

Sistemas Autónomos

Ruteo Externo

- ✓ Crecimiento de Internet
- ✓ Estructura jerárquica en Internet
- ✓ Sistemas Autónomos
- ✓ Intercambio de rutas entre SA
- ✓ Regula el tráfico entre diferentes SAs
- ✓ Ruteo estático
- ✓ Exterior Gateway Protocol
- ✓ Border Gateway Protocol



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 4 / 65

Sistemas Autónomos

Dominio de Ruteo Autónomo

Conjunto de redes que tienen una política de ruteo administrativamente unificada

- ✓ Redes de Campus
- ✓ Redes Corporativas
- ✓ Redes de ISP internas
- ✓ ...



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 5 / 65

Notas:

Sistemas Autónomos

Sistema Autónomo

- ✓ ...“a set of routers under one or more administrations that presents a common routing policy to the internet”. RFC 1930
- ✓ Dominio de Ruteo Autónomo que le ha sido asignado un Número de Sistema Autónomo
- ✓ La administración de un SA se presenta a los restantes SA como que tiene un plan de ruteo interno coherente y presenta un cuadro de las redes que son alcanzables a través de él
- ✓ RFC 1930: “Guidelines for creation, selection and registration of an Autonomous System”



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 6 / 65

Sistemas Autónomos

Sistemas Autónomos

- ✓ Se debió abandonar el modelo de una única red
- ✓ Se dividió la red en un conjunto de Sistemas Autónomos
- ✓ El SA garantiza que las rutas internas permanezcan consistentes y alcanzables



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 7 / 65

Notas:

Sistemas Autónomos

Sistemas Autónomos ...

The diagram illustrates two Autonomous Systems (AS) connected via BGP. AS65000 (left) contains three routers connected in a triangle topology using OSPF. AS65001 (right) contains three routers connected in a triangle topology using EIGRP. A bidirectional arrow labeled 'BGP' connects the two ASes, indicating inter-domain routing. The slide footer includes the text 'Marrone (LINTI-UNLP)', 'EGP', '4 de noviembre de 2021', and '8 / 65'.

Sistemas Autónomos

Sistemas Autónomos ...

- ✓ Mínimo: Un solo router que conecta una LAN a Internet
- ✓ Máximo: No está definido
- ✓ Aseguran la conectividad
- ✓ Las tablas de ruteo son mantenidas por los IGP
- ✓ Los EGPs se encargan del intercambio

The slide footer includes the text 'Marrone (LINTI-UNLP)', 'EGP', '4 de noviembre de 2021', and '9 / 65'.

Notas:

Sistemas Autónomos

Representación

- ✓ asplain : todos los AS se representan con notación entera decimal, AS 65546
- ✓ asdot+ : dos valores enteros unidos por un punto. <16 bits más significativos><16 bits menos significativos>
AS65526 ⇒ AS 0.65526
AS65546 ⇒ AS 1.10
- ✓ asdot :
AS menores a 65536 en asplain
AS mayores en asdot+



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 10 / 65

Sistemas Autónomos

Asignación de AS

Status	AS Pool	16-bit	32-bit
IETF Reserved	0	0	0
IANA Unallocated Pool	4294844419	1043	4294843376
Allocated	122877	64493	58384
RIR Data			
AFRINIC	3326	1278	2048
APNIC	29334	8541	20793
ARIN	33601	25509	8092
RIPE NCC	42537	25739	16798
LACNIC	14079	3426	10653

Status 04-Nov-2021 07:55 UTC



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 11 / 65

Notas:

Sistemas Autónomos

Solicitud

- ✓ Se solicita al IANA
- ✓ Proveer información:
Contactos administrativos
Direcciones Internet de los routers
- ✓ Nombre de SA a utilizar
- ✓ Perfil del hardware y software de ruteo utilizado
- ✓ Expectativas de crecimiento
- ✓ Todas las redes conectadas por routers y SAs
- ✓ El IANA permite a varios registradores de números de Internet que asigne números de SAs



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 14 / 65

Sistemas Autónomos

Tipos

- ✓ Stub:
Solo un camino o salida de conexión con el resto de las redes.
Conectan solo a un SA
- ✓ Multihomed:
Conectados a múltiples SAs
 - TRANSIT: llevan tráfico de diferentes SA a otros, pero aplican políticas de ruteo al tráfico
 - non TRANSIT: no permite tránsito de tráfico a través de él



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 15 / 65

Notas:

Sistemas Autónomos

AS – Stubs



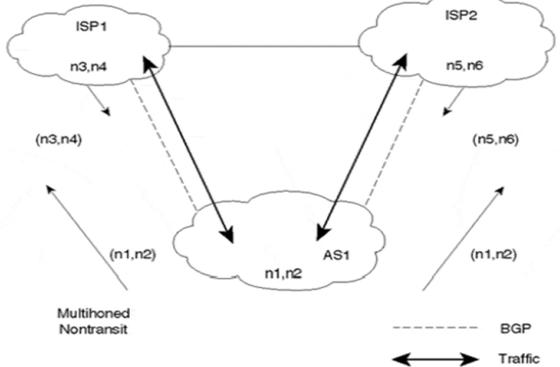
Es una red con una sola entrada y una sólo salida
No necesita aprender rutas de Internet

FACULTAD DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 16 / 65

Sistemas Autónomos

AS – Multihome non Transit



Multihomed Nontransit

----- BGP
↔ Traffic

FACULTAD DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 17 / 65

Notas:

2021-11-04 EGP BGP

¿Por qué BGP?

¿Cómo fluye el tráfico entre AS1 y AS2 considerando que se utiliza OSPF?
 ¿Es factible/razonable?

Los dos clientes están conectados a Internet vía enlaces de diferentes velocidades. En protocolos de ruteo con excepción de BGP, las decisiones de ruteo se toman normalmente en base al ancho de banda (OSPF). Eso haría que el tráfico entre AS1 y AS2 fluyese vía AS2. Esto no es deseable por AS2, porque haría que los usuarios del Cliente A generen tráfico en la línea de acceso a Internet comprada y pagada por el Cliente B. Por otro lado el Cliente B es poco probable que permita que el tráfico del Cliente A alcance Internet usando su enlace. El Cliente B lo podría hacer creando listas de acceso que bloqueen todos los paquetes de IP de AS1 transmitidos en la línea de 2Mbps del Cliente B a Internet. El resultado de esto es que cuando A quiera enviar paquetes a Internet, los enviará a As 2 y B los descartará.

2021-11-04 EGP BGP

¿Por qué BGP?

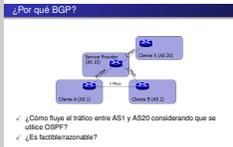
¿Cómo fluye el tráfico entre AS1 y AS2 considerando que se utiliza OSPF?
 ¿Es factible/razonable?

Para evitar esta situación, el Cliente B debe cerciorarse de que los paquetes del Cliente A, que son destinados a Internet, nunca estén enviados a él. También, el Cliente B debe cerciorarse de que los paquetes de Internet destinados al Cliente A nunca estén enviados sobre la línea de acceso de Internet al Cliente B. B podría poner una política de ruteo, que indica que AS2 recibirá la información del reachability de AS1 para su propio uso, pero AS2 no transmitirá a esa información particular a Internet. También, AS2 recibirá la información del reachability sobre Internet de su Internet Service Provider, pero esa información nunca se remite a AS1. Solamente las redes locales a AS2 se envían a AS1. El resultado de esta política de ruteo sería que AS1 ve todas las redes dentro de AS2 accesibles sobre el enlace de 2Mbps, que conecta directamente AS1 con AS2. AS1 no verá el resto de Internet accesible directamente desde AS2

Notas:

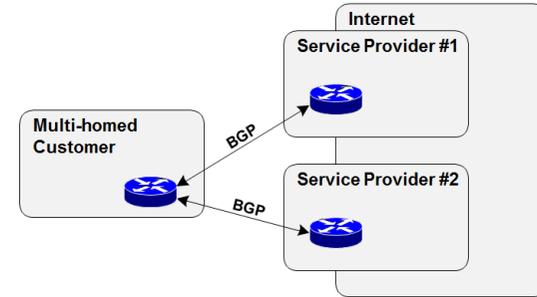
2021-11-04
EGP
└ BGP

¿Por qué BGP?



Por lo tanto, AS1 remite los paquetes hacia Internet directamente sobre el enlace de 64kbps. También, las redes IP en AS1 aparecerán accesibles por AS2 sobre el enlace de 2Mbps, que conecta directamente AS1 con AS2. Sin embargo, el Internet Service Provider no recibirá esa información del reachability de AS2, él lo recibirá solamente de AS1. Por lo tanto, el tráfico de Internet al Cliente A será transmitido sobre el enlace de 64kbps. Esta política de ruteo es fácil de poner en ejecución al usar el BGP, pero imposible poner en ejecución con cualquier otro protocolo de ruteo.

Usos de EGP – Clientes Multihome



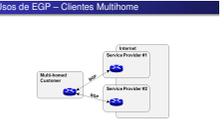
Notas:

2021-11-04 EGP BGP Usos de EGP – Clientes Multihome



La figura muestra una red de cliente conectada con dos ISPs que requiere el uso del BGP para una redundancia completa. El cliente debe tener su número de AS. El cliente es responsable de anunciar sus propias redes del IP a ambos ISPs. Ambos ISPs remiten todas las rutas recibidas de Internet a la red del cliente. El cliente debe evitar el pasaje de cualquier información de ruteo que recibió de una ISP a la otra. Caso contrario, el cliente será red de paso entre los dos ISPs. La redundancia completa se alcanza en esta disposición. Si uno de los dos enlaces de acceso falla, la información de las rutas transmitidas por el enlace que falló será descartada. Pero esa información se anuncia sobre el enlace restante. De manera que Internet verá todas las redes dentro del Sistema Autónomo del cliente como accesibles, pero solamente sobre el enlace restante.

2021-11-04 EGP BGP Usos de EGP – Clientes Multihome



También, las rutas recibidas de Internet serán retiradas cuando el enlace falle, pero las rutas recibidas sobre el enlace restante no se verán afectadas. De manera que Internet junto con el ISP sobre el cual el enlace falló aún será alcanzable a través del otro enlace. Otros problemas también son solucionados con esta configuración. Un caso donde están disponibles ambos enlaces, pero la conexión entre un ISP e Internet se pierde, funciona de esta manera: El ISP, que tiene el problema para alcanzar el resto del Internet, descarta todas esas rutas y pasa este upgrade al SA del cliente. Pero las redes locales del ISP con el problema siguen siendo accesibles. Esas rutas no se descartan. Las redes en el SA del cliente son alcanzadas por el ISP con problemas y ese ISP ya no puede forwardear el upgrade al resto de Internet. El resto del Internet, sin embargo, considerará las redes del cliente accesibles sobre el enlace del otro ISP.

Notas:

BGP

Tráfico entre ASs

AS 1 announce accept AS 2 announce accept

packet flow routing flow packet flow

- AS 1 se anuncia a AS 2
- AS 2 acepta
- AS 2 se anuncia a AS 1
- AS 1 acepta

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 24 / 65

BGP

Tráfico vs. Ruteo

- ✓ El tráfico fluye en dirección opuesta al ruteo
- ✓ La información de filtrado saliente inhibe el flujo de tráfico entrante
- ✓ La información de filtrado entrante inhibe el flujo de tráfico saliente

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 25 / 65

Notas:

BGP

Múltiples ASs

```
graph LR; AS1((AS 1  
N1)) --- AS8((AS 8)); AS1 --- AS34((AS 34)); AS8 --- AS34; AS8 --- AS16((AS 16  
N16)); AS34 --- AS16;
```

- Para que N1 pueda enviar tráfico a N16:
 - AS16 debe anunciar N16 a AS8
 - AS8 debe aceptar N 16 de AS 16
 - AS8 debe anunciar N 16 a AS1 o AS34
 - AS1 debe aceptar N16 de AS 8 o AS 34
- Para un flujo bidireccional lo mismo debe existir para N 16

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 26 / 65

BGP

BGP – RFCs – Noviembre 2021

- ✓ Active Internet-Drafts (28 hits)
- ✓ RFCs (98 hits)
 - RFC 1163
Border Gateway Protocol (BGP) - 1990-06
 - RFC 9117
Revised Validation Procedure for BGP Flow Specifications 2021-08
- ✓ Related Internet-Drafts (51 hits)

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 27 / 65

Notas:

BGP

Características BGP

- ✓ Se encapsula en TCP – port 179
- ✓ Protocolo vectorial
- ✓ Update Incremental
- ✓ Los updates se almacenan temporariamente y luego se envían (cada 5 segundos para su par interno, cada 30 segundos para su par externo)
- ✓ BGP Interno y Externo
- ✓ Métrica múltiple (vector de ruta)
- ✓ Escala a redes de alta complejidad
- ✓ Keepalives periódicos para verificar conectividad de TCP

 Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 28 / 65

BGP

BGP – Operación

- ✓ Aprende múltiples rutas a través de interlocutores BGP externos e internos
- ✓ Elige la mejor ruta y la incorpora a la tabla de forwarding
- ✓ La envía a los BGP externos
- ✓ Las políticas influyen en la elección de la mejor ruta

 Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 29 / 65

Notas:

BGP

eBGP vs. iBGP

- ✓ iBGP – uso interno
- ✓ eBGP – uso externo
- ✓ iBGP
 - Actualiza información
 - Transporta prefijos del ISP
- ✓ eBGP
 - Intercambia rutas con otros Ases
 - Implementa políticas

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 30 / 65

BGP

eBGP

AS 100 AS 101 AS 102

- DMZ: Demarcation Zone
- Red compartida entre ASes
- Peers
- Directamente conectados
- Sin mediar IGP

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 31 / 65

Notas:

BGP

BGP – Algoritmo

- ✓ Vectorial:
 - El elemento decisivo es el valor de la métrica
 - Es insuficiente a la hora de eliminar los loops
 - Lento
- ✓ Si pensamos en "link state" también tenemos inconvenientes dado que el camino más corto no siempre va a resultar la mejor ruta
- ✓ Link State: broadcast en toda Internet de la base de datos de los enlaces
- ✓ Aún haciéndolo a nivel de AS la cantidad de ASs supera a los 200 recomendados del área de OSPF
- ✓ Estaríamos haciendo caso omiso de las cuestiones que llevaron a crear las áreas en OSPF


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 32 / 65

BGP

Path Vectors

- ✓ Cada ruta (path) incluye los AS atravesados entre el origen y el destino
- ✓ Al recibirse una ruta el router externo detecta inmediatamente el loop al observar que su AS ya existe en ella
- ✓ Caso contrario agrega la identificación local en la ruta antes de propagarlo
- ✓ BGP intercambia paths entre AS
- ✓ Los paths quedan descriptos por sus atributos: (básicamente)
 - Lista de AS atravesados
 - Lista de redes alcanzables
 - La presencia de atributos facilita la elección del mejor camino porque permite incorporar múltiples métricas
- ✓ Presenta la desventaja de aumentar el tamaño de los mensajes de ruteo y la memoria requerida para ejecutar el algoritmo
- ✓ Se demuestra que la memoria requerida es proporcional al número de redes, al de AS y su logaritmo


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 33 / 65

Notas:

BGP

BGP – Atributos

- ✓ Las métricas de BGP
- ✓ Bien conocidos y opcionales
- ✓ Los bien conocidos obligatorio su soporte
- ✓ Opcionales no es necesario


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 34 / 65

BGP

Atributos bien conocidos

- ✓ Mandatorios vs discretionales
- ✓ Mandatorios
 - Presentes en todos los mensajes de update
- ✓ Discretionales
 - Pueden estar presentes en los mensajes de update
- ✓ Todos los atributos bien conocidos se propagan a los otros vecinos


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 35 / 65

Notas:

BGP

Atributos bien conocidos mandatorios

- ✓ Origen
 - Especifica el origen de una ruta BGP
 - IGP: Ruta originada en un IGP
 - EGP: Ruta originada en un EGP
 - Desconocida: La ruta fue redistribuida en BGP

- ✓ AS_Path
 - Secuencia de ASs a través de la cual se alcanza una red

- ✓ Next_Hop
 - Dirección IP de próximo Router



FACULTAD DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP)EGP4 de noviembre de 202136 / 65

BGP

Atributos bien conocidos discretionales

- ✓ Local preference
 - Hace consistente las políticas de ruteo dentro del AS

- ✓ Atomic aggregate
 - Avisa al vecino que el router originador sumalizó rutas



FACULTAD DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP)EGP4 de noviembre de 202137 / 65

Notas:

BGP

Atributos Opcionales

- ✓ Transitivos
 - Propagados a los vecinos si no se los reconoce
 - Aggregator
 - Especifica la dirección IP y el número de AS del router que hizo la agregación de rutas
- ✓ No Transitivos
 - Se descartan si no se los reconoce
 - Multi_Exit_Disc
 - Discrimina entre múltiples entradas a un AS

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 38 / 65

BGP

Atributos del Path

O	T	P	E	0000	Type Code
---	---	---	---	------	-----------

O=1, opcional; 0, bien conocido

T=1, transitivo; 0, local

P=1, información parcial. El atributo no fue reconocido

E=0, longitud del atributo en 1 byte; 1 en 2 bytes

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 39 / 65

Notas:

BGP

Next Hop

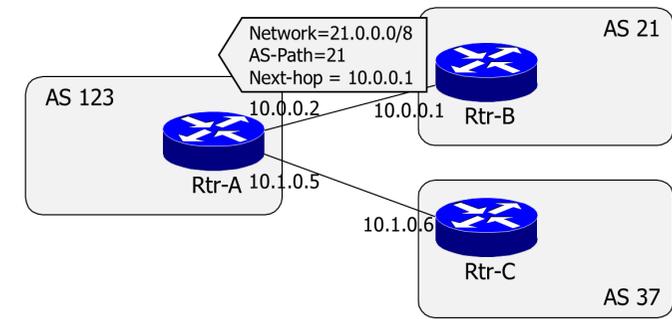
- ✓ Indica la dirección IP del próximo salto
- ✓ Generalmente es la dirección IP del router BGP que lo envía
- ✓ Puede ser la dirección IP de un tercero para optimizar el ruteo



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 44 / 65

BGP

Next Hop



Network=21.0.0.0/8
AS-Path=21
Next-hop = 10.0.0.1

AS 123 Rtr-A 10.1.0.5

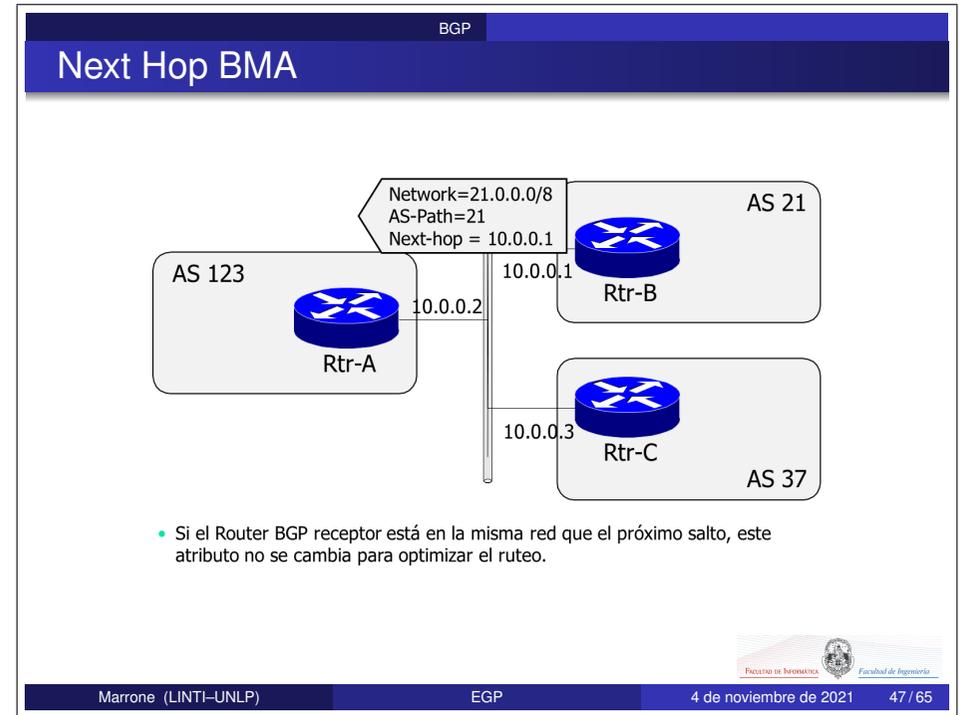
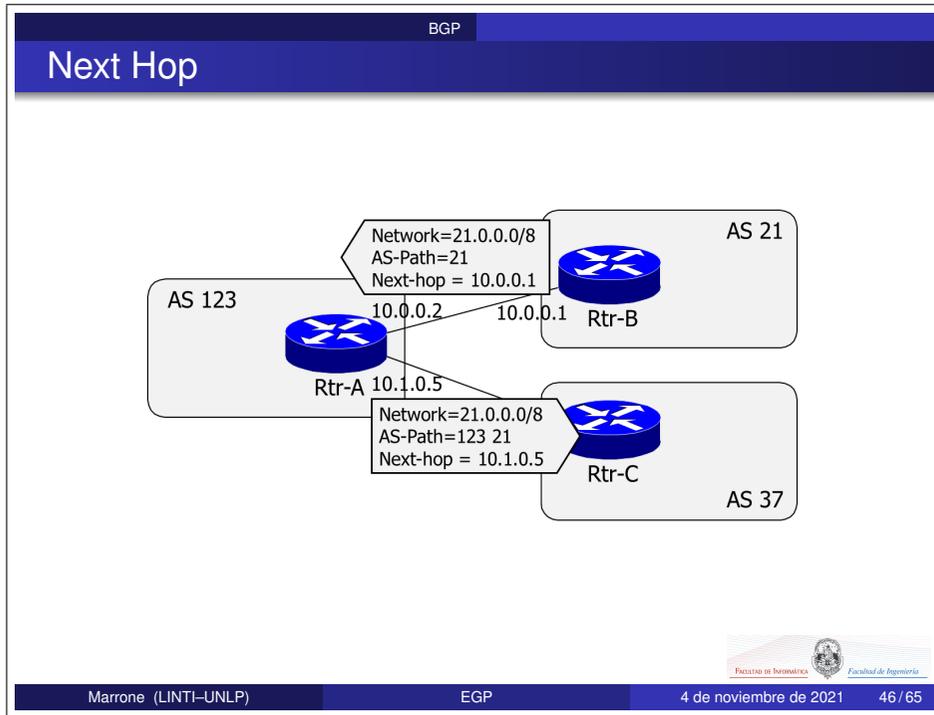
AS 21 Rtr-B 10.0.0.1

AS 37 Rtr-C 10.1.0.6



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 45 / 65

Notas:



Notas:

BGP

Criterios de selección de ruta

- ✓ Descartar rutas con next-hop inaccesible
- ✓ Preferir el mayor "weight"
- ✓ La ruta con preferencia local mayor
- ✓ Rutas originadas por el router
- ✓ As paths más cortos
- ✓ El menor código de origen (IGP ; EGP ; Unknown)
- ✓ El menor MED
- ✓ Caminos externos (EBGP) frente a internos (IBGP)
- ✓ Para caminos iBGP, el camino a través del vecino IGP más cercano
- ✓ Para caminos eBGP, el camino más estable (el de mayor antigüedad)
- ✓ Adoptar rutas del router con el menor BGP ID



Marrone (LINTI-UNLP)

EGP

4 de noviembre de 2021

54 / 65

iBGP

Sesiones

- ✓ Una sesión BGP por cada par de routers
 - Por la regla que impide propagar por IBGP lo aprendido por IBGP (para evitar loops)
- ✓ No escala
- ✓ Alternativas:
 - Route reflectors (RR)
 - Confederaciones



Marrone (LINTI-UNLP)

EGP

4 de noviembre de 2021

56 / 65

Notas:

Sincronización

- B intenta alcanzar la red 128.10.0.0 via C
- C dropea los paquetes ya que no conoce una ruta a la 128.10.0.0
- El AS 1 recibe un anuncio al cual jamás podrá llegar

AS 10 (de tránsito)

AS 2 128.10.0.0/24

AS 1 128.10.0.0/24

Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 57 / 65

Sincronización(Activada)

- B no anuncia la red al AS 1 hasta no conocerla por IGP
- C debe conocer una ruta a la 128.10.0.0 via IGP - > se debe redistribuir la red aprendida por BGP en IGP en el router A

AS 10 (de tránsito)

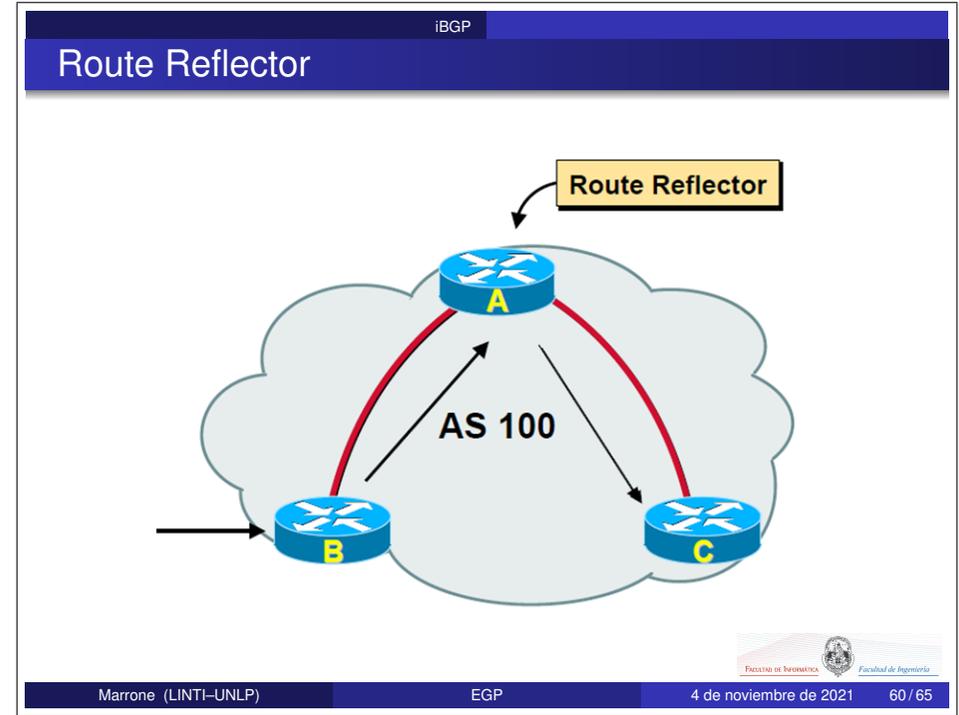
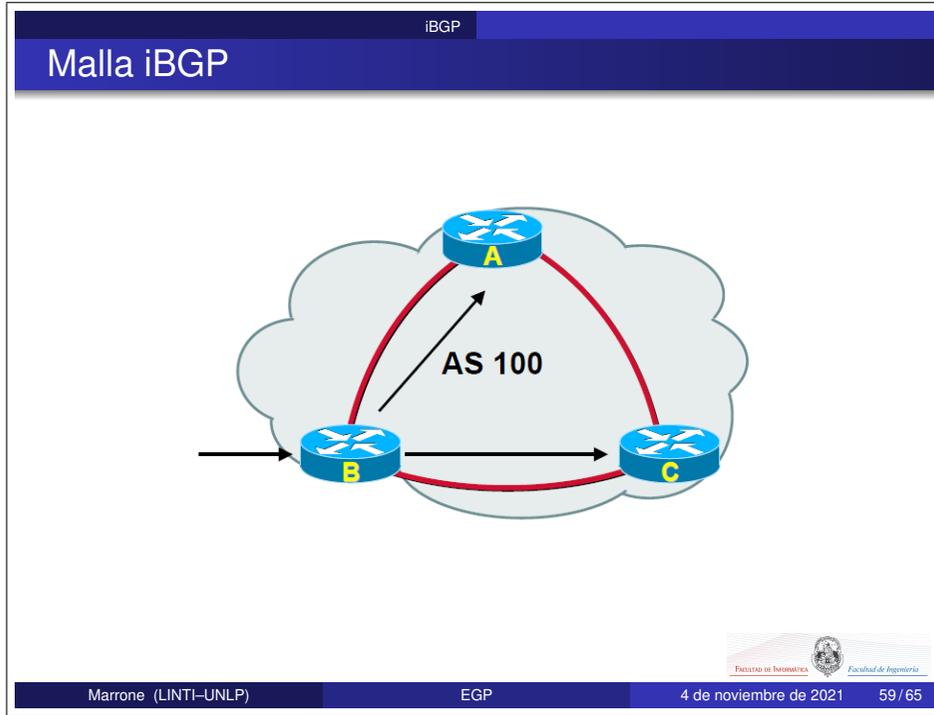
AS 2 128.10.0.0/24

AS 1 128.10.0.0/24

Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 58 / 65

Notas:



Notas:

iBGP

Route Reflector – Ventajas

- ✓ Evita el mesh iBGP
- ✓ Normalmente no altera el forwarding de los Paquetes
- ✓ Pueden coexistir BGP peers normales
- ✓ Pueden configurarse múltiples RR por Redundancia
- ✓ Puede haber una jerarquía de RR (varios niveles)
- ✓ Es fácil migrar de mesh a RR


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 61 / 65

iBGP

Confederaciones

- ✓ Divide el AS entre sub-ASes
- ✓ eBGP entre sub-ASes, pero mantiene iBGP
- ✓ Mantiene el NEXT_HOP a través de los sub-AS (IGP)
- ✓ Mantiene LOCAL_PREF
- ✓ Un único IGP
- ✓ RFC 3065 – 5065


Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 62 / 65

Notas:

iBGP

Confederaciones

The diagram illustrates an iBGP Confederation (Confederación 100) within a cloud. It consists of three sub-ASes: Sub-AS 65001, Sub-AS 65002, and Sub-AS 65003. Each sub-AS is represented by a cloud and contains a router (A, B, and C respectively). The routers are interconnected in a triangular mesh. Red lightning bolts indicate external connections to other networks. The text 'Confederación 100' is centered below the routers.

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 63 / 65

iBGP

Confederaciones – Ventajas

- ✓ Soluciona y escala el problema de iBGP full-mesh
- ✓ Puede ser usado conjuntamente con Route Reflectors
- ✓ Admite la aplicación de políticas para rutear tráfico entre los distintos sub-ASs

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 64 / 65

Notas:

iBGP

 BY NC SA 


**Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Esta obra está sujeta a la licencia Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) de Creative Commons.

Para detalle de esta licencia visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Marrone (LINTI-UNLP) EGP 4 de noviembre de 2021 65 / 65

Notas:
