When the destination IP address is on a remote network, the destination MAC address will be the address of the host default gateway (i.e., the router interface).

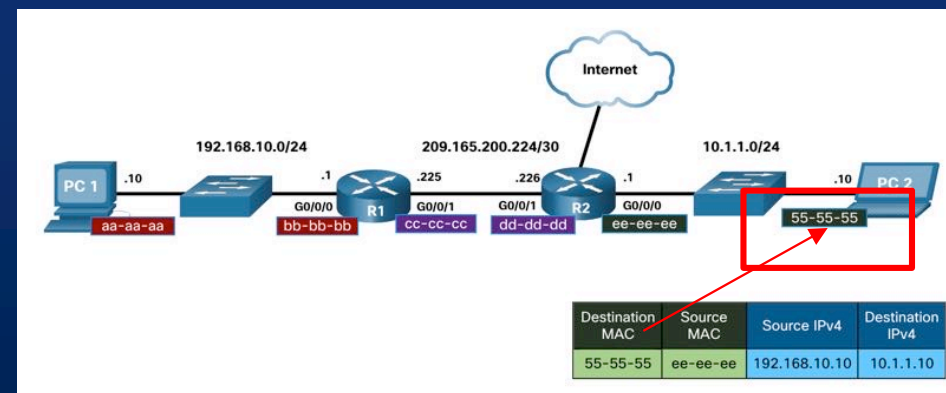
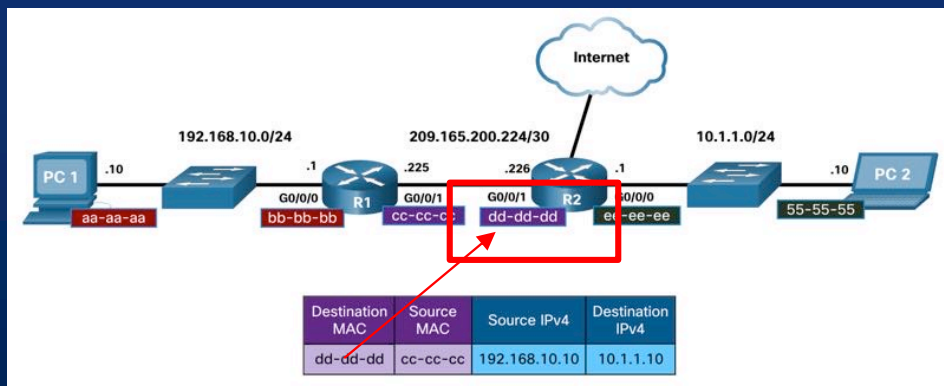




# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

When the destination IP address is on a remote network, the destination MAC address will be the address of the host default gateway (i.e., the router interface).

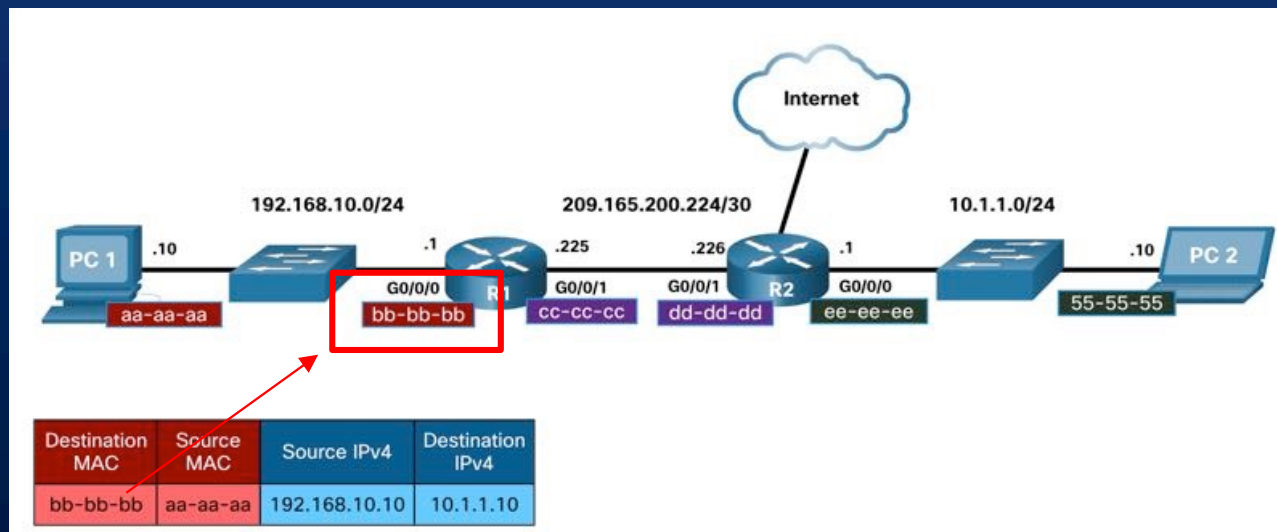


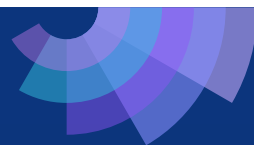
# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

宛先IPアドレスがリモートネットワーク上にある場合、宛先MACアドレスはホストのデフォルトゲートウェイ（つまり、ルーター）のMACアドレスになります。

この図では、PC1がPC2にパケットを送信しようとしています。PC2はリモートネットワーク上にあります。宛先のIPv4アドレスがPC1と同じローカルネットワーク上にないため、宛先のMACアドレスはルーター上のローカルデフォルトゲートウェイのものになります。

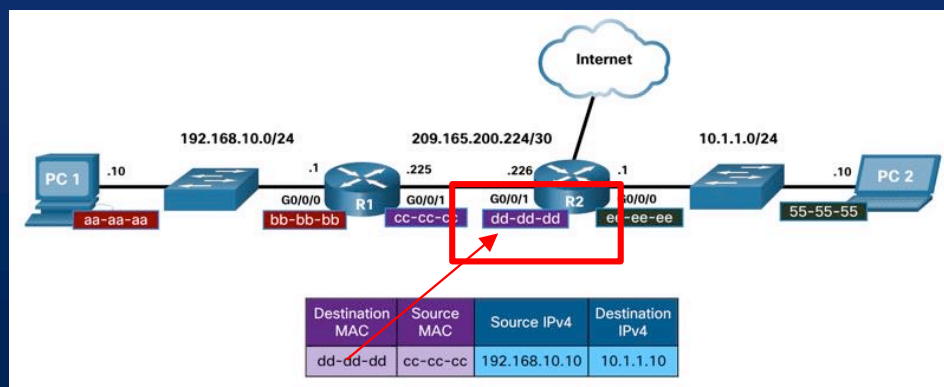


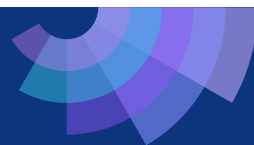


# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

ルータ 1 (R1)とルータ 2 (R2)の間の通信では、宛先MACアドレスはR2のG0/0/1(dd-dd-dd)で、送信元MACアドレスはR1のG0/0/1(cc-cc-cc)になります。

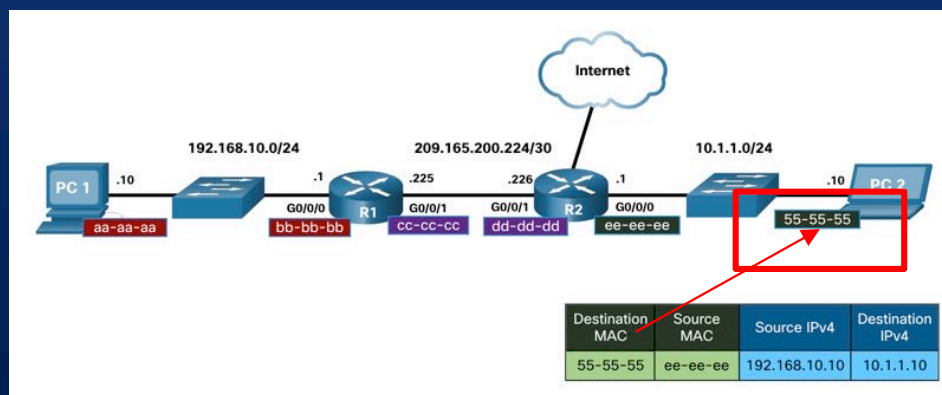




# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

最後の経路（ルータ 2 (R2)とPC2の間）では、宛先MACアドレスはPC2のMACアドレス(55-55-55)、送信元MACアドレスはR2のG0/0/0(ee-ee-ee)になります。







# 13.1. MAC and IP

## 13.1.2 Destination on Remote Network

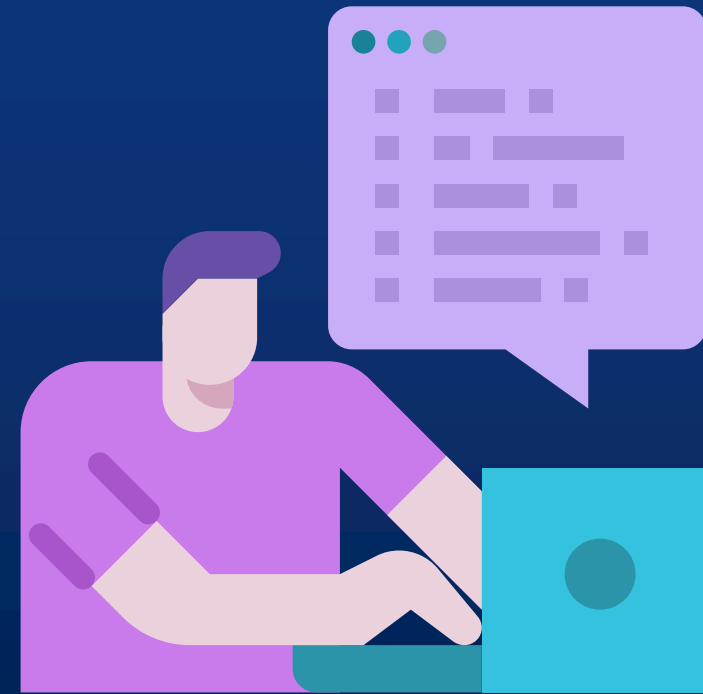
IPアドレスとMACアドレスは、どのように対応づけられるのでしょうか？

IPv4 : Address Resolution Protocol (ARP)    アドレス解決プロトコル

IPv6 : Neighbor Discovery (ND)    近隣探索



# Exercise





# 13.1. MAC and IP

## 13.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses

### Objectives

- Part 1: Gather PDU Information for a Local Network Communication
- Part 2: Gather PDU Information for a Remote Network Communication

PDU: protocol data unit



# 13.1. MAC and IP

## 13.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses

**File:** 13.1.3-packet-tracer-identify-mac-and-ip-addresses.pka

演習の目的：

1. パート1：ローカルネットワーク通信のためのPDU情報を収集する
2. パート2：リモートネットワーク通信のためのPDU情報を収集する

PDU : Protocol Data Unit

演習の背景：

ネットワーク管理やネットワークセキュリティの仕事に興味がある場合、ネットワーク通信プロセスを理解することが重要です。

このパケットトレーサーの演習では、イーサネットフレームやIPパケットが送信元から宛先へ移動する時のさまざまなポイントで観察を行います。宛先（ローカルまたはリモート）に応じてMACアドレスとIPアドレスがどのように変化するかをみてみます。



# 13.1. MAC and IP

## 13.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses

PDU : Protocol Data Unit

Each layer of the OSI model has its own PDU:

- Layer 2 (Data Link) - **Frames**: the PDU at this layer includes the **MAC address**, and it's responsible for data transfer between adjacent nodes.
- Layer 3 (Network) - **Packets**: the PDU here includes **IP addresses**, routing information, and handles data transfer across networks.
- Layer 4 (Transport) - **Segments** (TCP) or **Datagrams** (UDP): manages data transfer reliability, flow control, and error correction.
- Layers 5-7 (Session, Presentation, Application) - **Data**: various forms of processed data appropriate for user-level applications.



## 13.1. MAC and IP

### 13.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses

PDU : Protocol Data Unit

OSIモデルの各層には、それぞれのPDUがあります。

- レイヤー2（データリンク層） - フレーム: この層のPDUにはMACアドレスが含まれています。
- レイヤー3（ネットワーク層） - パケット: この層のPDUにはIPアドレスが含まれています。
- レイヤー4（トランスポート層） - セグメント (TCP) またはデータグラム (UDP): データ転送のエラー修正を管理します。
- レイヤー5-7（セッション層、プレゼンテーション層、アプリケーション層） - データ: ユーザーのアプリケーションに適した、さまざまな形式のデータです。



## 13.1. MAC and IP

### Quiz12-1 Check Your Understanding - MAC and IP

<https://forms.gle/PTPityZTforBePue9>

#### Question 1

What destination MAC address would be included in a frame sent from a source device to a destination device on the same local network?

同じローカルネットワーク内の送信元デバイスから宛先デバイスに送信されるフレームには、どの宛先MACアドレスが含まれますか？

- ☐ The MAC address of the destination device.
- ☐ A broadcast MAC address of FF-FF-FF-FF-FF-FF.
- ☐ The MAC address of the local router interface.





## 13.1. MAC and IP

### Quiz12-1 Check Your Understanding - MAC and IP

<https://forms.gle/PTPityZTforBePue9>

#### Question 2

What destination MAC address would be included in a frame sent from a source device to a destination device on a remote local network?

リモートローカルネットワーク上の宛先デバイスに送信元デバイスから送信されるフレームには、どの宛先MACアドレスが含まれますか？

- ☐ The MAC address of the local router interface.
- ☐ The MAC address of the destination device.
- ☐ A broadcast MAC address of FF-FF-FF-FF-FF-FF.







## 13.1. MAC and IP

### Quiz12-1 Check Your Understanding - MAC and IP

<https://forms.gle/PTPityZTforBePue9>

#### Question 3

What two protocols are used to determine the MAC address of a known destination device IP address (IPv4 and IPv6)?

宛先デバイスのIPアドレス（IPv4およびIPv6）のMACアドレスを決定するために使用される2つのプロトコルはどれですか？

- ☐ DHCP
- ☐ ND
- ☐ DNS
- ☐ ARP

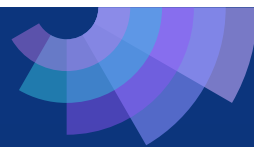




## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.1 Video - The Ethernet Broadcast





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.1 Video - The Ethernet Broadcast

このビデオでは**ブロードキャスト**について説明します。

- イーサネットブロードキャストは、宛先MACアドレスが48ビットの1、または16進数で全て「F」(FFFF.FFFF.FFFF)の場合に発生します。
- このビデオでは、コンピュータH1が他の全デバイスに向けてブロードキャストを送信します。
- H1がブロードキャストを送信すると、スイッチがイーサネットブロードキャストを受信し、受信ポートを除くすべてのポートにイーサネットフレームを転送するため、結果としてネットワーク内のすべてのデバイスがブロードキャストを受信します。
- ネットワークにルーターがある場合、ルーターもブロードキャストを受信しますが、ルーターは他のネットワークへブロードキャストを転送しません。



# 13.2. Broadcast Containment

## 13.2.2 Broadcast Domains

### Broadcast Message Handling:

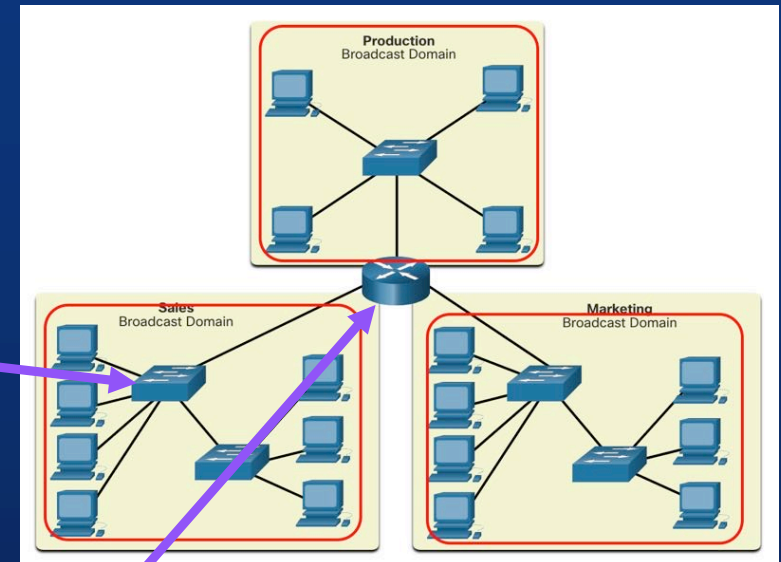
- Switches forward broadcast messages to all connected hosts in the same local network.

### Local Area Network as Broadcast Domain:

- Defined as a network with one or more Ethernet switches, referred to as a broadcast domain.

### Large Broadcast Domains:

- Excessive Broadcast Traffic: Can occur with too many connected hosts.
- Use of Routers: Divide one local network into multiple broadcast domains to manage traffic.



# 13.2. Broadcast Containment

## 13.2.2 Broadcast Domains

ブロードキャストメッセージの処理：

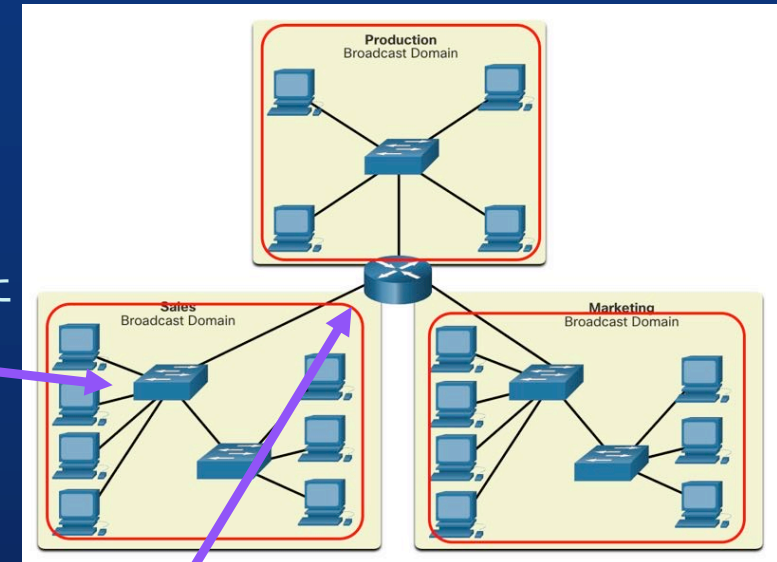
- スイッチは同じローカルネットワーク内のすべての接続されたホストにブロードキャストメッセージを転送します。

ブロードキャストドメインとしてのローカルエリアネットワーク：

- 1つ以上のスイッチを持つネットワークをブロードキャストドメインと呼びます。

大規模なブロードキャストドメイン：

- 過剰なブロードキャストトラフィックの問題：接続されたホストが多すぎると、多くのブロードキャストが発生するします。
- 過剰なブロードキャストを解決するために、ルータを使用して、1つのローカルネットワークを複数のブロードキャストドメインに分割します。





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.3 Access Layer Communication

#### NIC Frame :

- A Network Interface Card (NIC) on a local Ethernet network accepts a frame only (MAC).

#### IP Addresses:

- Network applications typically rely on logical IP addresses for server and client identification.
- Determining the destination MAC address for a frame when only the logical IP address of the destination host is known.

#### Address Resolution:

- Solution for IPv4: Uses Address Resolution Protocol (ARP) to discover the MAC address of a host within the same local network.





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.3 Access Layer Communication

- NIC(Network Interface Card) は宛先アドレスがブロードキャストMACアドレス (FFFF.FFFF.FFFF) か、または自分自身のMACアドレスと一致する場合にのみフレームを受け取ります。
- 通常、アプリケーションは、サーバーやクライアントと通信するためにIPアドレスを使用します。
- 図は、送信ホスト (H1)が宛先のIPアドレスしか知らない場合に発生する問題を示しています。送信ホスト (H1)は、宛先IPアドレスはわかりますが、宛先MACアドレスがわかりません。
- 送信ホスト (H1)は、アドレス解決プロトコル (ARP: Address Resolution Protocol) と呼ばれるプロトコルを使用して、同じローカルネットワーク上のホストのMACアドレスを調べます。
- IPv6では、Neighbor Discovery (ND: 近隣探索) と呼ばれる同様の方法を使用します。



## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.4 Video - Address Resolution Protocol





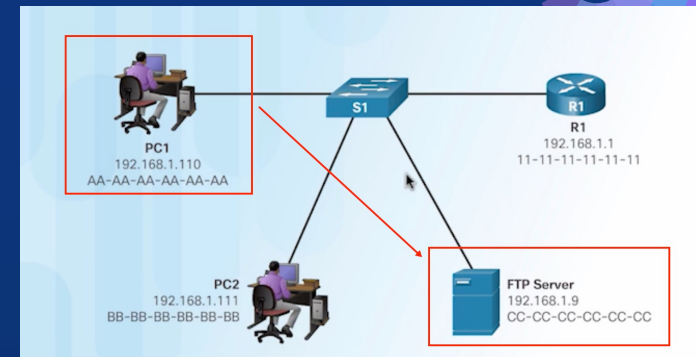
## 13.2. Broadcast Containmentment

### 13.2.4 Video - Address Resolution Protocol

このビデオでは、ARP（アドレス解決プロトコル）について学びます。

- **ARPの目的:**
  - 宛先のIPアドレスは分かっていますが、そのデバイスのMACアドレスが分からない場合に使われます。
- **具体例:**
  - PC1がFTPサーバー（192.168.1.9）にデータを送信したいとします。
  - IPアドレスは分かっていますが、MACアドレスが必要です。
  - まず、PC1は自分の**ARP**テーブルを確認します。
  - ARPテーブルに情報がない場合、**ARP**リクエストを送信します。
- **ARPリクエストとは:**
  - ブロードキャストでネットワーク上のすべてのデバイスに送信されます。
  - スイッチは、このリクエストを受信し、すべてのポートに転送します（受信ポートを除く）。

ARPを使用して、IPアドレスとMACアドレスを関連付け、通信を成立させます。





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.5 ARP

ARP (Address Resolution Protocol) Process:

1. Broadcast Frame Creation: The sender creates a frame with the broadcast MAC address containing the IPv4 address of the destination host.
2. Host Response: All hosts receive the frame; the one with the matching IPv4 address replies with its MAC address.
3. ARP Table Update: The sender stores the received MAC and IPv4 address in its ARP table.

Once the destination host's MAC address is in the ARP table, the sender can directly address frames to it without additional ARP requests.



## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.5 ARP

ARP (Address Resolution Protocol) Process:

ARPは、**IPアドレス**から**MACアドレス**を探し出す手順です。以下の3つのステップで行われます：

#### 1. ブロードキャスト送信

- 送信ホストは、「FFFF.FFFF.FFFF」というブロードキャストアドレスを使ってフレームを送信します。このフレームには、宛先ホストのIPv4アドレスが含まれています。

#### 2. 宛先ホストを確認

- ネットワーク内の各ホストはフレームを受信し、指定されたIPv4アドレスが自分のものかどうかを確認します。
- 該当するホストが、自分の**MACアドレス**を元の送信ホストに返します。

#### 3. MACアドレスの保存

- 送信ホストは、受信したMACアドレスとIPv4アドレスを**ARPテーブル**に保存します。
- 次回からはARPリクエストなしで直接フレームを送信できます。



## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 1

The destination MAC address of an Ethernet broadcast in hexadecimal is:

イーサネットブロードキャストの宛先MACアドレス（16進数）は以下のどれですか？

- ☐ 1111.1111.1111
- ☐ FFFF.FFFF.FFFF
- ☐ 48 one bits
- ☐ 48 F digits





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 2

When an Ethernet switch receives a frame that is broadcast, it will:

イーサネットスイッチがブロードキャストフレームを受信したとき、どのように処理しますか？以下の中から正しいものを選んでください。

- ☐ Forward the frame out only ports that need the broadcast
- ☐ Forward the frame out all ports including the incoming port
- ☐ Forward the frame out all ports except the incoming port
- ☐ Drop the frame





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 3

Host-A has an Ethernet frame to send to Host-B on the same network. Host-A knows the IP address of Host-B but not its MAC address. What message will Host-A send to determine the MAC address of Host B?

ホストAが同じネットワーク上のホストBにイーサネットフレームを送信しようとしています。ホストAはホストBのIPアドレスを知っていますが、MACアドレスは知りません。ホストBのMACアドレスを確認するためにホストAが送信するメッセージはどれですか？

- ☐ ARP discovery
- ☐ ARP reply
- ☐ ARP request
- ☐ ARP broadcast





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 4

An ARP request is sent out as:

ARPリクエストはどのように送信されますか？以下の中から正しいものを選んでください。

- ☐ a unicast, so only the device with the proper IP address will receive it
- ☐ a broadcast, so all devices on the same network will receive it
- ☐ a broadcast, so all devices on the network and other networks will receive it
- ☐ a unicast, so only the device with the proper MAC address will receive it





## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 5

Host-B receives an ARP request. Host-B will return an ARP Reply if:

ホストBがARPリクエストを受信した場合、以下のどの条件を満たすとARPリプライを返しますか？

- ☐ The IP address in the ARP request matches its own IP address.
- ☐ The IP and MAC addresses in the ARP request matches its own IP and MAC addresses.
- ☐ The MAC address in the ARP request matches its own MAC address.







## 13.2. Broadcast Containment

### 13.2.6 Check Your Understanding - Broadcast Containment

<https://forms.gle/RZAgTBdjWWvtQyqr7>

#### Question 6

Host-A sends an ARP request and receives an ARP reply from Host-B. What is in the ARP reply that Host-A did not know and needs to communicate with Host-B?

ホストAがARPリクエストを送信し、ホストBからARPリプライを受信しました。ホストAがホストBと通信するために必要だった情報は何ですか？

- ☐ Host B's MAC address
- ☐ Host B's IP and MAC addresses
- ☐ Host B's IP address





## 13.3. The ARP Process Summary

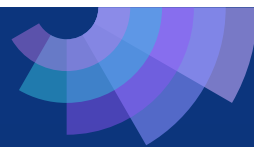
### MAC and IP

Sometimes a host must send a message, but it only knows the IP address of the destination device. The host needs to know the MAC address of that device. The MAC address can be discovered using address resolution. There are two primary addresses assigned to a device on an Ethernet LAN:

- **Physical address (the MAC address)** – Used for NIC-to-NIC communications on the same Ethernet network.
- **Logical address (the IP address)** – Used to send the packet from the source device to the destination device. The destination IP address may be on the same IP network as the source, or it may be on a remote network.

When the destination IP address (IPv4 or IPv6) is on a remote network, the destination MAC address will be the address of the host default gateway (i.e., the router interface). Routers examine the destination IPv4 address to determine the best path to forward the IPv4 packet. When the router receives the Ethernet frame, it de-encapsulates the Layer 2 information. Using the destination IPv4 address, it determines the next-hop device, and then encapsulates the IPv4 packet in a new data link frame for the outgoing interface. Along each link in a path, an IP packet is encapsulated in a frame. The frame is specific to the data link technology that is associated with that link, such as Ethernet. If the next-hop device is the final destination, the destination MAC address will be that of the device Ethernet NIC.





## 13.3. The ARP Process Summary

### Broadcast MAC Address:

- Definition: A 48-bit address made up of all ones, represented in hexadecimal as FFFF.FFFF.FFFF.

### Broadcast Domain in Local Networks:

- Concept: Local area network with Ethernet switches is termed a broadcast domain.
- Switch Behavior: Forwards broadcast messages to every connected host within the same local network.

### Issues with Large Broadcast Domains and solution:

- Can occur with too many connected hosts.
- Dividing one local network into multiple broadcast domains to manage traffic.
- Used to create multiple broadcast domains.

### Using ARP for MAC Address Discovery:

1. Sender creates a frame with a broadcast MAC address containing the IPv4 address of the destination host.
2. Hosts compare this IPv4 address with their own; the matching host sends its MAC address back.
3. The sender stores this information in an ARP table.



## 13.3. The ARP Process Summary

### MACとIP

コンピュータが通信するためには、相手の「MACアドレス」と「IPアドレス」を知る必要があります。

- **MACアドレス（物理アドレス）**：同じネットワーク内（LAN）のデバイス間の通信に使う。
- **IPアドレス（論理アドレス）**：ネットワーク全体で通信するために使われるアドレス。

#### 1. 同じネットワーク内の場合:

- MACアドレスを使って通信します。

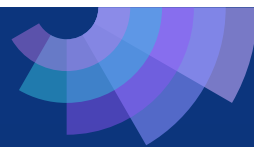
#### 2. 違うネットワークに送る場合:

- 送信先が他のネットワークにある場合、データは最初にルーターに送られます。
- ルーターは「IPアドレス」を見て、次に送る相手を決めます。

#### 3. ルーターの役割:

- データを受け取ると、古いMACアドレスを取り除き（非カプセル化）、次のMACアドレスをつけ直して（カプセル化）送ります。

ポイント: 最終的に届くデバイスには、そのデバイスのMACアドレスが使われます。



## 13.3. The ARP Process Summary

### 1. ブロードキャストMACアドレス:

- 全ホストに送る特別なアドレスです (FFFF.FFFF.FFFF)。
- ネットワーク内の全てのデバイスにメッセージを送信します。
- スイッチは同じネットワーク内の全ホストにブロードキャストを転送します。

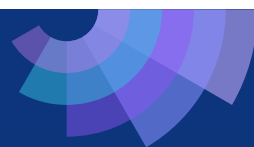
### 2. 大規模なネットワークの問題と解決:

- ホストが多すぎると、ブロードキャストが増えてネットワークが遅くなります。
- 解決策: ルーターを使ってネットワークを分けます (小さなブロードキャストドメインを作成)。

### 3. ARPを使ってMACアドレスを探す:

- 送信元は、宛先のIPアドレスとブロードキャストMACアドレスを使ってメッセージを送信。
- 宛先のホストが自分のIPと一致すると、送信元に自分のMACアドレスを返します。
- 送信元はその情報を保存し、次回から直接通信します。





## Questions and free discussion

Do you have any questions or  
anything you want to discuss?





## Check Test 12

### The ARP Process Quiz

<https://forms.gle/DomQisAdz1JQa8Kz9>



# Reference

- CISCO Network Academy  
Networking Basics - Module 13: The ARP Process

<https://skillsforall.com/launch?id=f393c38f-b410-4d2b-8275-70e144273519&tab=curriculum&view=69268d47-d802-5297-952d-3eb206a15600>

Textbook :

「図解入門 TCP/IP」 みやたひろし