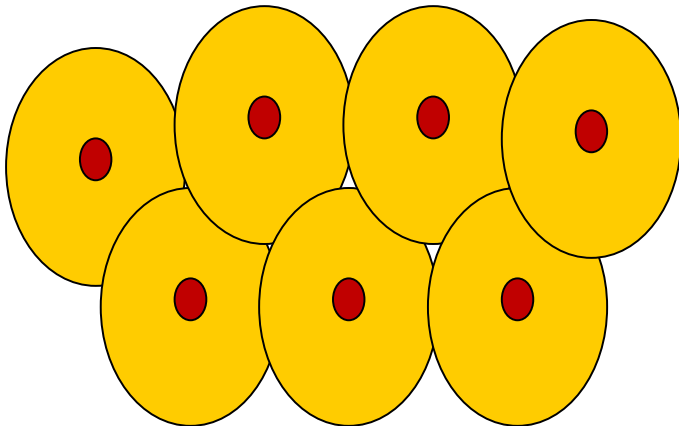


Redes Mesh



MUM – Brasil – Outubro de 2008

Eng. Wardner Maia

Nome: Wardner Maia

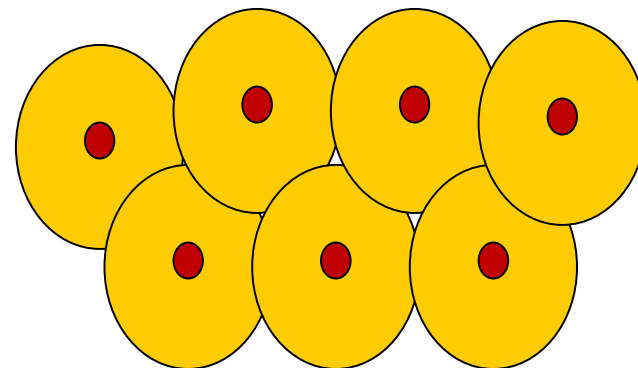
- Engenheiro Eletricista modalidades Eletrotécnica/Eletrônica/Telecomunicações
- Provedor de Internet Service desde 1995
- Utilizando rádio frequência para provimento de acesso desde 2000
- Ministra treinamentos em rádio frequência desde 2002 e em Mikrotik desde 2006
- Certificado pela Mikrotik em Wireless, Roteamento e como Trainer desde 2007
- Trabalha como engenheiro para a empresa MD Brasil TI & Telecom e para a Rede Global Info – maior rede de provedores independentes do Brasil

MD Brasil – TI & Telecom

- Operador de serviços de Telecom e de Serviços de Valor Adicionado
- Distribuidora oficial de Hardware e Software Mikrotik
- Parceira da Mikrotik em treinamentos

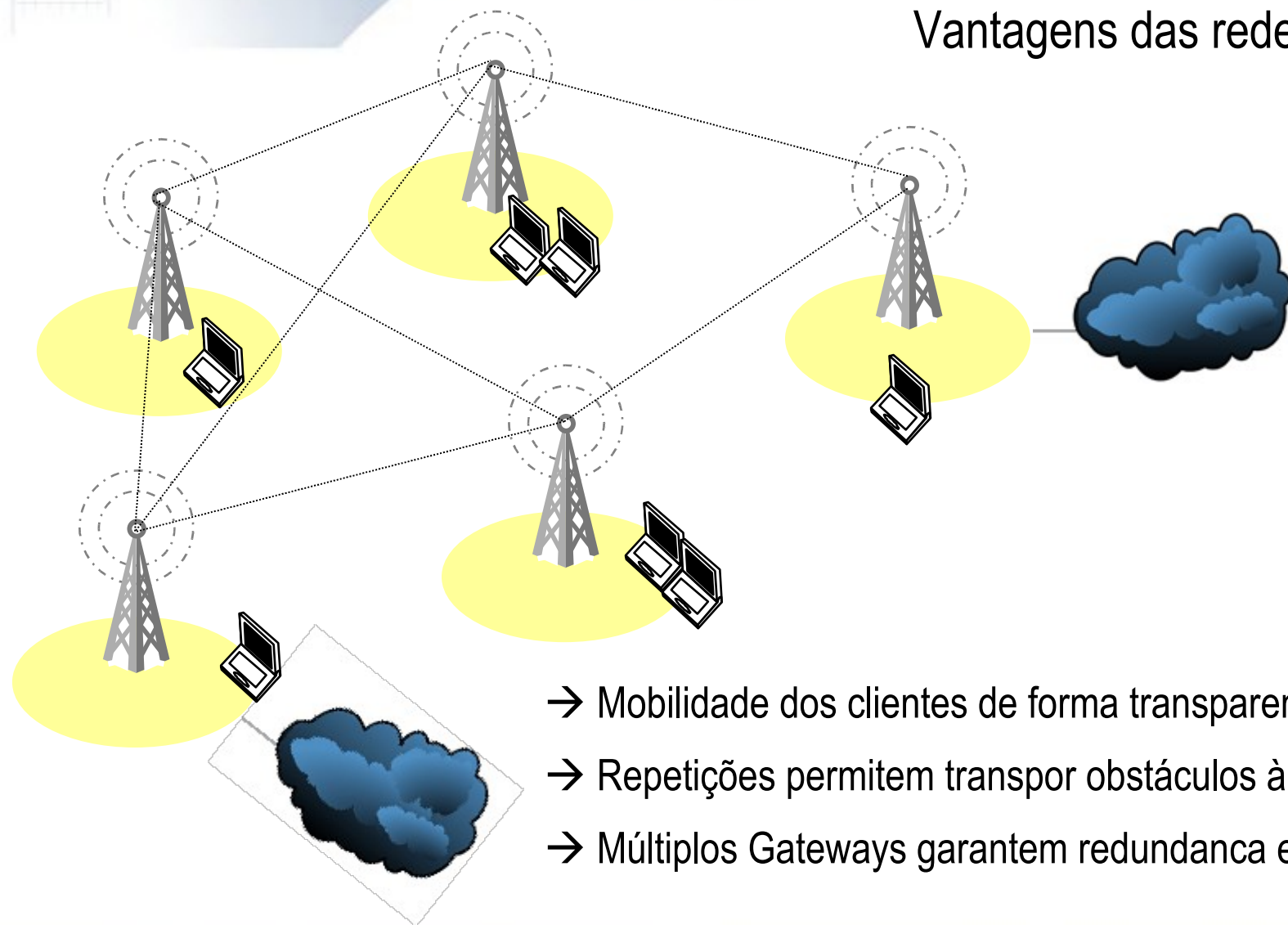
www.mdbrasil.com.br / www.mikrotikbrasil.com.br

Redes Mesh



- Redes mesh ou redes “malhadas” são redes compostas de várias “células” que se intercomunicam.
- Redes mesh estão muito em evidência atualmente, principalmente com o advento das “cidades digitais”.
- Alternativa de mobilidade para serviços de valor agregado como o VoIP, segurança, etc.
- Um case muito interessante é o projeto OLPC em implementação no Uruguai.

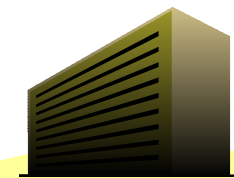
Vantagens das redes mesh



- Mobilidade dos clientes de forma transparente
- Repetições permitem transpor obstáculos à visada
- Múltiplos Gateways garantem redundância e confiabilidade

Alguns Cenários de aplicações de redes Mesh

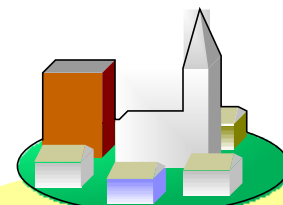
- Aplicações militares
- Atendimento de condomínios fechados
- Ambientes empresariais
- Área metropolitana
- Ferrovias e outras empresas de transporte
- Automação de edifícios
- Hospitais
- Sistemas de vigilância e segurança
- Campus Universitários, etc



Empresas



Hospitais

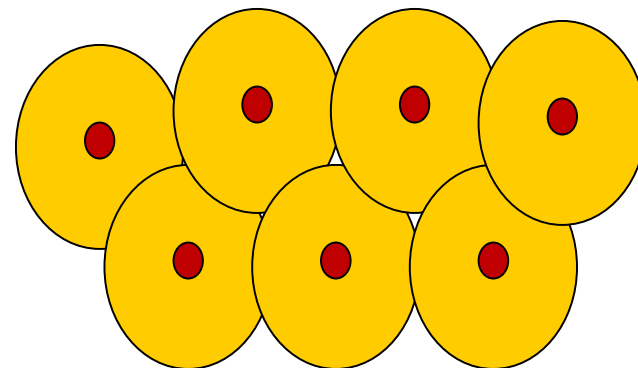


Cidades



Condomínios

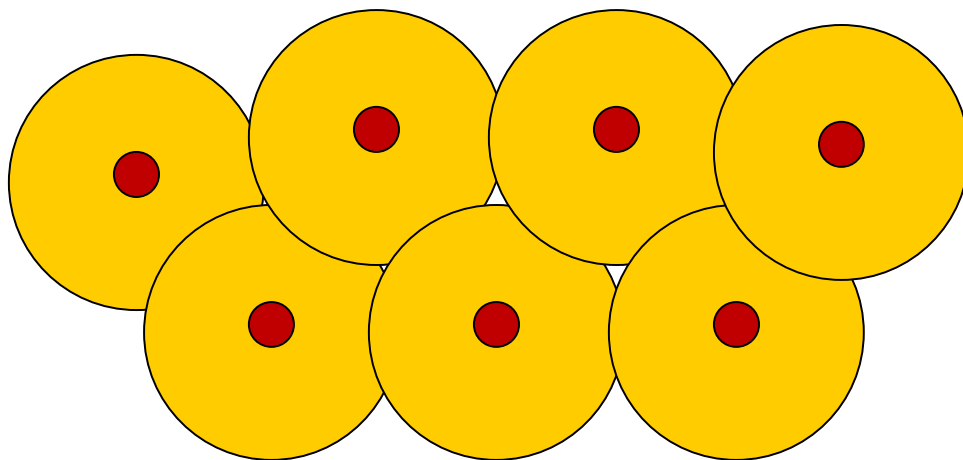
Objetivos da apresentação



- Dar uma visão geral do panorama e cenários de aplicações das redes mesh.
- Explicar as diversas variações conceituais para a implantação de uma rede Mesh, abordando suas vantagens e desvantagens
- Abordar as implementações possíveis utilizando o Mikrotik RouterOS, e os detalhes principais das configurações utilizadas.

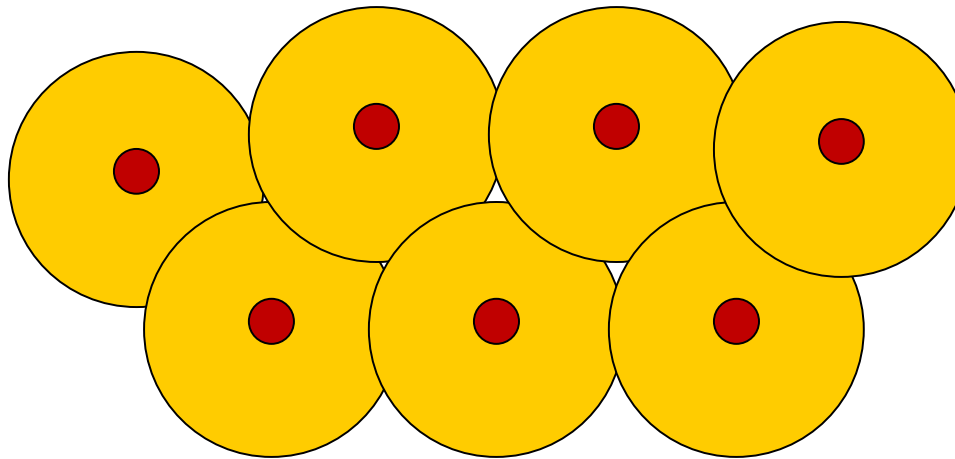
Wireless Mesh Networks

- Mesh não é propriamente uma tecnologia, mas sim um conceito. Uma rede mesh caracteriza-se por nós Wireless que se comunicam diretamente com um ou mais nós sem a necessidade de um ponto de acesso central.
- Cada nó opera não apenas como um host da rede mas como um “roteador”, encaminhando pacotes para outros nós mesmo que estes últimos não estejam necessariamente em contato direto com o destino dos pacotes.



Wireless Mesh Networks

- Uma rede mesh caracteriza-se também pela sua capacidade de organização. Os próprios nós se auto configuram e se adaptam às mudanças de topologia.



- É possível implementar redes mesh utilizando protocolos que atuam exclusivamente na camada 2 do modelo OSI, como também há protocolos de camada 3 específicos para atender o conceito de mesh.

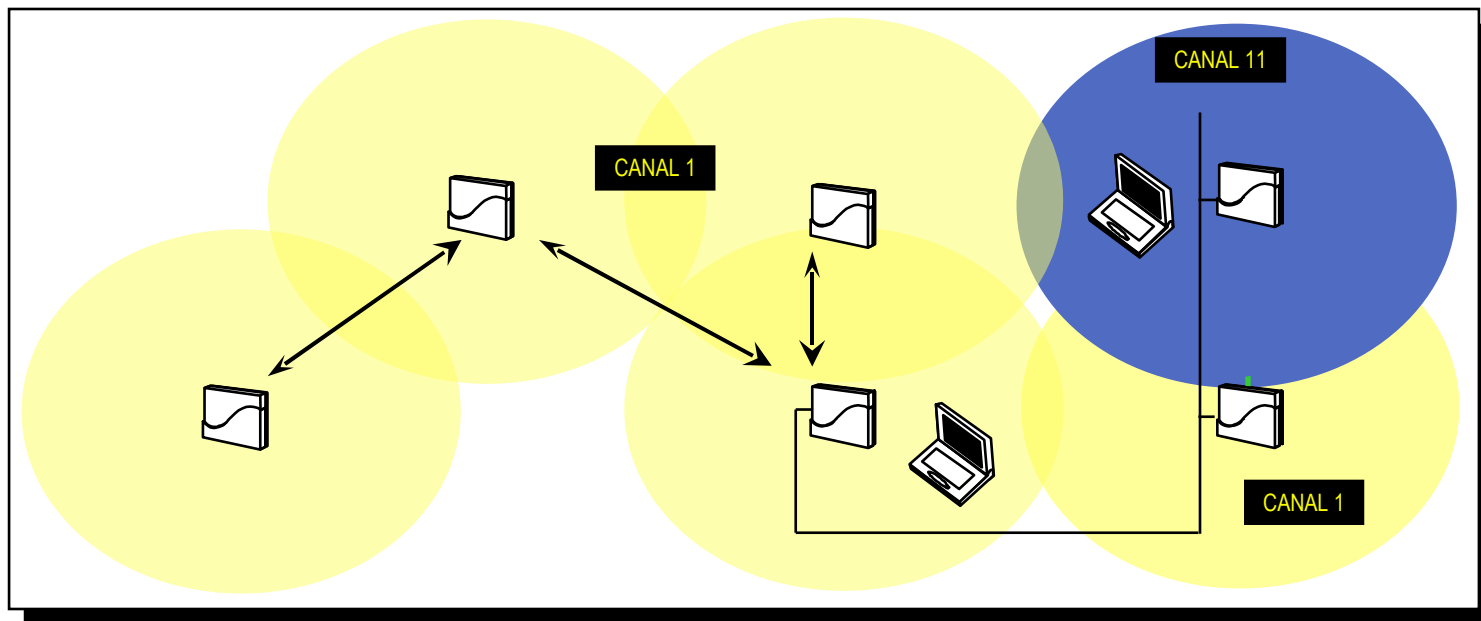
Implementações de Mesh em camada 2 utilizando o Mikrotik RouterOS

→ WDS + RSTP

→ HWMP+

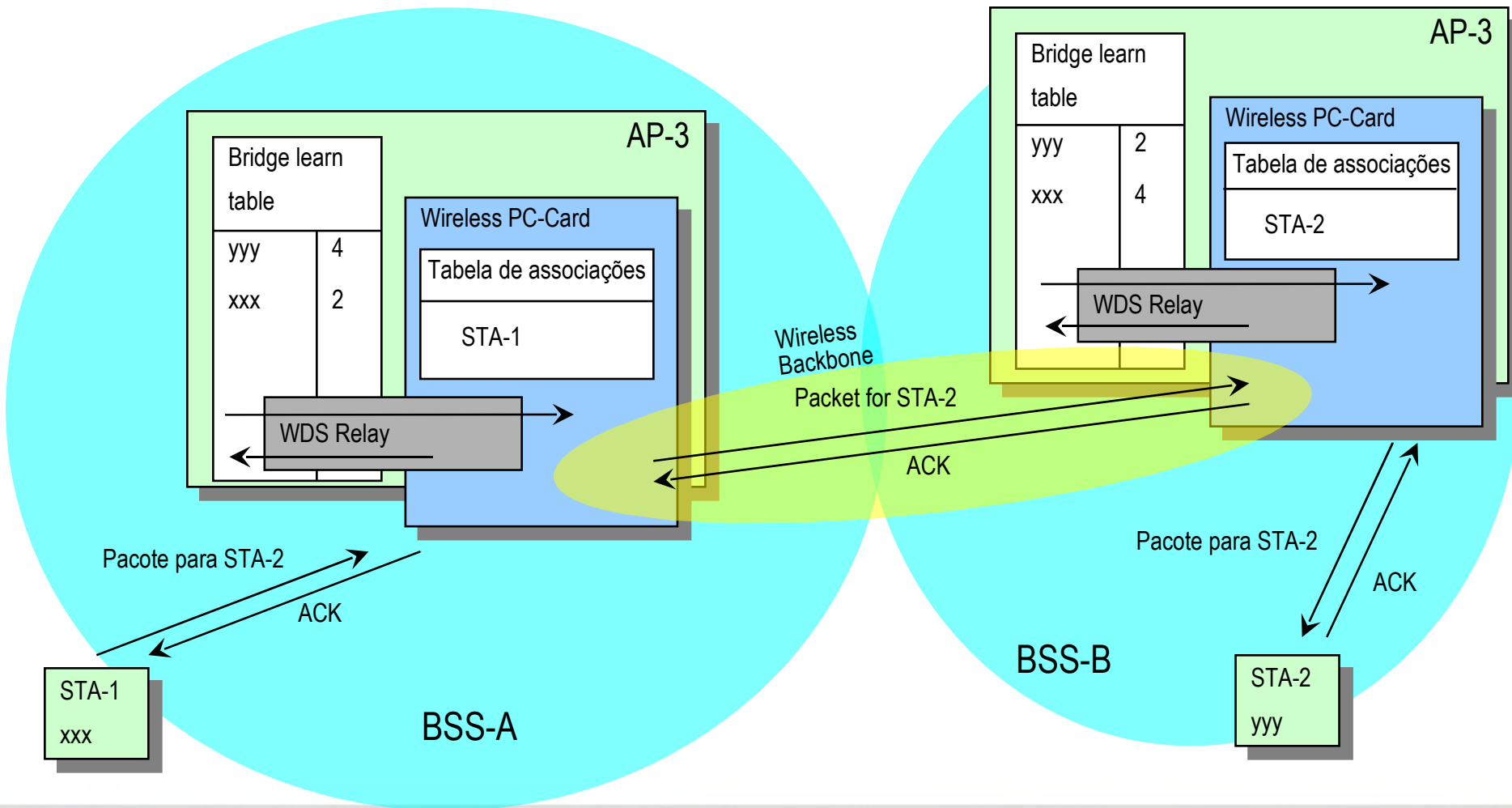
WDS & Mesh WDS

WDS : Wireless Distribution System

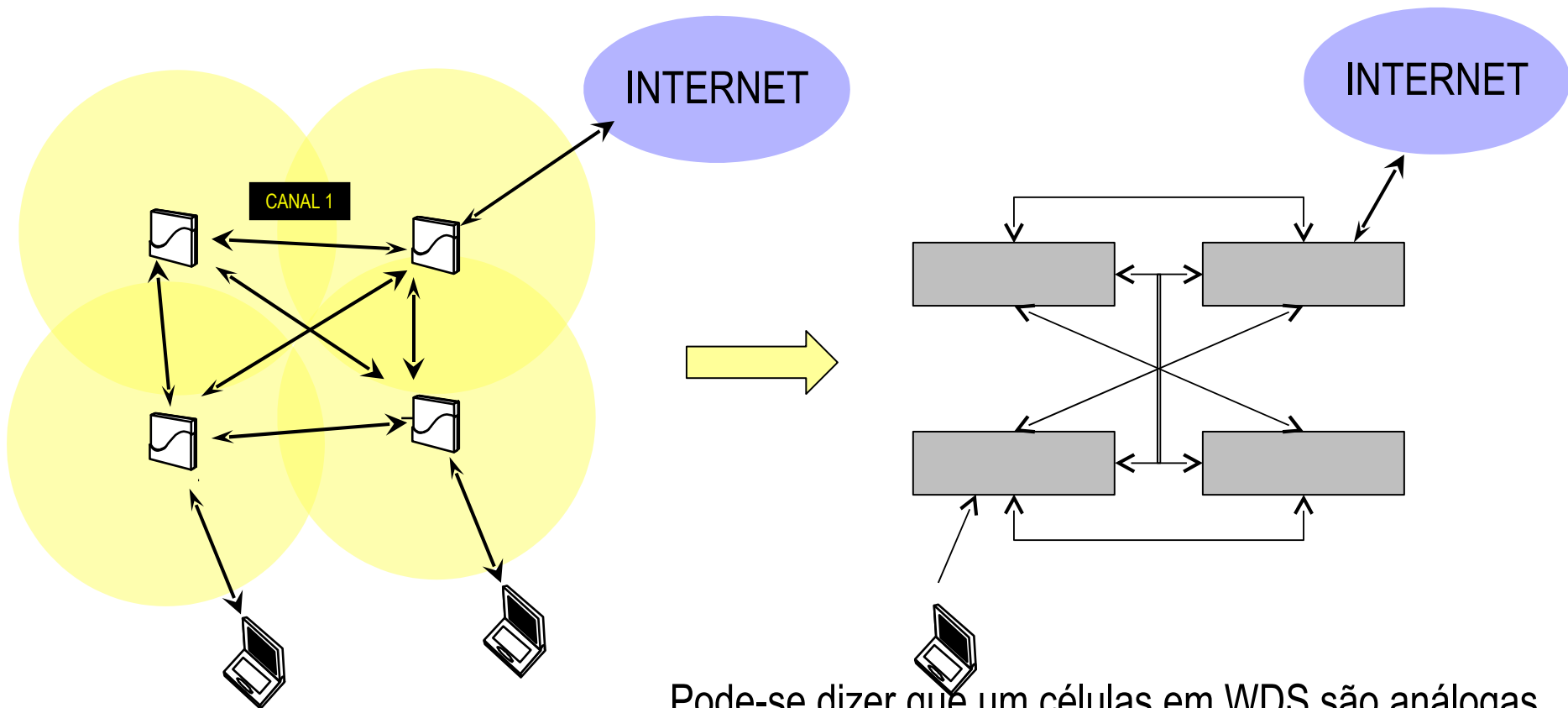


Com WDS é possível criar uma cobertura Wireless ampla e permitindo que os pacotes passem de um AP ao outro de forma transparente. Os Ap's devem ter o mesmo SSID e estar no mesmo canal.

2 AP's com WDS



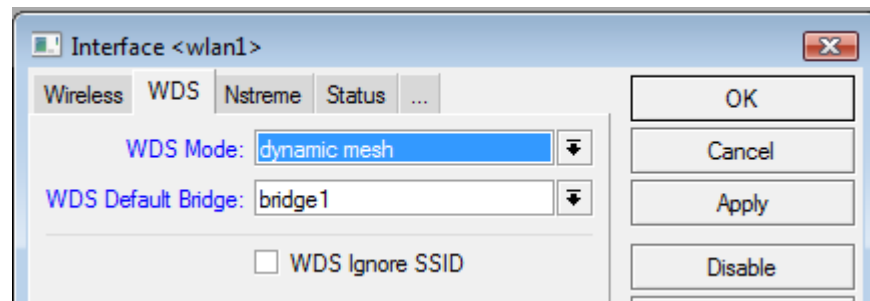
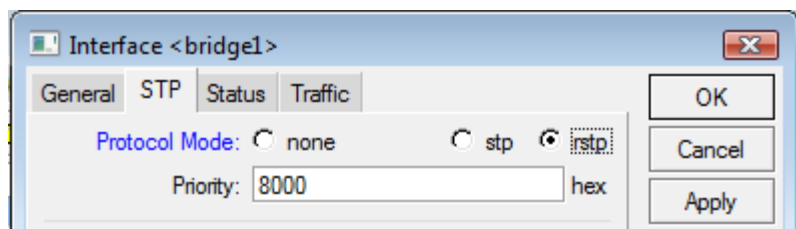
WDS : Wireless Distribution System



Pode-se dizer que um células em WDS são análogas à switches de camada 2 interligadas.

WDS / Mesh WDS RSTP

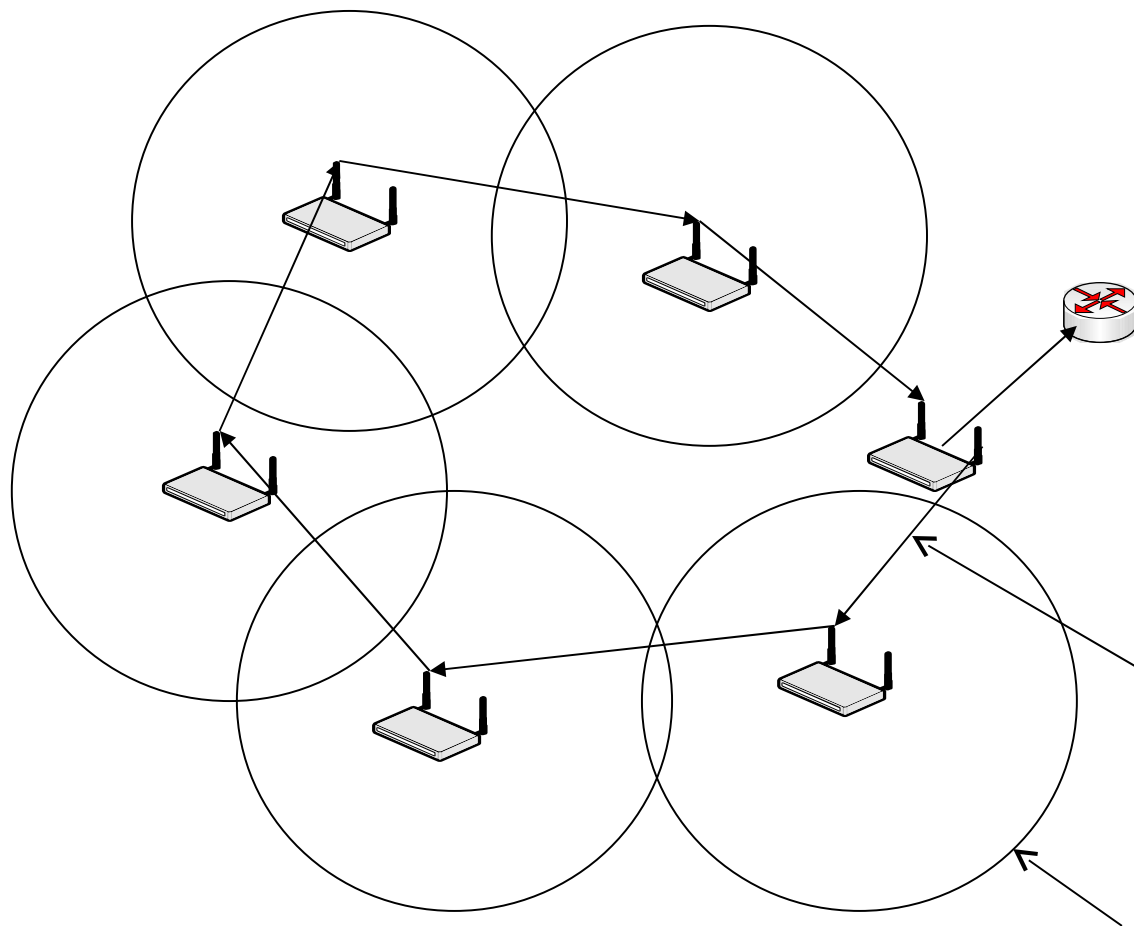
Para evitar o looping na rede é necessário habilitar o protocolo STP ou RSTP. Ambos protocolos trabalham de forma semelhante sendo o RSTP mais rápido.



O (R)STP inicialmente elege uma root bridge e utiliza o algoritmo “breadth-first search” que quando encontra um MAC pela primeira vês, torna o link ativo. Se o encontra outra vês, torna o link desabilitado.

Normalmente habilitar o (R)STP já é o suficiente para atingir os resultados. No entanto é possível interferir no comportamento padrão, modificando custos, prioridades, etc.

Mesh somente com células e links Wireless entre elas



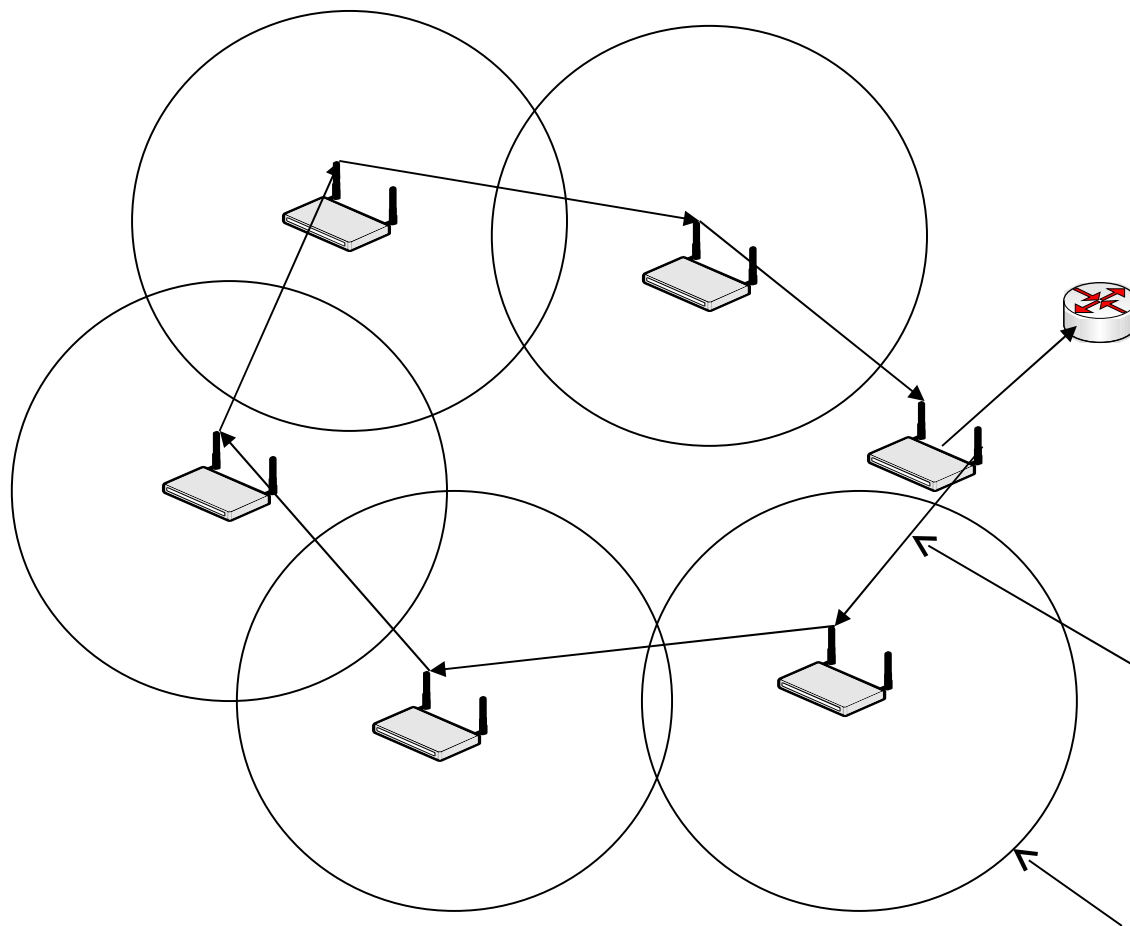
Quando temos de usar somente Wireless, é possível também (e altamente aconselhável) utilizar WDS/RSTP para formar células mesh dual band.

Por exemplo com links entre células em 5.8 Ghz e acesso em 2.4Ghz

Link de 5.8 Ghz

Célula de 2.4 Ghz

Mesh com células Wireless e interligação por cabo/fibra



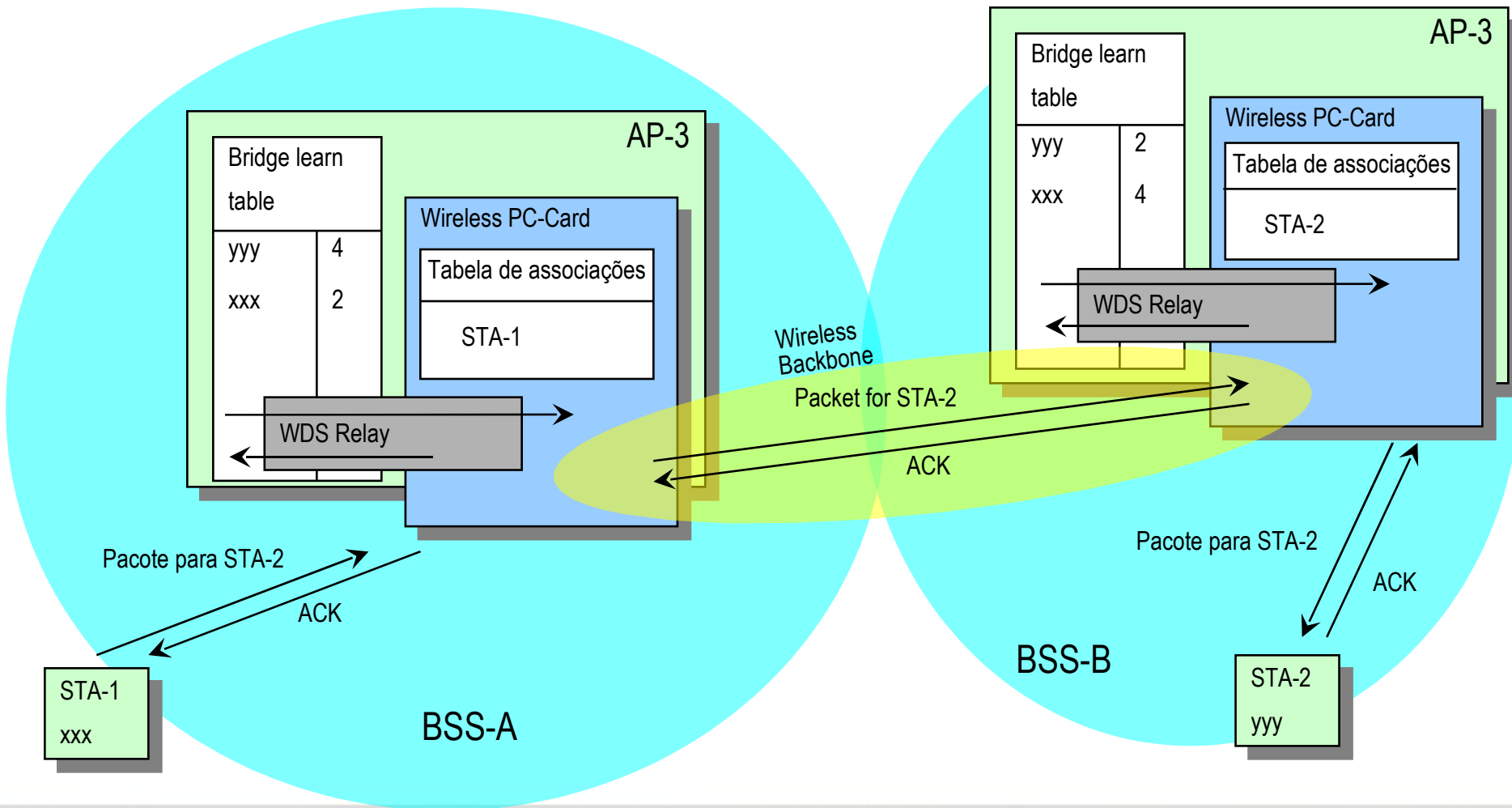
Quando temos de usar somente Wireless, é possível também (e altamente aconselhável) utilizar WDS/RSTP para formar células mesh dual band.

Por exemplo com links entre células em 5.8 Ghz e acesso em 2.4Ghz

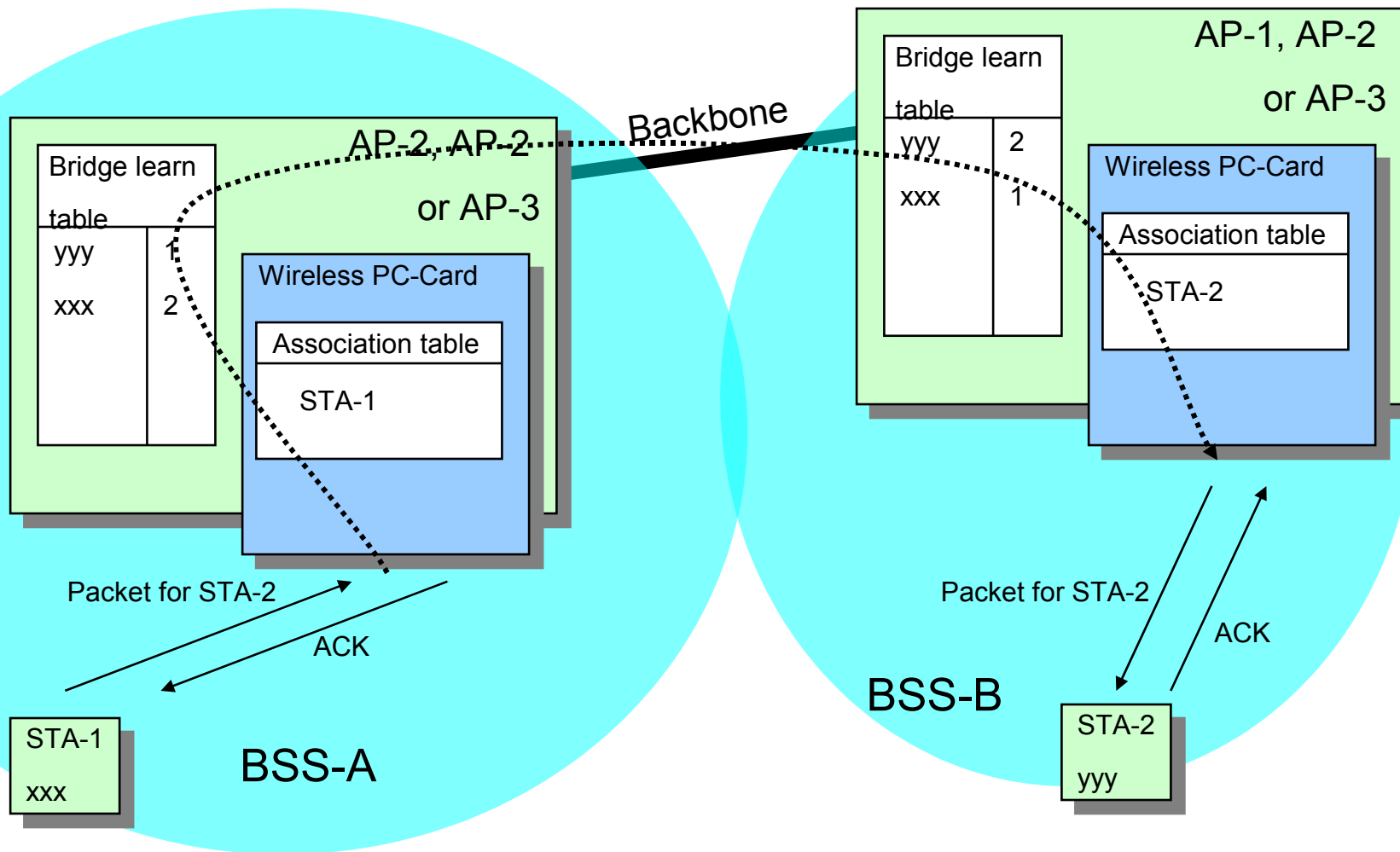
Cabo ou fibra

Célula de 2.4 Ghz

2 AP's com WDS



2 AP's ligadas por cabo



WDS / Mesh WDS RSTP

Consideração acerca da implementação de redes mesh utilizando WDS + RSTP:

- Simples e rápida e compatível com outros equipamentos que suportem WDS e RSTP ou mesmo somente STP.
- Não é necessário que as células estejam em WDS entre si. É possível fazer links entre os equipamentos independentes das células
- É possível também interligar as células através de fibra ou cabo UTP
- Para as duas afirmações acima é necessário que tudo faça parte do mesmo segmento de camada 2.
- Quem faz a “mágica” do Mesh não é propriamente o WDS e sim o RSTP.

HWMP+

Protocolos unicast de roteamento

→ Protocolos Reativos

→ Descobrem rotas somente quando é necessário

- DSR (Dynamic Source Routing), AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing)

→ Protocolos Pró ativos

– Determinam as rotas independentemente de geração de tráfego.

- OLSR (Optimized Link State Routing), DSDV (Destination Sequenced Distance Vector)

→ Protocolos Híbridos

- ZRP (Zone Routing Protocol), **HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol)**

Roteamento reativo x proativo

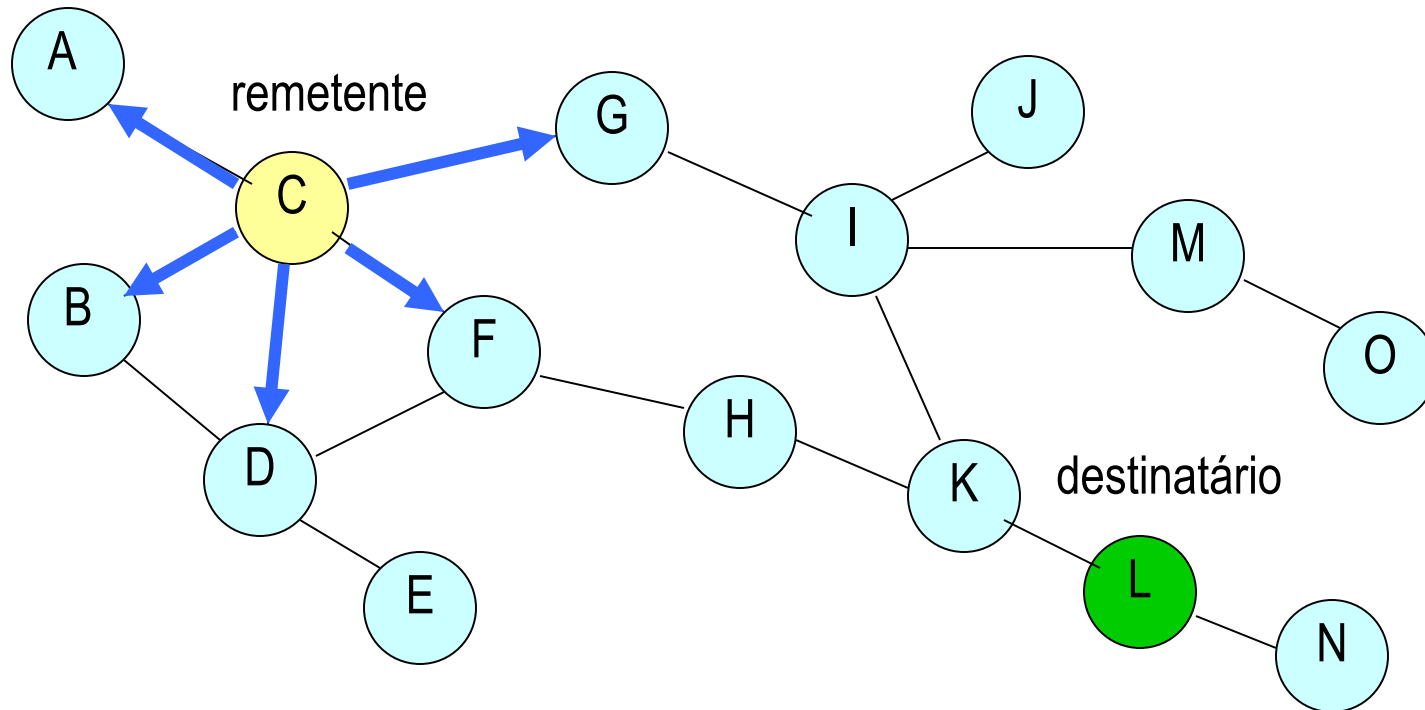
- Roteamento reativo (sob demanda)
 - Prós: baixo overhead de roteamento
 - Contras: latencia extra para descobrimento de rotas

- Roteamento Pró ativo:
 - Prós: Baixa latencia
 - Contras: Alto overhead para manter as informações de roteamento, principalment quando a topologia muda muito constatemente.

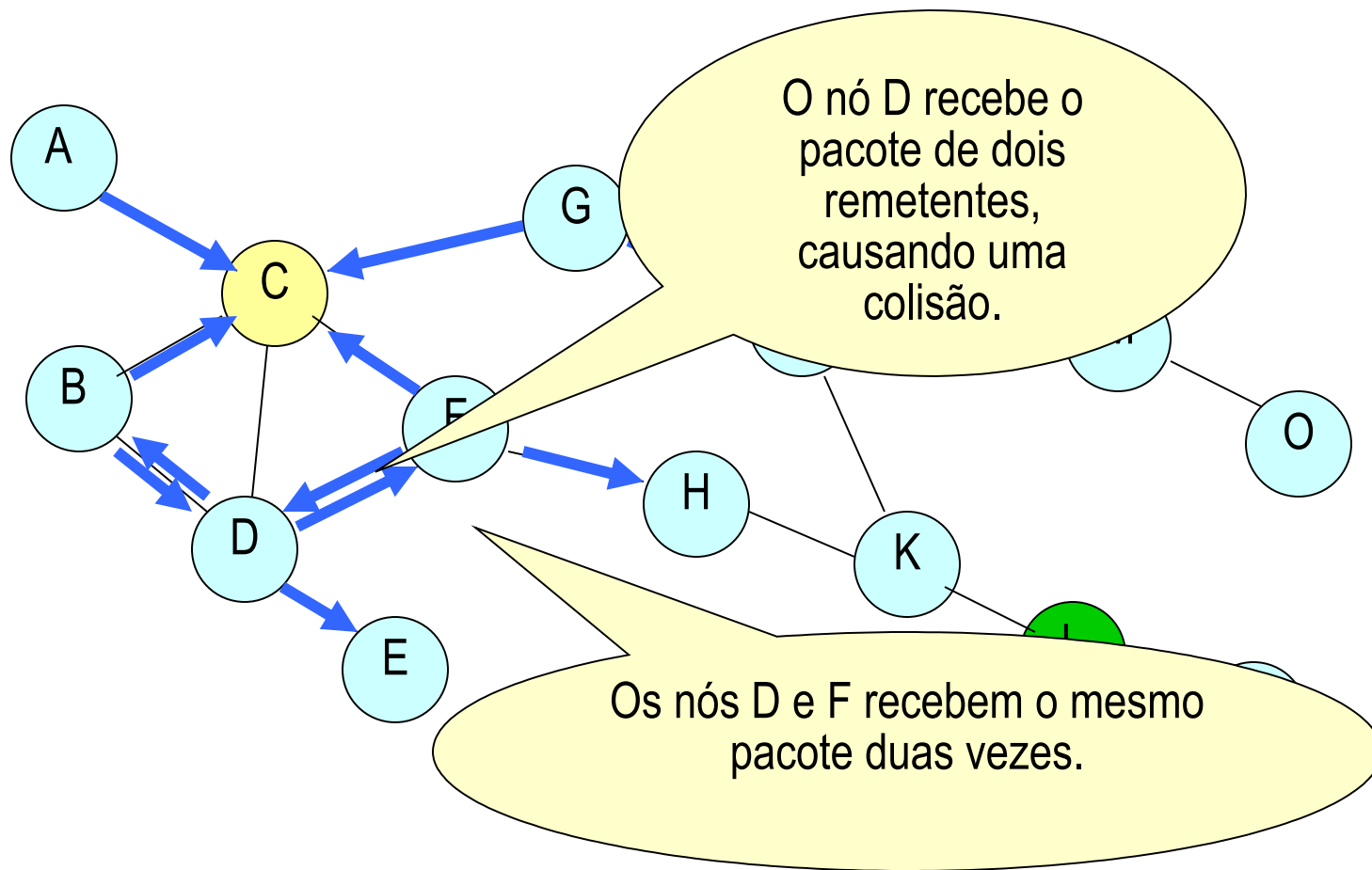
Técnica de Flooding

- A técnica de flooding permite a comunicação entre os nós, independentemente de existir uma rota pré configurada.
- Um remetente que quer enviar um pacote a outro, envia pacotes para todos seus vizinhos.
- Estes por sua vez propagam a seus vizinhos e assim sucesivamente até encontrar o nó final da rede.

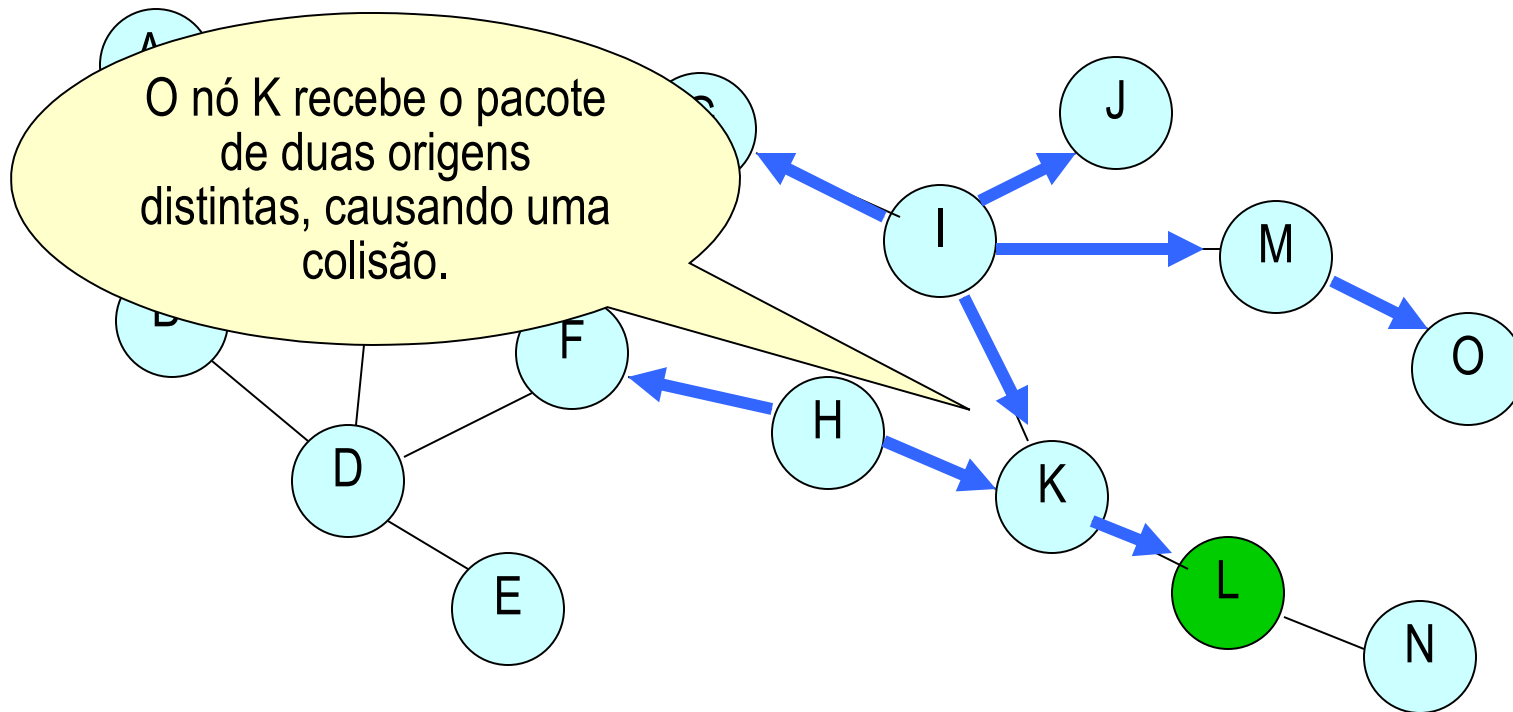
Flooding para transporte de dados
O nó C deseja mandar um pacote para o nó L



Flooding para transporte de dados



Flooding para transporte de dados



Flooding para transporte de dados

→ Vantagens:

→ Simplicidade

→ Desvantagens:

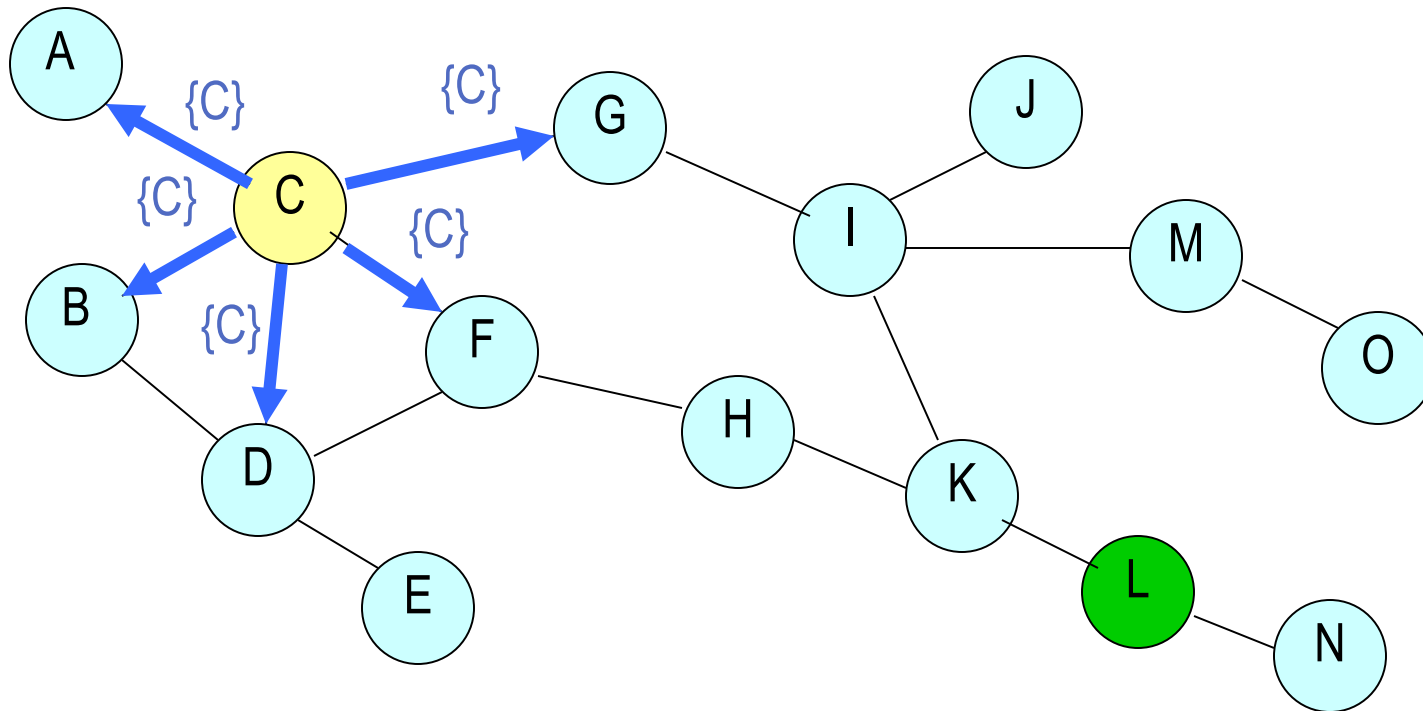
→ Alto tráfego e overhead

→ Não confiável devido a colisão

Técnica de flooding utilizada para descoberta de rotas

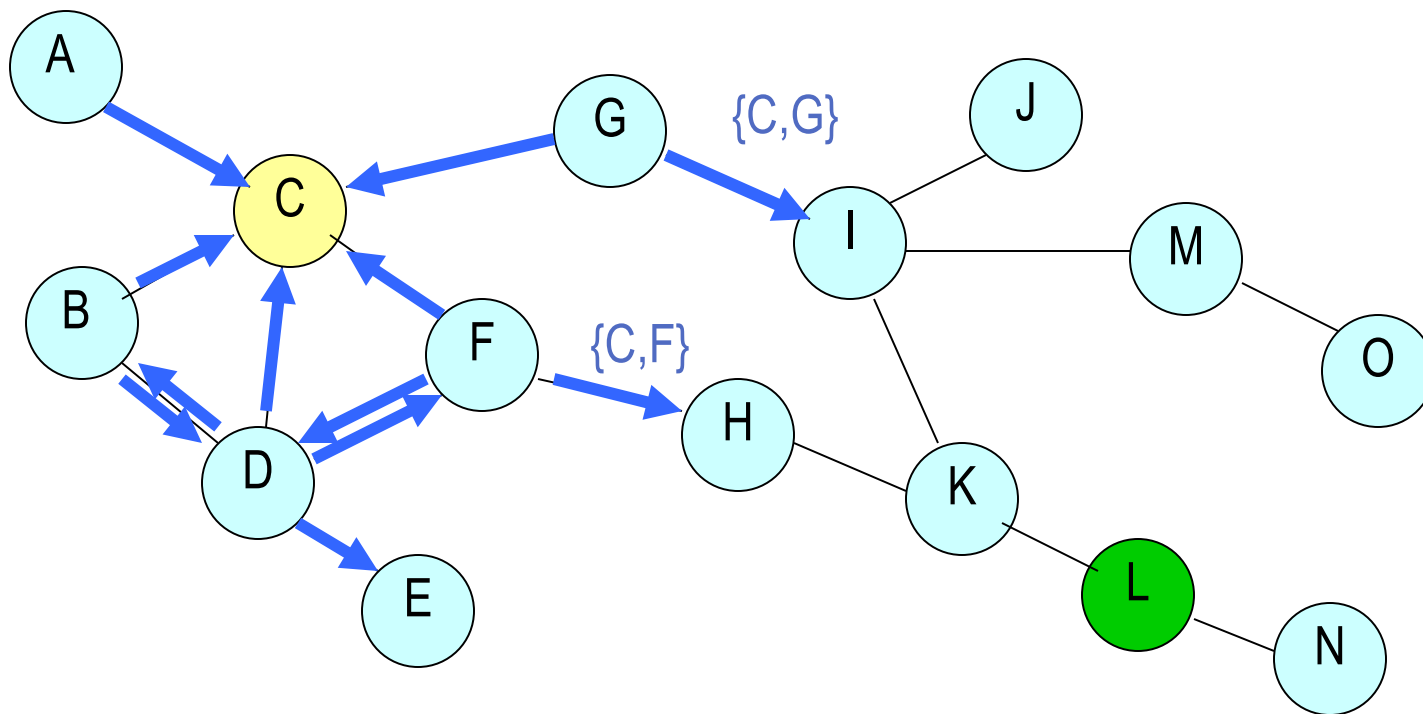
- O Flooding é usado para a entrega dos pacotes de controle e não os dados em si.
- Os pacotes de controle são injetados para descobrir as rotas e então o pacote é enviado através do caminho descoberto.

Descoberta de rotas no modo reativo

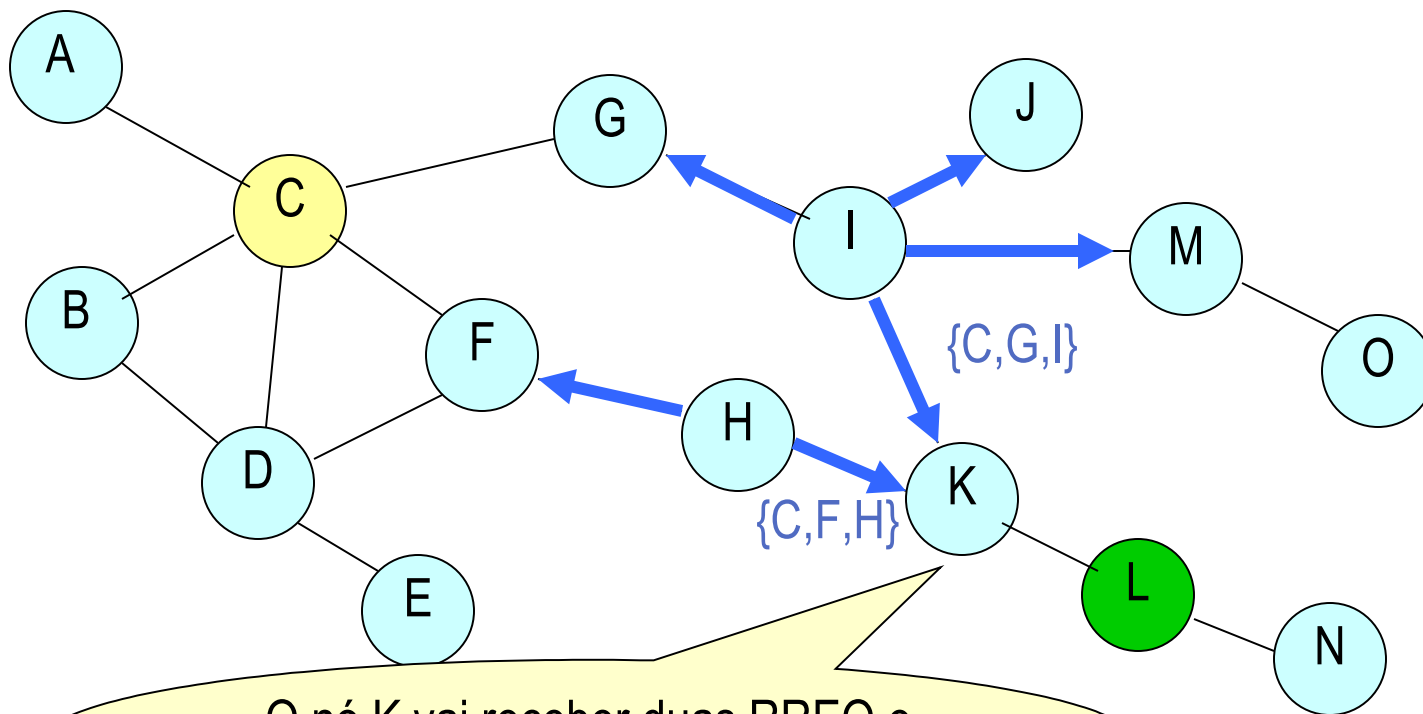


C inicia o processo injetando requisições de rotas RREQ

Descoberta de rotas no modo reativo

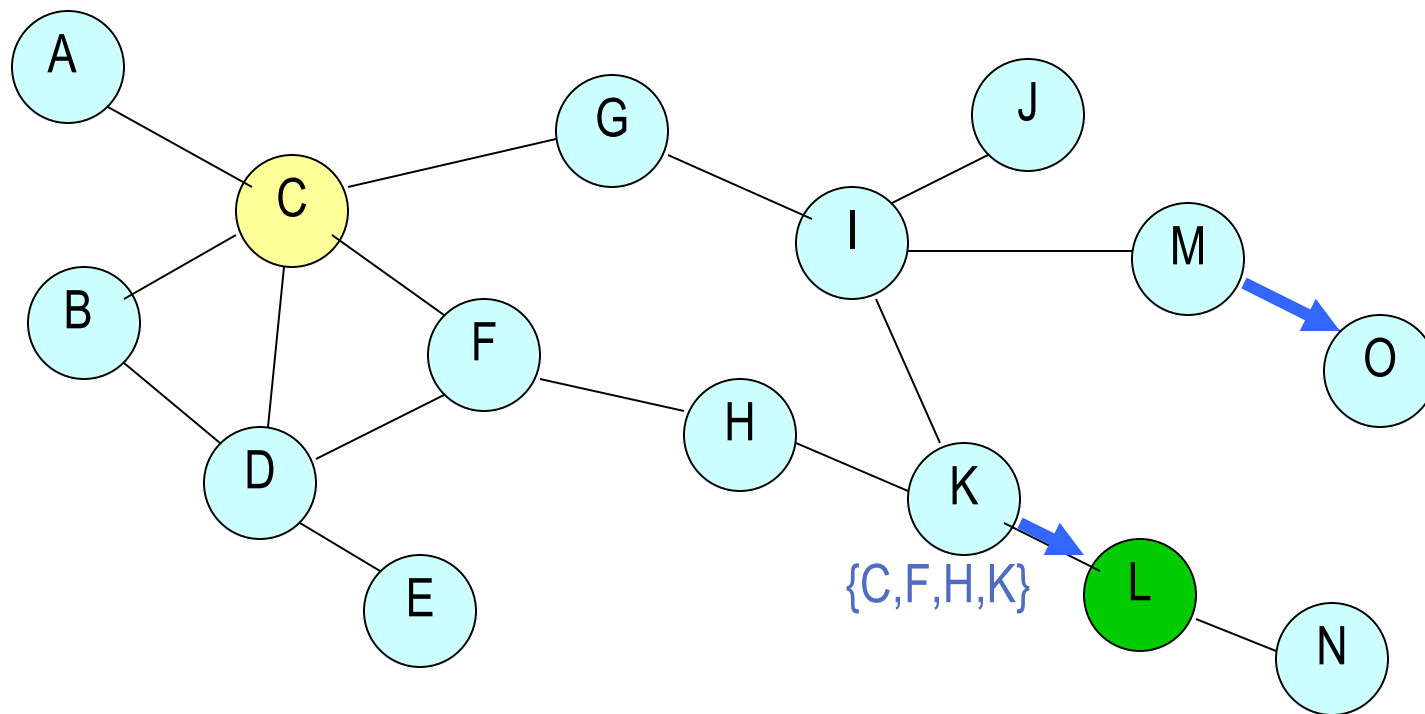


Descoberta de rotas no modo reativo

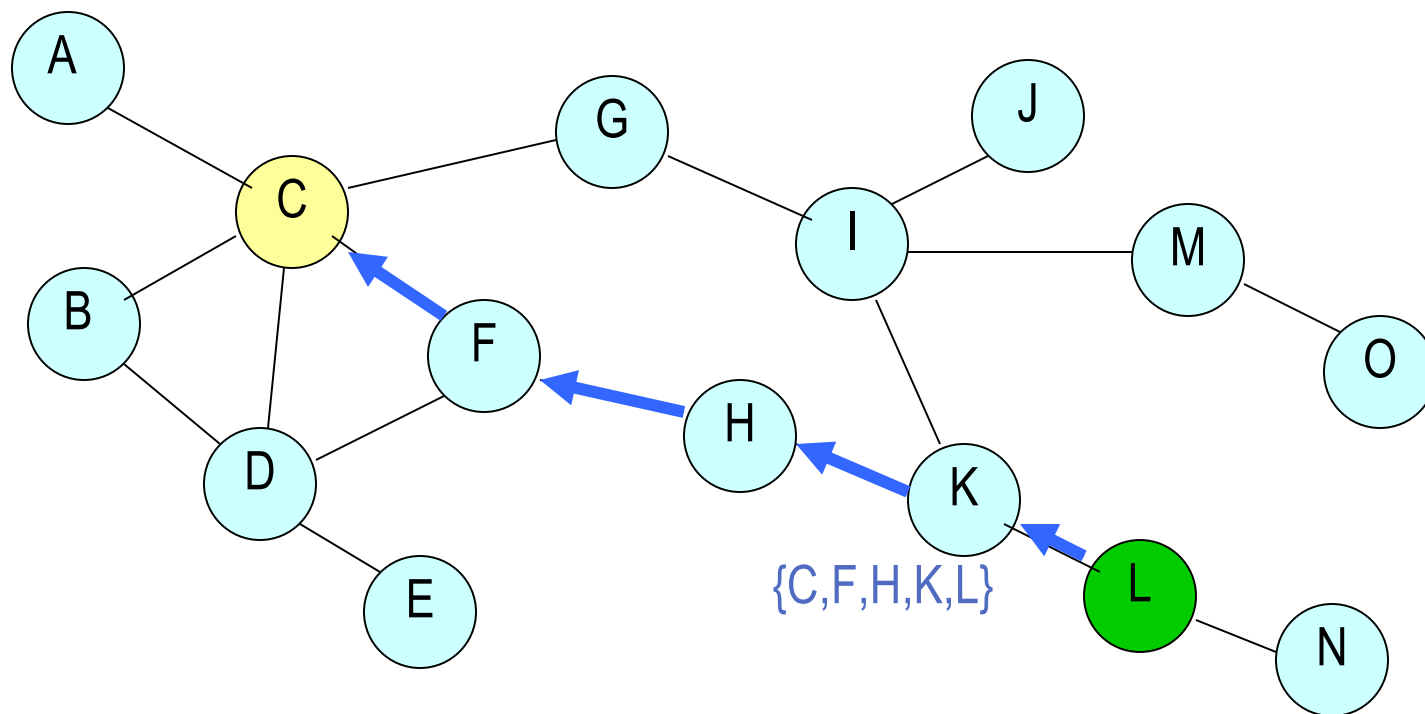


O nó K vai receber duas RREQ e deverá escolher a menor delas

Descoberta de rotas no modo reativo

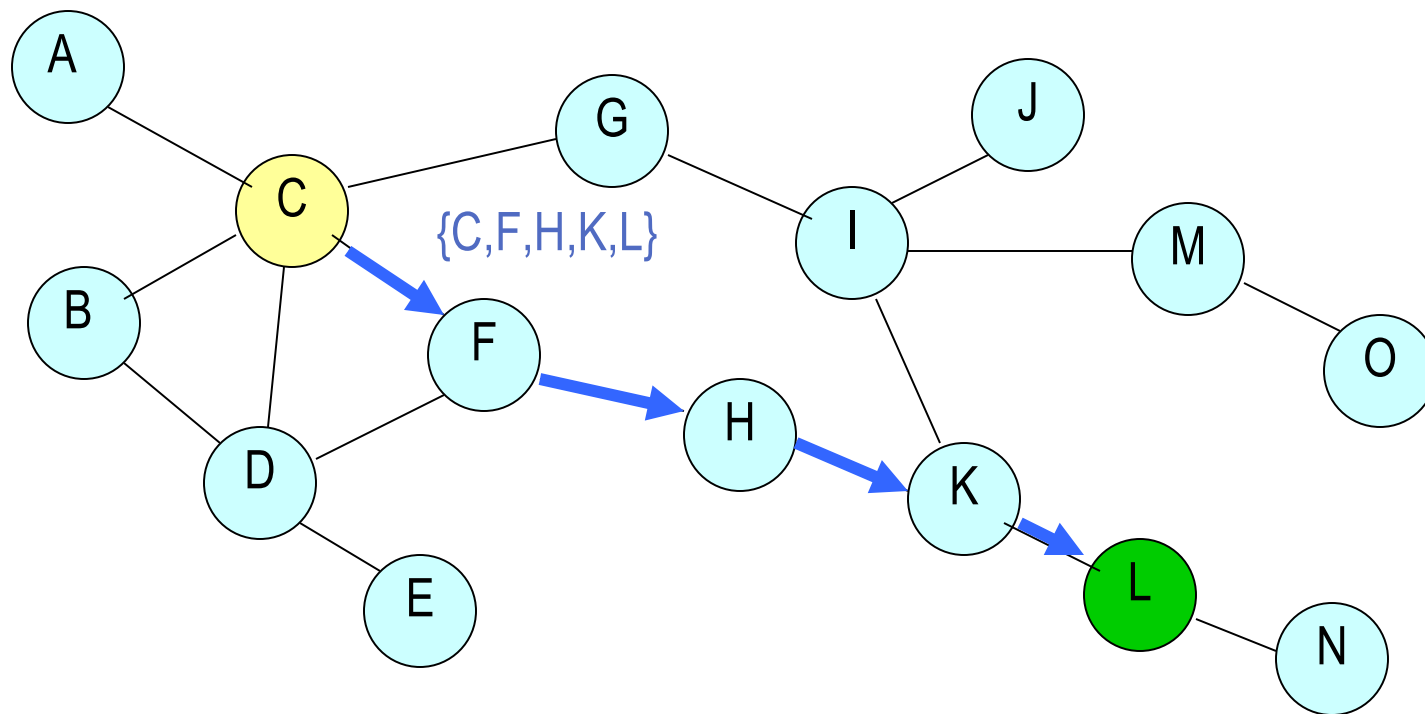


Descoberta de rotas no modo reativo



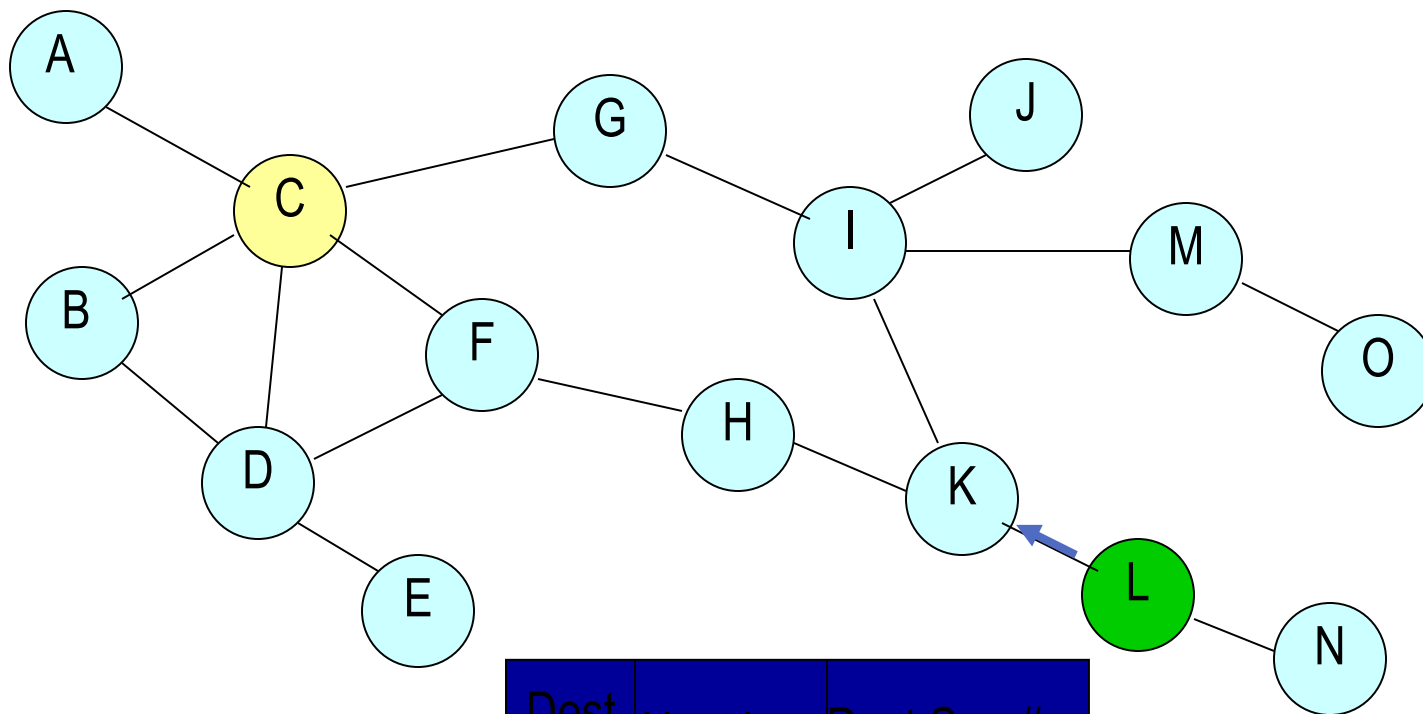
L responde informando a rota com RREP

Entrega de dados



A entrega de dados é feita então pela rota descoberta

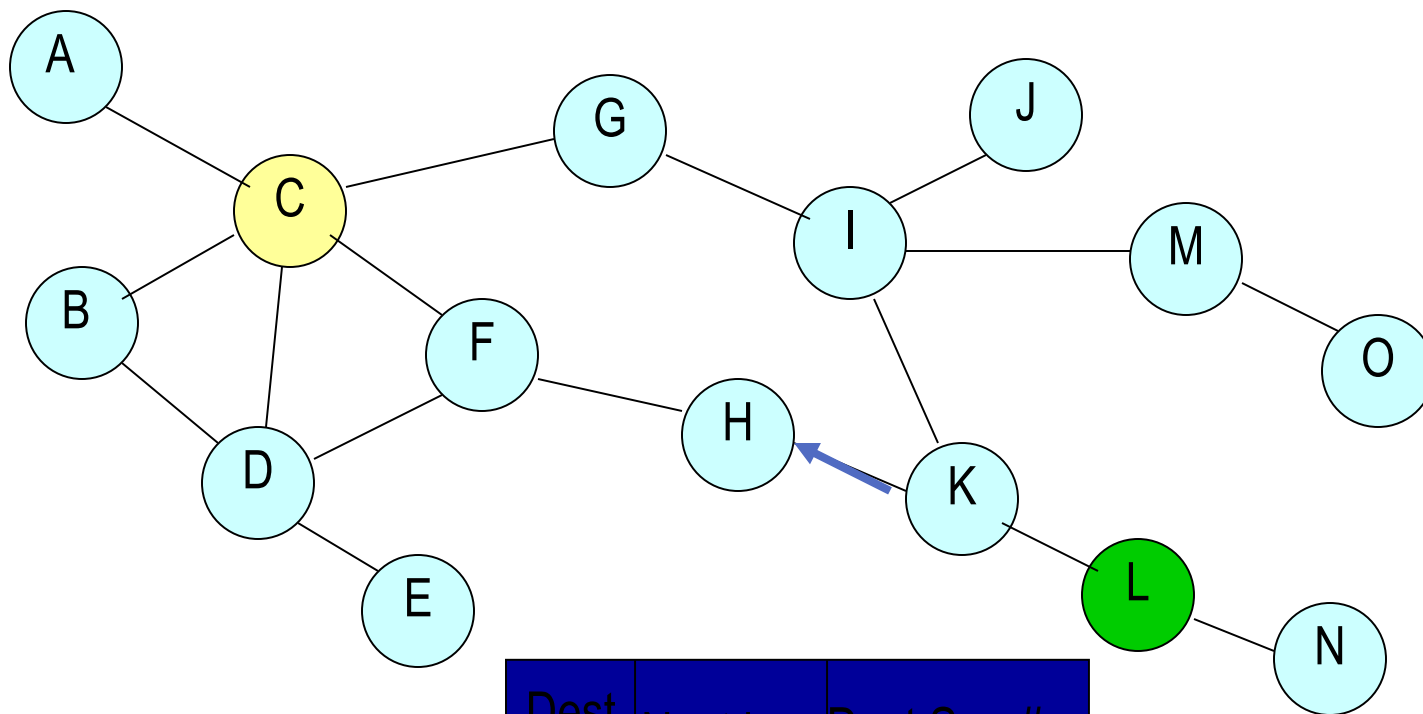
Tabelas de roteamento e Número sequencial



Dest	Next hop	Dest Seq #
L	L	10

Tabela de Roteamento de K

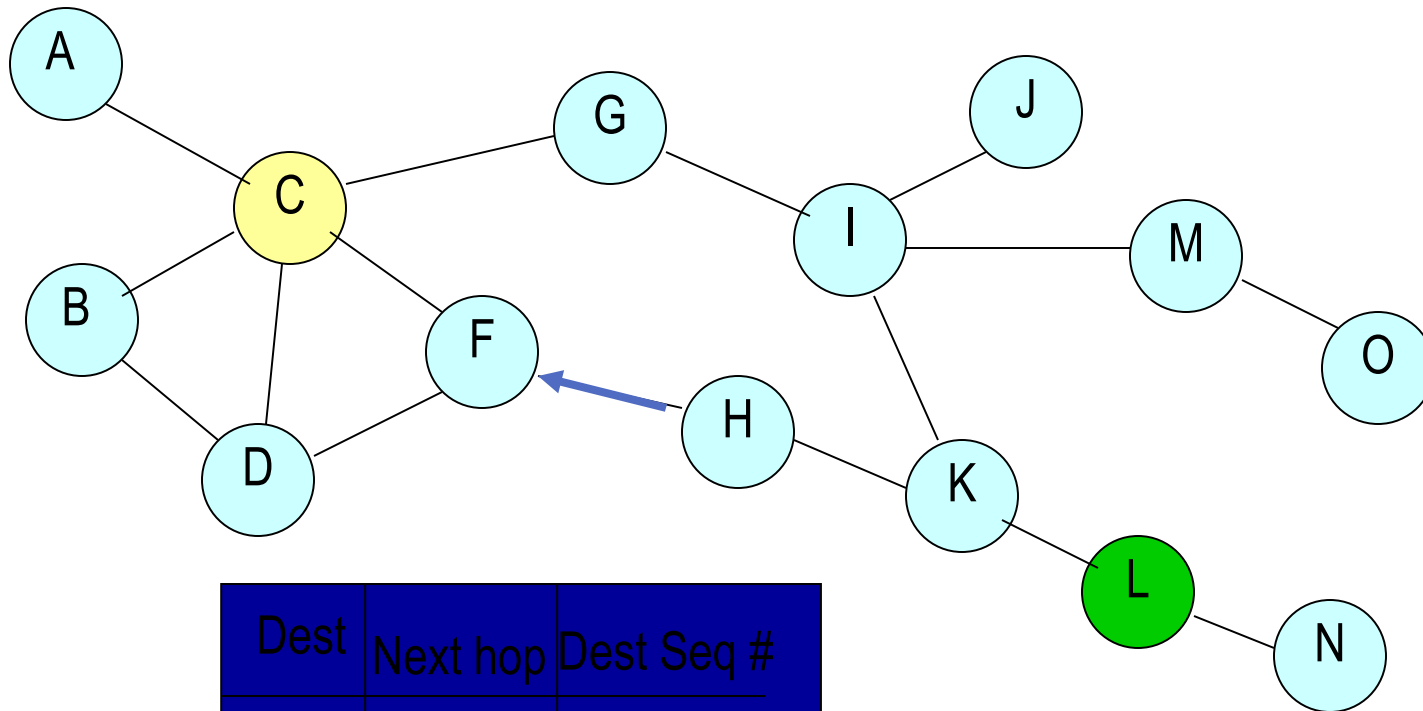
Tabelas de roteamento e Número sequencial



Dest	Next hop	Dest Seq #
L	K	10

Tabela de Roteamento de H

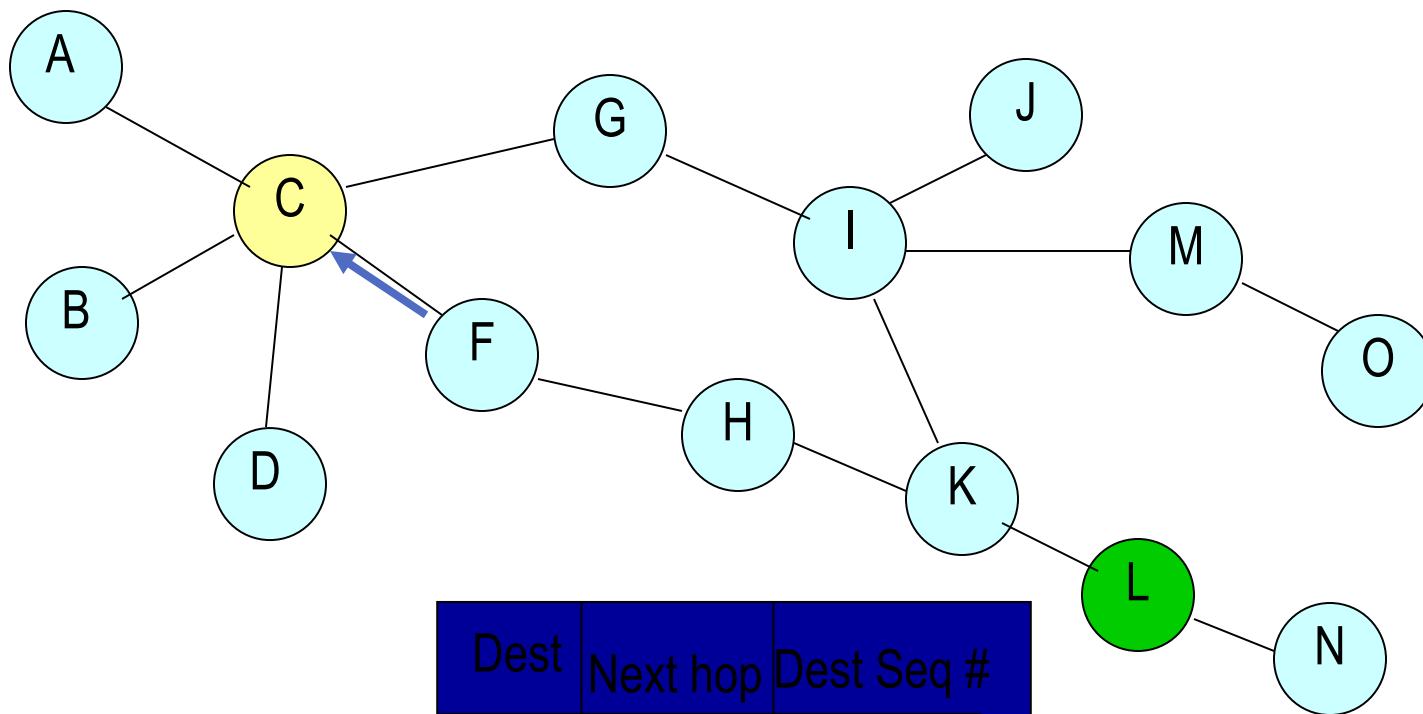
Tabelas de roteamento e Número sequencial



Dest	Next hop	Dest Seq #
L	H	10

Tabela de Roteamento de F

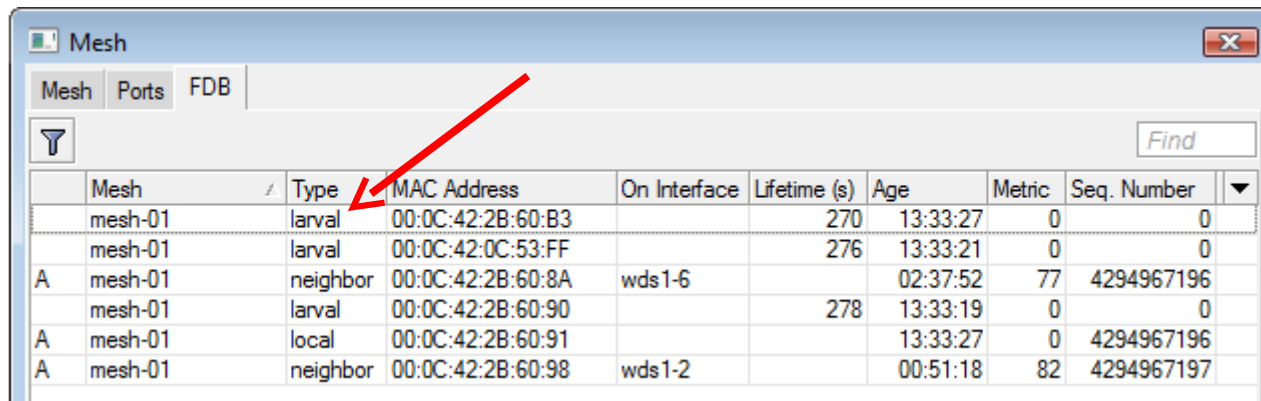
Tabelas de roteamento e Número sequencial



Dest	Next hop	Dest Seq #
L	F	10

Tabela de Roteamento de C

Funcionamento do HWMP+



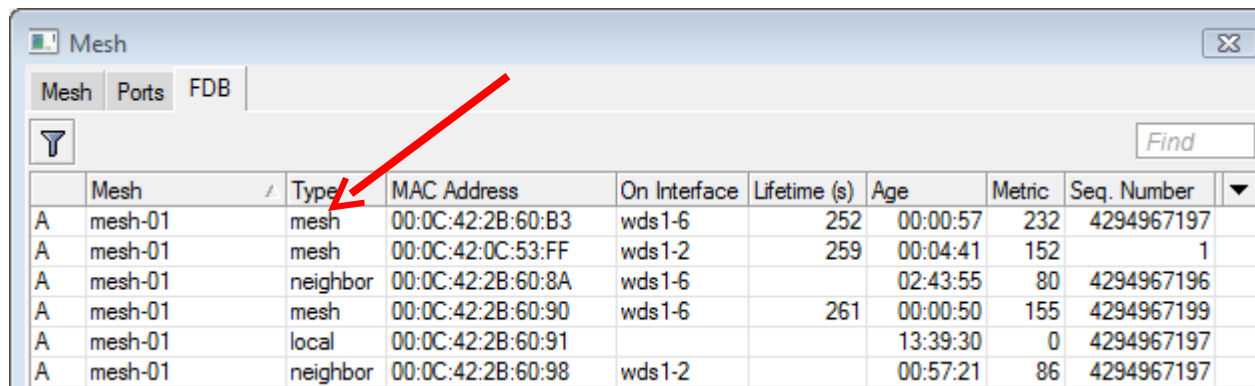
Mesh	Type	MAC Address	On Interface	Lifetime (s)	Age	Metric	Seq. Number
mesh-01	larval	00:0C:42:2B:60:B3		270	13:33:27	0	0
mesh-01	larval	00:0C:42:0C:53:FF		276	13:33:21	0	0
A mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:60:8A	wds1-6		02:37:52	77	4294967196
mesh-01	larval	00:0C:42:2B:60:90		278	13:33:19	0	0
A mesh-01	local	00:0C:42:2B:60:91			13:33:27	0	4294967196
A mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:60:98	wds1-2		00:51:18	82	4294967197

- Antes de existir o tráfego de dados (somente foi feito o flooding para a descoberta de rotas), o FDB apresenta as rotas em estado “larval”
- O número sequencial da rota é apresentado para cada destino e sempre que uma rota é mudada ou perdida, e é utilizado para determinar qual rota é a mais nova.
- O número de sequencia de destino também é utilizado para evitar loops.

Funcionamento do HWMP+

- Há uma pequena latencia quando da comunicação inicial para um nó, devido a necessidade de descoberta de rotas.
- A medida que o tráfego flui, o estado da interface é alterado de “larval” para “mesh”

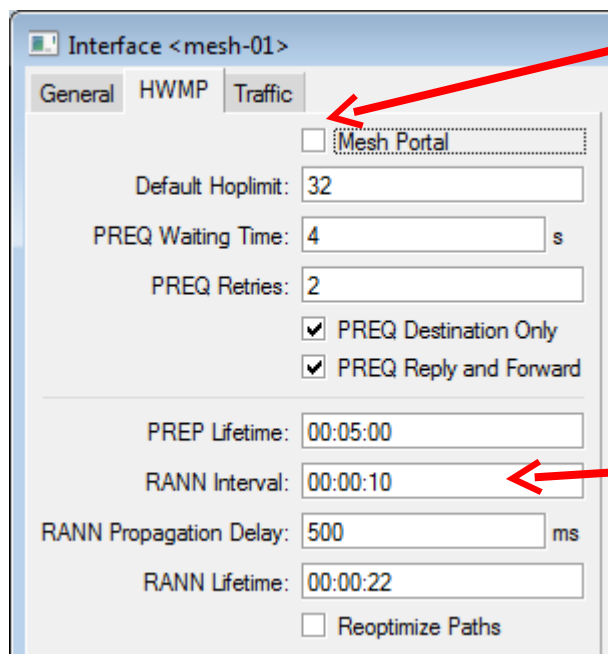
```
[admin@MikroTik] > ping 10.1.1.3  
10.1.1.3 64 byte ping: ttl=64 time=10 ms  
10.1.1.3 64 byte ping: ttl=64 time=1 ms  
10.1.1.3 64 byte ping: ttl=64 time=1 ms  
3 packets transmitted, 3 packets received, 0% packet loss  
round-trip min/avg/max = 1/4.0/10 ms
```



The screenshot shows the WinBox interface for the Mesh table. A red arrow points to the 'Type' column header, and another red arrow points to the first row of data. The table contains the following information:

Mesh	Type	MAC Address	On Interface	Lifetime (s)	Age	Metric	Seq. Number
A mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:60:B3	wds1-6	252	00:00:57	232	4294967197
A mesh-01	mesh	00:0C:42:0C:53:FF	wds1-2	259	00:04:41	152	1
A mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:60:8A	wds1-6		02:43:55	80	4294967196
A mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:60:90	wds1-6	261	00:00:50	155	4294967199
A mesh-01	local	00:0C:42:2B:60:91			13:39:30	0	4294967197
A mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:60:98	wds1-2		00:57:21	86	4294967197

Funcionamento do HWMP+ no modo pró ativo



→ O HWMP permite que se configure um nó como “Portal”

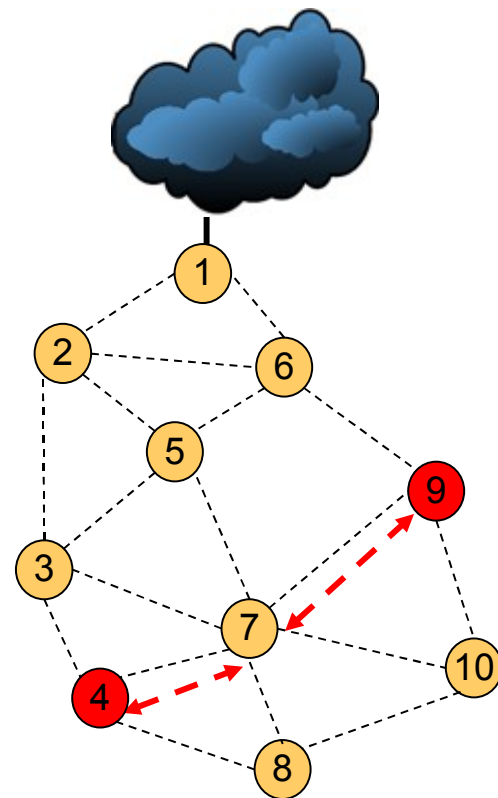
→ Independentemente de ser requisitado qualquer tráfego, o nó definido como portal anuncia sua rota e sua capacidade de portal para os outros nós através de mensagens chamadas de **RANN**

→ Sem portal, o HWMP trabalha exclusivamente no modo reativo, como o AODV

Funcionamento do HWMP, sem Portal, destino dentro da Mesh

Exemplo: nó 4 quer se comunicar com o nó 9

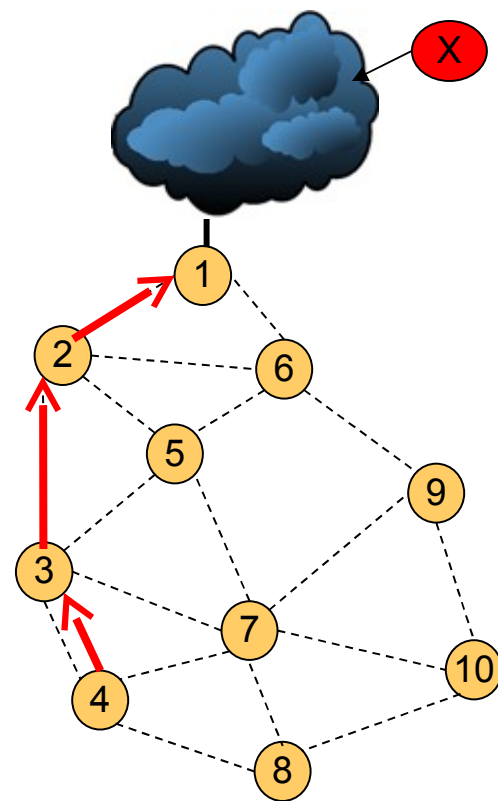
- 4 checa sua FDB local para uma entrada ativa para 9.
- Se não existe, 4 manda um **RREQ** para descobrir o melhor caminho para 9.
- 9 responde ao **RREQ** com um **RREP** para estabelecer um caminho de mão dupla para o tráfego de dados.
- 4 inicia a comunicação com a 9



Funcionamento do HWMP, sem Portal, destino fora da Mesh

Exemplo: nó 4 quer se comunicar com um host qualquer na Internet

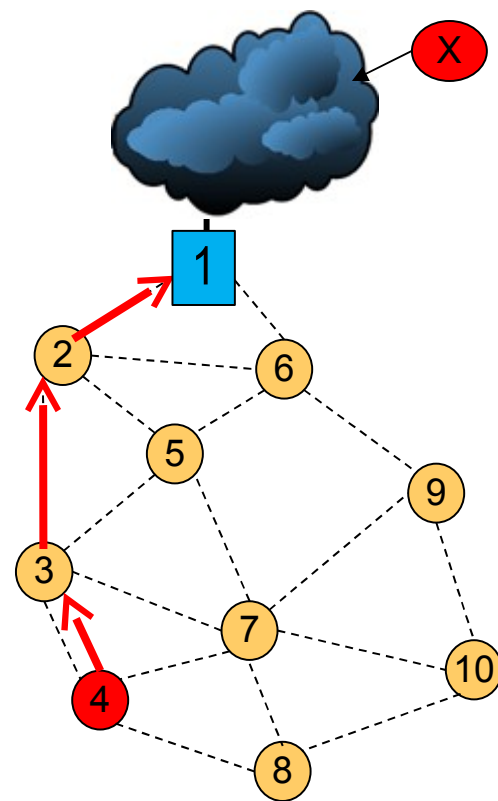
- 4 checa sua FDB local para uma entrada ativa para o host que está na Internet
- Se não existe, 4 manda um **RREQ** para descobrir o melhor caminho para esse host
- Como nenhuma **RREP** é recebida, conclui-se que o destino está fora da mesh e manda para o gateway default.
- 1 encaminha o pacote para fora da mesh



Funcionamento do HWMP, com Portal, destino fora da Mesh

Exemplo: nó 4 quer se comunicar com um host qualquer na Internet

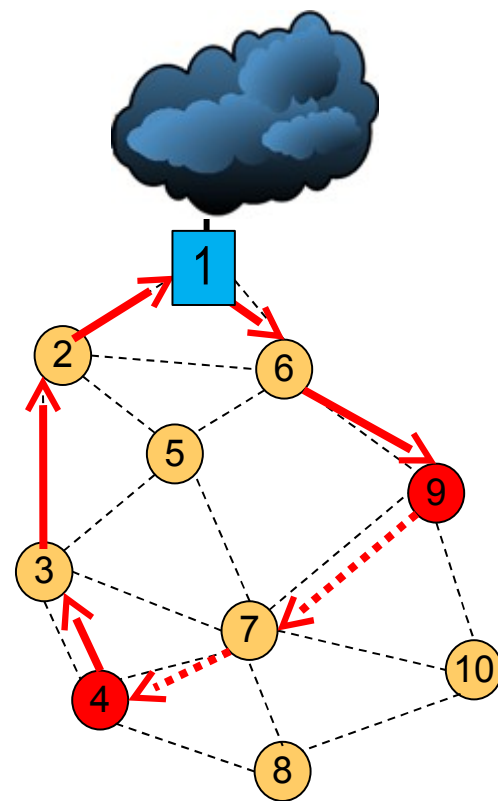
4. 4 checa sua FDB local para uma entrada ativa para o host que está na Internet
5. Se não existe, 4 transmite imediatamente através de seu caminho pró ativo.
6. Quando 1 recebe, checa se não tem a entrada e encaminha conforme suas configurações de rede locais.



Funcionamento do HWMP, com Portal, destino dentro da Mesh

Exemplo: nó 4 quer se comunicar com o nó 9

- 4 checa sua FDB local para uma entrada ativa para 9
- Se não existe, 4 transmite imediatamente através de seu caminho pró ativo.
- Quando 1 recebe, marca a mensagem como “intra-mesh” e encaminha para 9
- Quando 9 recebe ele faz uma **RREQ** para 4, com a finalidade de estabelecer um caminho direto para futuras mensagens



HWMP+ Conclusões

HWMP combina as vantagens dos protocolos que trabalham no modo reativo com o proativo:

- Reativo para comunicações ponto a ponto proporcionando baixo overhead de roteamento. e
- Proativo para estabelecimento de rotas com um gateway e nós importantes da rede, proporcionando baixa latência.

Conclusões sobre implementações de Mesh na camada II utilizando Mikrotik RouterOS

- Redes formadas com WDS+RSTP são de simples configuração e implementação.
- HWMP+ é um protocolo mais eficiente e sua implementação também é bastante simples, oferecendo maiores recursos e melhor performance.
- Sendo o HWMP + um protocolo proprietário é necessário que os equipamentos sejam todos Mikrotik. Se for esse o caso, utilize-o sempre em lugar de WDS+RSTP

Considerações acerca de Mesh na camada II

- A especificação IEEE 802.11s indica a implementação de mesh em camada II utilizando o protocolo HWMP (não proprietário)
- Camada II significa que os dispositivos compartilham do mesmo domínio de broadcast.
- O crescimento de redes que tem uma topologia dessa natureza tem sua escalabilidade questionável !**

Implementações de Mesh em camada 3 utilizando o Mikrotik RouterOS

→ MME

MME – Mesh Made Easy

MME (Mesh Made Easy) é um protocolo de roteamento da Mikrotik inspirado no projeto B.A.T.M.A.N (Better Approach To Mobile Ad Hoc Networking) – <https://www.open-mesh.net>

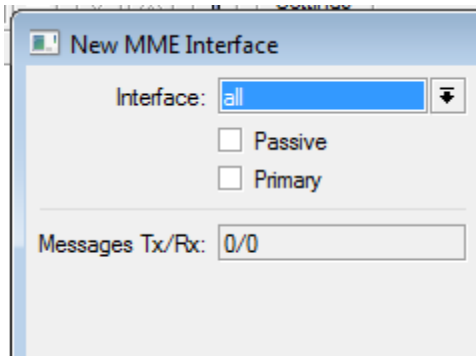
→ O protocolo MME trabalha propagando periodicamente mensagens de originadores.

→ Estas mensagens contém o endereço IP do originador e opcionalmente uma lista de anúncios de rotas

→ Assim como em protocolos tradicionais como o RIP e OSPF os nós com MME habilitado “aprende as rotas” para as redes dos nós que as publicaram.

MME – Mesh Made Easy Propagação de rotas

→ Assim como em protocolos tradicionais como o RIP e OSPF os nós com MME habilitado “aprende as rotas” para as redes dos nós que as publicaram.



The screenshot shows the 'Route List' window with the 'Routes' tab selected. It contains a table with the following data:

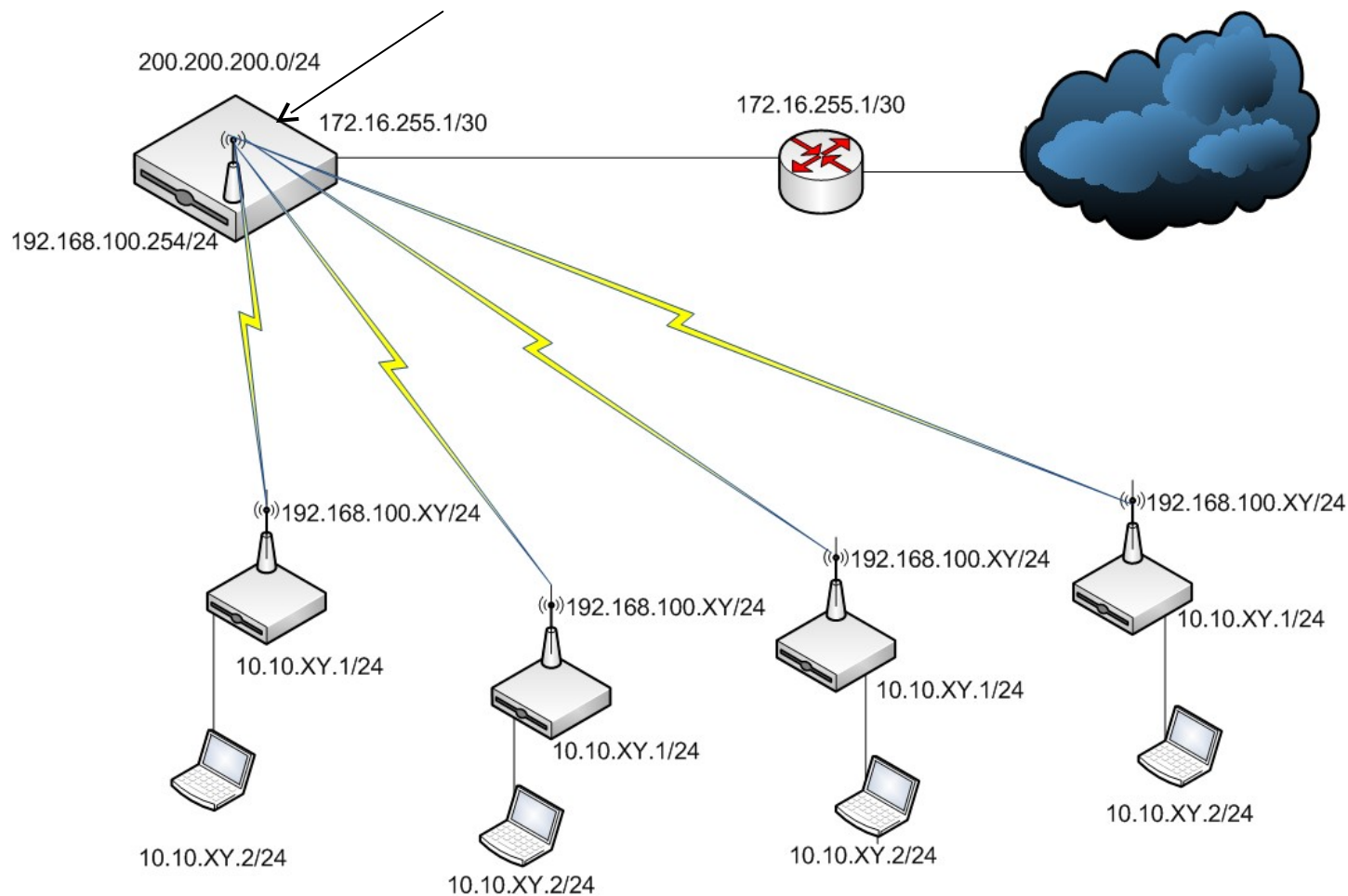
	Destination	Gateway	Gateway ...	Interface	Distance	Routing Mark	Pref. Source	
DAm	▶ 1.1.1.0/24	172.16.1.2		Mesh	130			
DAC	▶ 172.16.1.0/24			Mesh	0		172.16.1.1	
DAm	▶ 172.16.1.2	172.16.1.2		Mesh	130			
DAC	▶ 192.168.88.0/...			ether1	0		192.168.88.1	

The screenshot shows the 'MME' configuration window with the 'Networks' tab selected. It contains a table with the following data:

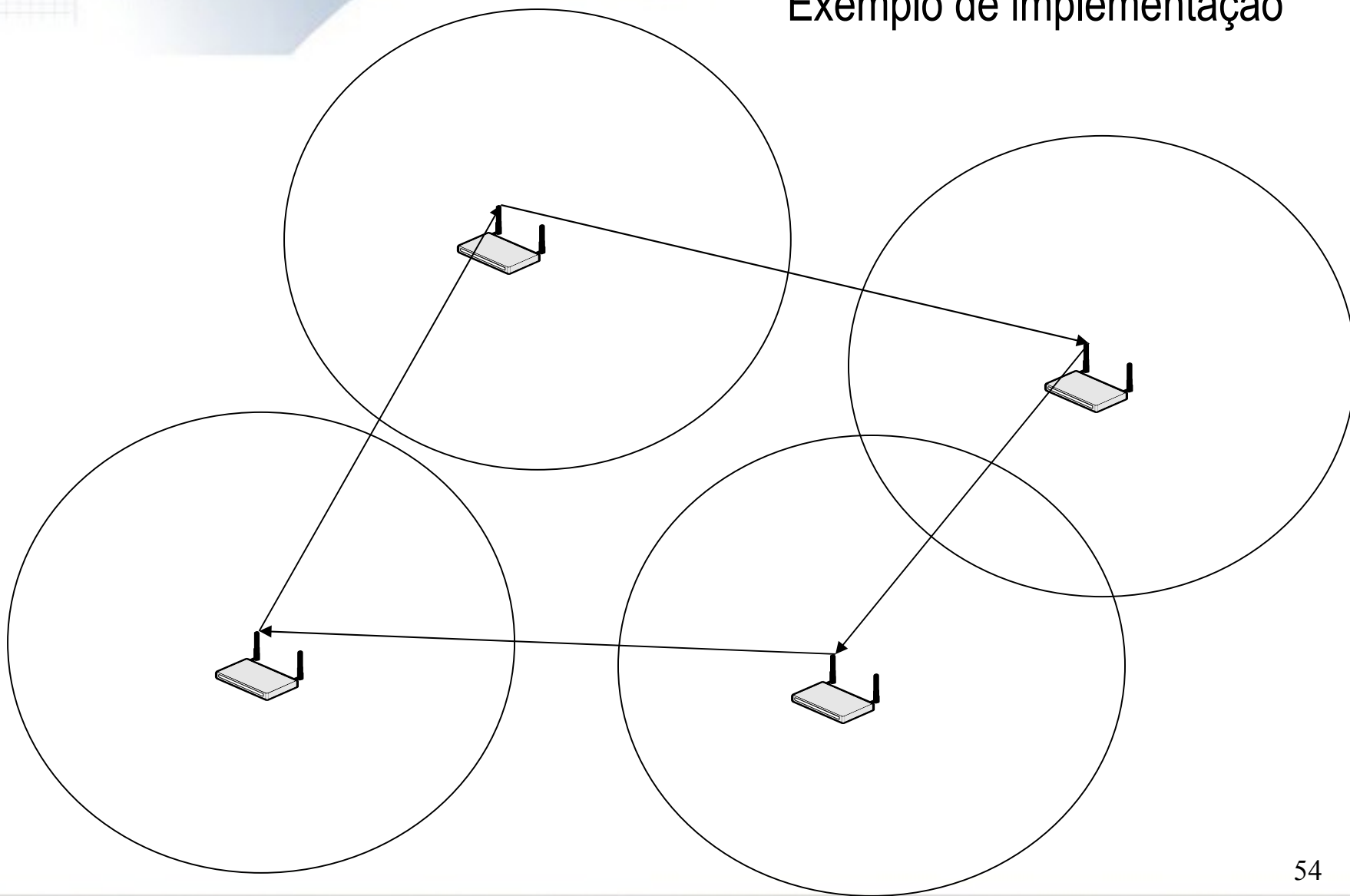
Network	
1.1.1.0/24	

Cenário MME

Rota "aprendida por MME"
10.10.XY.0/24 gw 192.168.100.XY



Exemplo de implementação

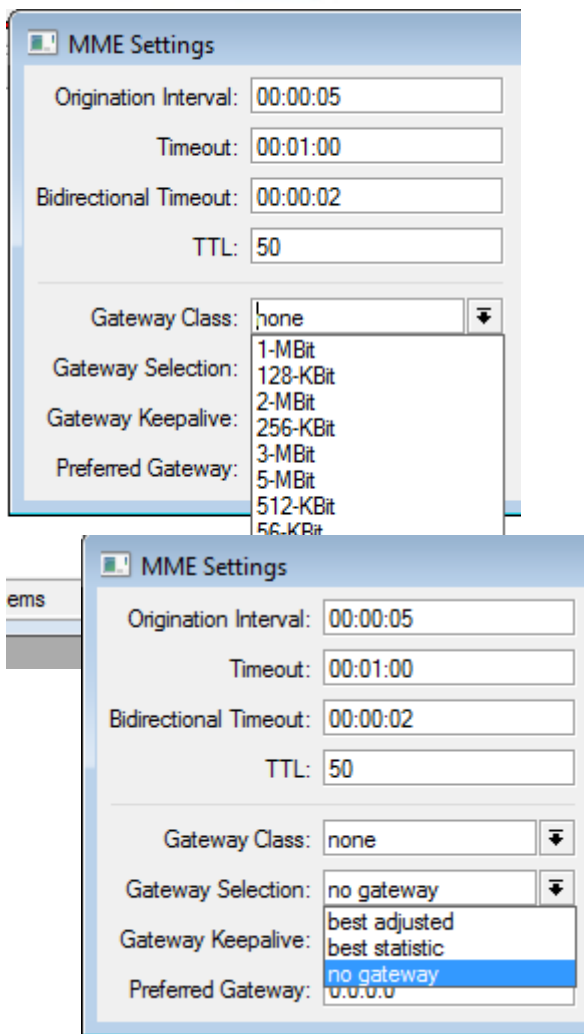


MME – Mesh Made Easy como são definidos os gateways

→ Diferentemente de outros protocolos tradicionais como o RIP e OSPF em uma configuração de MME normalmente não se propaga a rota default (até é possível propagá-la, porém não é recomendável)

→ Para fazer a rota dos pacotes para um nó que não faça parte da nuvem MME o administrador configura os nós que “pretendem” ser roteadores e define a banda que este pode fornecer.

→ O nó não gateway deve selecionar o critério de escolha do gateway.



Estabelecimento do Gateway

→ O protocolo MME escolhe o melhor gateway para um determinado nó, criando um túnel IPIP entre o nó e o gateway

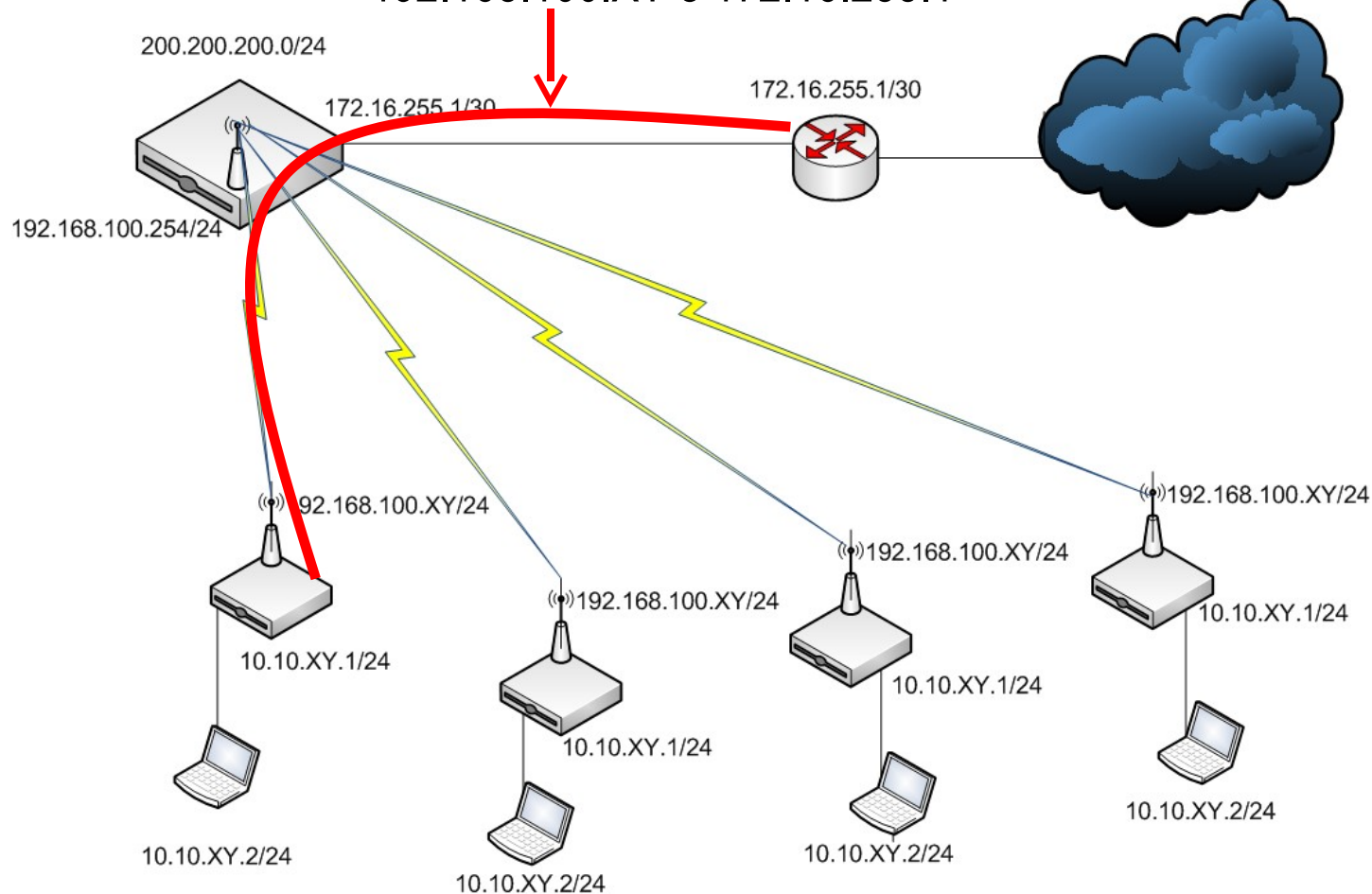
```
[admin@MikroTik] > /interface print
Flags: X - disabled, D - dynamic, R - running
#   NAME                TYPE      MTU
0   R ether1             ether     1500
1   R ether2             ether     1500
2   DR ipip1             ipip     1480
```

→ É adicionada uma rota default apontando para a interface ipip

```
[admin@MikroTik] > /ip route print
Flags: X - disabled, A - active, D - dynamic,
C - connect, S - static, r - rip, b - bgp, o - ospf, m - mme,
B - blackhole, U - unreachable, P - prohibit
#   DST-ADDRESS      PREF-SRC  G  GATEWAY          DISTANCE INTERFACE
0   ADm  0.0.0.0/0        r  ipip1           130      ipip1
```


Cenário MME

Túnel IPIP estabelecido entre
192.168.100.XY e 172.16.255.1



Mesh em camada II ou camada III ?

→ O Mikrotik RouterOS nos apresenta soluções interessantes tanto em camada II e camada III

→ A escolha da tecnologia adequada dependerá do tipo de aplicação

→ Mobilidade plena - camada II

→ Mobilidade nomádica – camada II para pequenas redes ou camada III para grandes redes.

Obrigado !

Wardner Maia – maia@mikrotikbrasil.com.br



Slides de Backup

Wireless Mesh Networks

Mesh Port <wds1-6>

Interface:

Mesh:

Path Cost:

Hello Interval: s

Port Type:

DR Address:

Mesh Port <wlan1>

Interface:

Mesh:

Path Cost:

Hello Interval: s

Port Type:

DR Address:

Interface <mesh-01>

General HWMP Traffic

Name:

Type:

MTU:

MAC Address:

ARP:

Admin. MAC Address:

Interface <wlan1>

General Wireless Data Rates Advanced WDS ...

Mode:

Band:

Frequency: MHz

SSID:

Radio Name:

Interface <wlan1>

Advanced WDS Nstreme Tx Power Status ...

WDS Mode:

WDS Default Bridge:

WDS Default Cost:

WDS Cost Range:

WDS Ignore SSID

Wireless Mesh Networks

Mesh Port <wds1-6>

Interface:

Mesh:

Path Cost:

Hello Interval: s

Port Type:

DR Address:

Interface <mesh-01>

General HWMP Traffic

Name:

Type:

MTU:

MAC Address:

ARP:

Admin. MAC Address:

Interface <wlan1>

Advanced WDS Nstreme Tx Power Status ...

WDS Mode:

WDS Default Bridge:

WDS Default Cost:

WDS Cost Range:

WDS Ignore SSID

Mesh Port <wlan1>

Interface:

Mesh:

Path Cost:

Hello Interval: s

Port Type:

DR Address:

Interface <wlan1>

General Wireless Data Rates Advanced WDS ...

Mode:

Band:

Frequency: MHz

SSID:

Radio Name:

Wireless Mesh Networks

Mesh

Mesh Ports FDB

Find

	Mesh	Type	MAC Address	On Interface	Lifetime...	Age	Metric	Seq. Number	
A	mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:02:02	wds1-2		01:19:02	103	4294967198	
A	mesh-01	local	00:0C:42:2B:01:01			05:05:34	0	4294967212	
A	mesh-01	mesh	00:1F:E2:81:65:08	wds1-6		00:33:59	135	0	
A	mesh-01	mesh	00:15:AF:56:08:48	wds1-6	297	00:01:51	128	0	
A	mesh-01	mesh	00:1A:73:E9:F7:0A	wds1-6	299	00:16:06	121	0	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:04:04	wds1-6	297	00:01:56	263	4294967199	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:05:05	wds1-6	243	00:01:55	169	4294967199	
A	mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:06:06	wds1-6		01:54:29	123	4294967198	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:0C:03:03	wds1-2	293	00:01:51	209	4294967201	
A	mesh-01	mesh	00:1F:E2:81:65:08	wds1-6	299	00:22:27	120	0	
A	mesh-01	mesh	00:1F:E2:81:65:08	wds1-6	299	00:01:56	100	0	
A	mesh-01	mesh	00:1F:E2:81:65:08	wds1-2	299	00:06:15	182	0	
A	mesh-01	mesh	00:1A:73:E9:F7:0A	wds1-6	299	00:01:56	273	0	

Mesh

Mesh Ports FDB

Find

	Mesh	Type	MAC Address	On Interface	Lifetime (s)	Age	Metric	Seq. Number	
A	mesh-01	local	00:0C:42:2B:01:01			00:04:29	0	4294967197	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:0C:03:03	wds1-2	284	00:01:27	158	4294967196	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:04:04	wds1-6	276	00:01:16	234	4294967196	
A	mesh-01	mesh	00:0C:42:2B:05:05	wds1-6	295	00:01:08	155	4294967196	
A	mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:02:02	wds1-2		00:04:29	79	4294967196	
A	mesh-01	neighbor	00:0C:42:2B:06:06	wds1-6		00:04:29	79	4294967196	