lacnic 26
lacnog`16
26/30 setiembre
san josé, costa rica

RPKI – Resource Public Key Infrastructure
Validación de Origen en BGP

Guillermo Cicileo
guillermo@lacnic.net

Gerardo Rada
gerardo@lacnic.net

RPKI

- Define una infraestructura de clave pública especializada para ser aplicada al enrutamiento
  - En particular, para BGP
- Los poseedores de recursos, pueden obtener un certificado digital para sus recursos
  - Prueba verificable de su posesión
- Los ISPs u organizaciones pueden definir y firmar los anuncios de rutas que autorizan realizar
- Es un gran paso hacia un enrutamiento más seguro
- Intenta prevenir los secuestros de rutas (route hijacking)

RPKI – Resource Public Key Infrastructure

SECUESTRO DE RUTAS

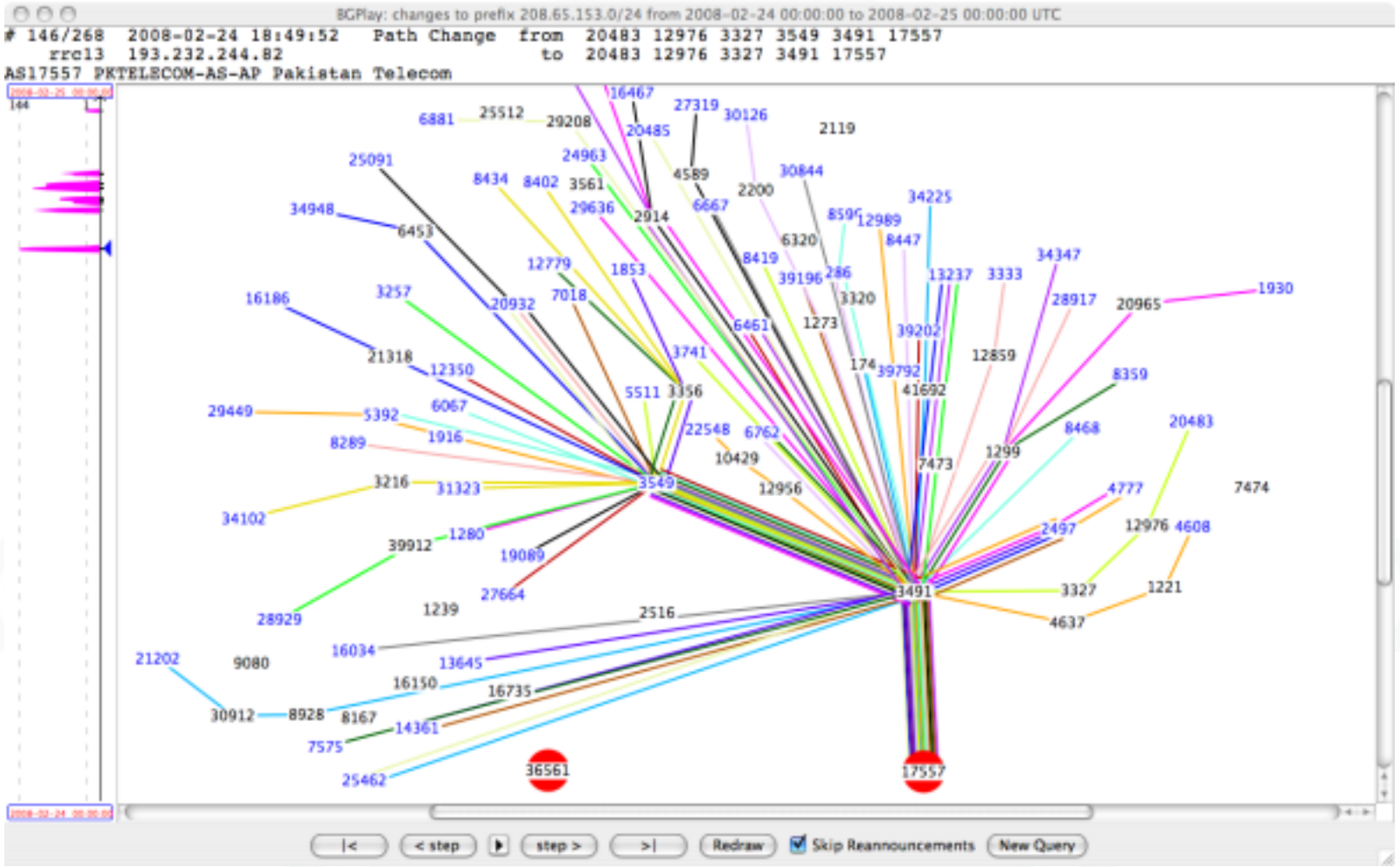
Secuestro de rutas

- Cuando un participante en el routing en Internet anuncia un prefijo que no esta autorizado a anunciar se produce un "*secuestro de ruta*" (*route hijacking)*
- Malicioso o causado por error operacionales
- Casos más conocidos:
  - Pakistan Telecom vs. You Tube (2008)
  - China Telecom (2010)
  - Google en Europa del este (varios AS, 2010)
  - **Casos en nuestra región (enero/febrero de 2011)**

Pakistan Telecom vs. YouTube

- El Domingo 24 de Febrero de 2008 Pakistan Telecom (AS 17557) anunció el prefijo 208.65.153.0/24 sin autorización
- El upstream provider PCCW Global (AS3491) reenvió este anuncio al resto de Internet, resultando en que YouTube quedó inaccesible
- Análisis detallado (por RIPE NCC): http://www.ripe.net/internet-coordination/news/industry-developments/youtube-hijacking-a-ripe-ncc-ris-case-study
- Video en YouTube sobre el evento: http://www.youtube.com/watch?v=IzLPKuAOe50

Pakistan Telecom vs. YouTube



Secuestro de rutas

- La mayoría de los secuestros de rutas ocurridos hasta ahora han sido redirecciones de tráfico
  - El problema es detectado por inaccesibilidad del sitio original (ej: caso YouTube)
- Eventualmente publicación temporal de prefijos para hacer spamming
- Sin embargo, en un trabajo de 2008, presentado en DEFCON 16, Pilosov-Kapela demuestran la posibilidad de re-enrutar tráfico sin prácticamente dejar evidencias
  - De esa manera, el tráfico puede ser analizado y procesado sin ser notado

China Telecom (2010)

- En abril de 2010, AS23724 operado por China Telecom propagó rutas erróneas durante 15 minutos:
  - De un promedio de 40 prefijos pasó a 37.000 anuncios de prefijos no asignados a ellos
  - Muchos sitios populares fueron afectados, como dell.com, cnn.com, www.amazon.de , www.rapidshare.com y www.geocities.jp, además de muchos sitios chinos
  - También sitios .mil y .gov como el Senado, ejército, marina, fuerza aérea y otros de los EEUU
- http://www.bgpmon.net/chinese-isp-hijacked-10-of-the-internet/
- http://www.bgpmon.net/chinese-bgp-hijack-putting-things-in-perspective/

¿Quién puede usar un recurso?

- Un ISP al obtener recursos de Internet (IPv6/IPv4/ASN)
  - Indica a su upstream/peers cuales son los prefijos que va a anunciar
  - Vía e-mail, formas web, IRR (Internet Routing Registry)
- Proveedores/peers verifican derecho de uso del recurso y configuran filtros
  - Whois RIRs: Información no firmada, no utilizable directamente para ruteo
  - Whois IRR: Información no firmada, pocos mecanismos para autentificación de derecho de uso
- La verificación no siempre es todo lo meticulosa que debería ser
- La integridad del sistema depende de la **confianza entre peers**

RPKI

- Que solución propone RPKI?
- Validar el AS que origina una ruta
  - Sólo quien tiene delegados los prefijos podrá originar una ruta anunciándolos
- De esta forma, los ejemplos que vimos no podrían ocurrir
- No previene otro tipo de ataques no relacionados al AS de origen de una ruta
  - Ej: AS simulando dar tránsito a un AS y rutas válidas

Validación de recursos

RPKI

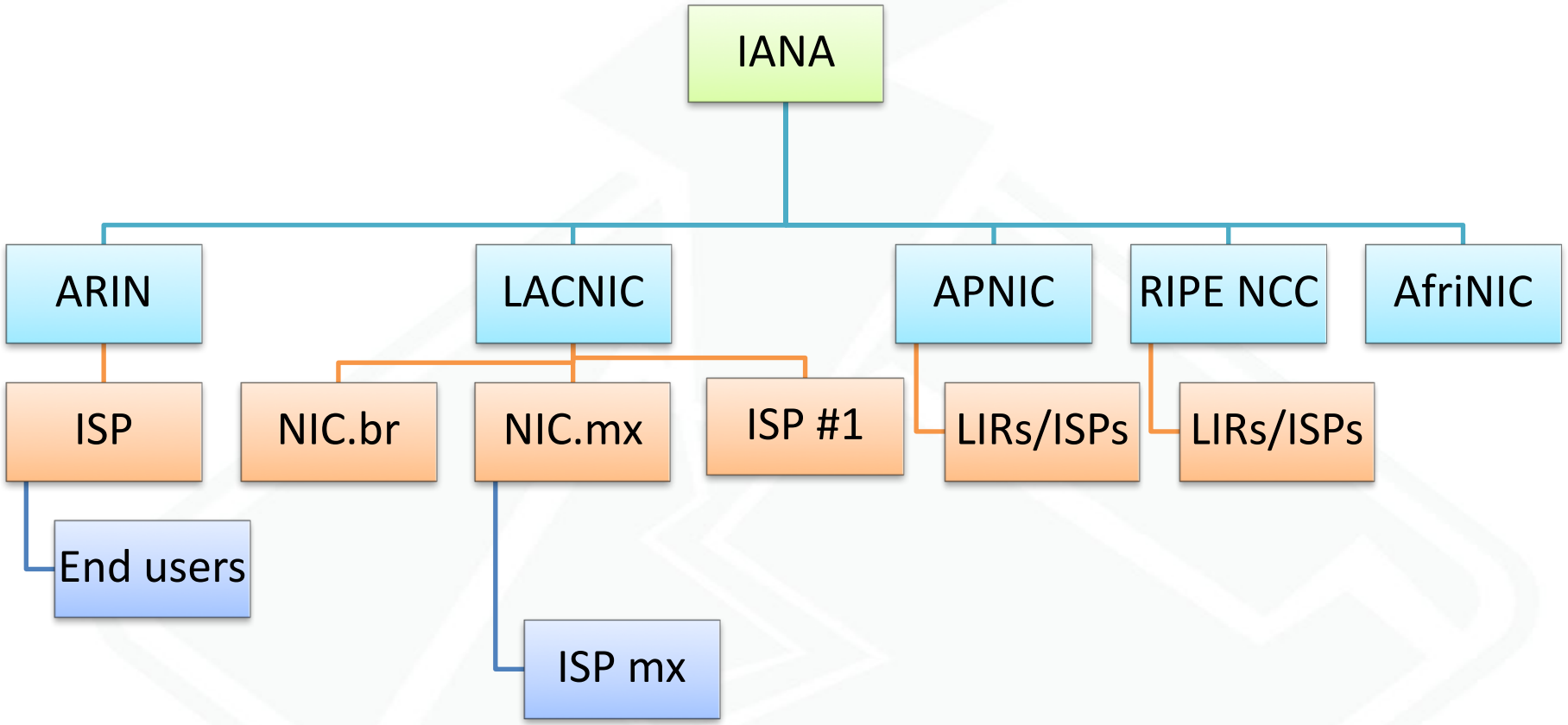
¿Qué es RPKI?

- RPKI (Resource Public Key Infrastructure) permite la validación del derecho de una organización a usar un recurso determinado (IPv4, IPv6, ASN)
- RPKI combina la jerarquía del modelo de asignación de recursos de Internet a través de los RIRs con el uso de certificados digitales basados en el estándar X.509
- RPKI es estandarizado en el IETF a través del grupo de trabajo SIDR, el cual ha producido los RFCs 6480 – 6492
- Gran trabajo de los RIRs en la implementación

¿Qué compone la solución RPKI?

- Public Key Infrastructure de recursos (IP+ASN+certificados)
- Objetos firmados digitalmente para soportar seguridad del enrutamiento (ROAs)
- Un repositorio distribuido que almacena los objetos PKI y los objetos de enrutamiento firmados (ROAs+CRL+MNF)

¿Cómo se administran los recursos de Internet?



- Cada RIR es una fuente autoritativa de información sobre la relación "usuario" <-> "recurso"
- Cada RIR opera su base de datos de registro
- Los miembros y RIRs firman Acuerdos de Servicio entre ellos

Infraestructura de PK de recursos

- Resource Public Key Infraestructure
  - Objetivo: poder certificar la autorización a utilizar un cierto recurso de Internet
  - Mecanismo propuesto
    - Uso de certificados X.509 v3
    - Uso de extensiones RFC 3779 que permiten representar recursos de Internet (direcciones v4/v6, ASNs)
    - Mecanismo de **validación de prefijos**

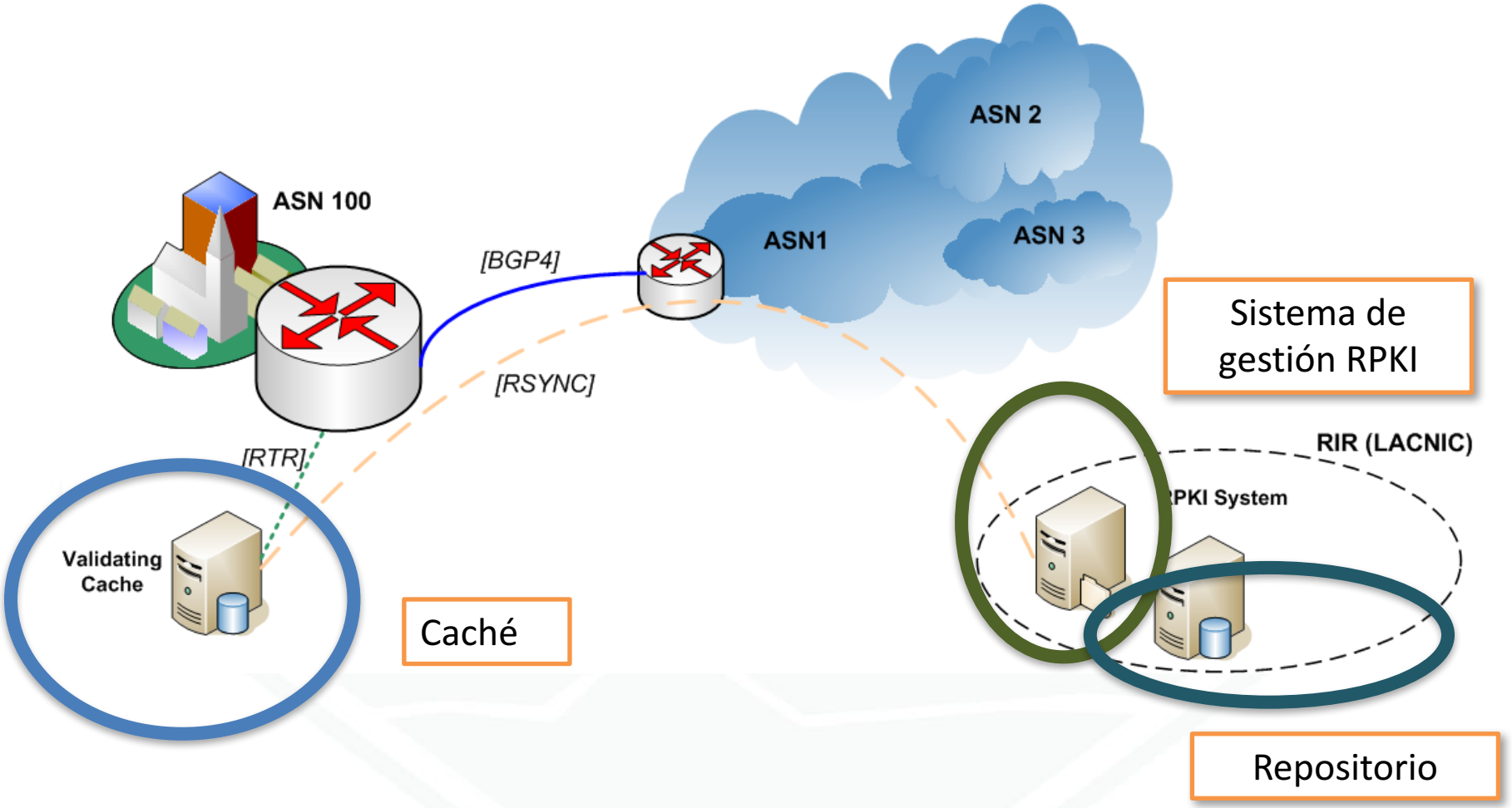
RPKI

- Metodología automatizada que permita validar la autoridad asociada a un anuncio de una ruta “**origen de una ruta**”
- El emisor de la información de ruta "**firma**" la información de “AS de origen”
- Para validar certificados e información de enrutamiento se utilizan:
  - Las propiedades del cifrado de clave pública (certificados)
  - Las propiedades de los bloques CIDR
- Se impide entonces que terceros falsifiquen la información de enrutamiento o las firmas

RPKI

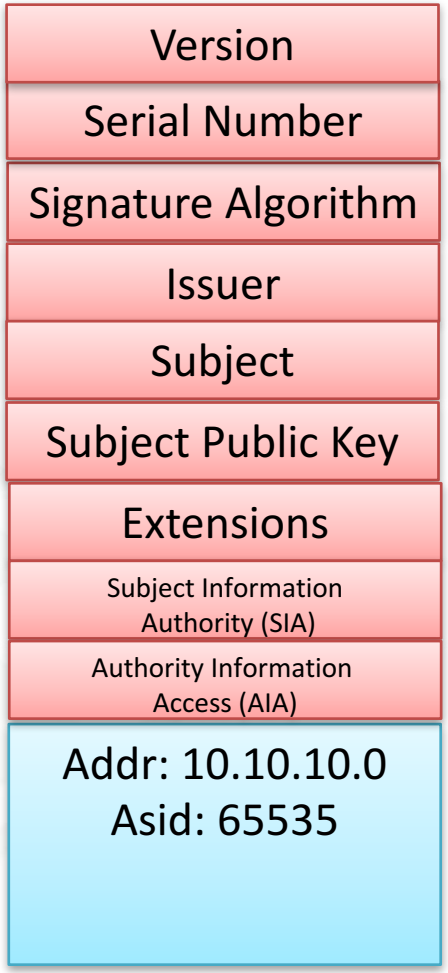
- Todos los objetos firmados de RPKI se listan en repositorios públicos
- Luego de ser verificados, estos objetos pueden ser usados para configurar filtros en los routers
- Proceso de validación
  - Los objetos firmados tienen referencias al certificado usado para firmarlos
  - Cada certificado tiene un puntero a un certificado de un nivel superior
  - Los recursos listados en un certificado DEBEN ser subconjuntos válidos de los recursos listados en el certificado padre
  - De esta forma se puede seguir una cadena de confianza hasta un "trust anchor" tanto criptográficamente como en términos de CIDR

Modelo RPKI


ASN 100
[BGP4]
ASN 2
ASN1
ASN 3
[RSYNC]
[RTR]
Validating Cache
Caché
Sistema de gestión RPKI
RIR (LACNIC)
RPKI System
Repositorio

Certificados de recursos

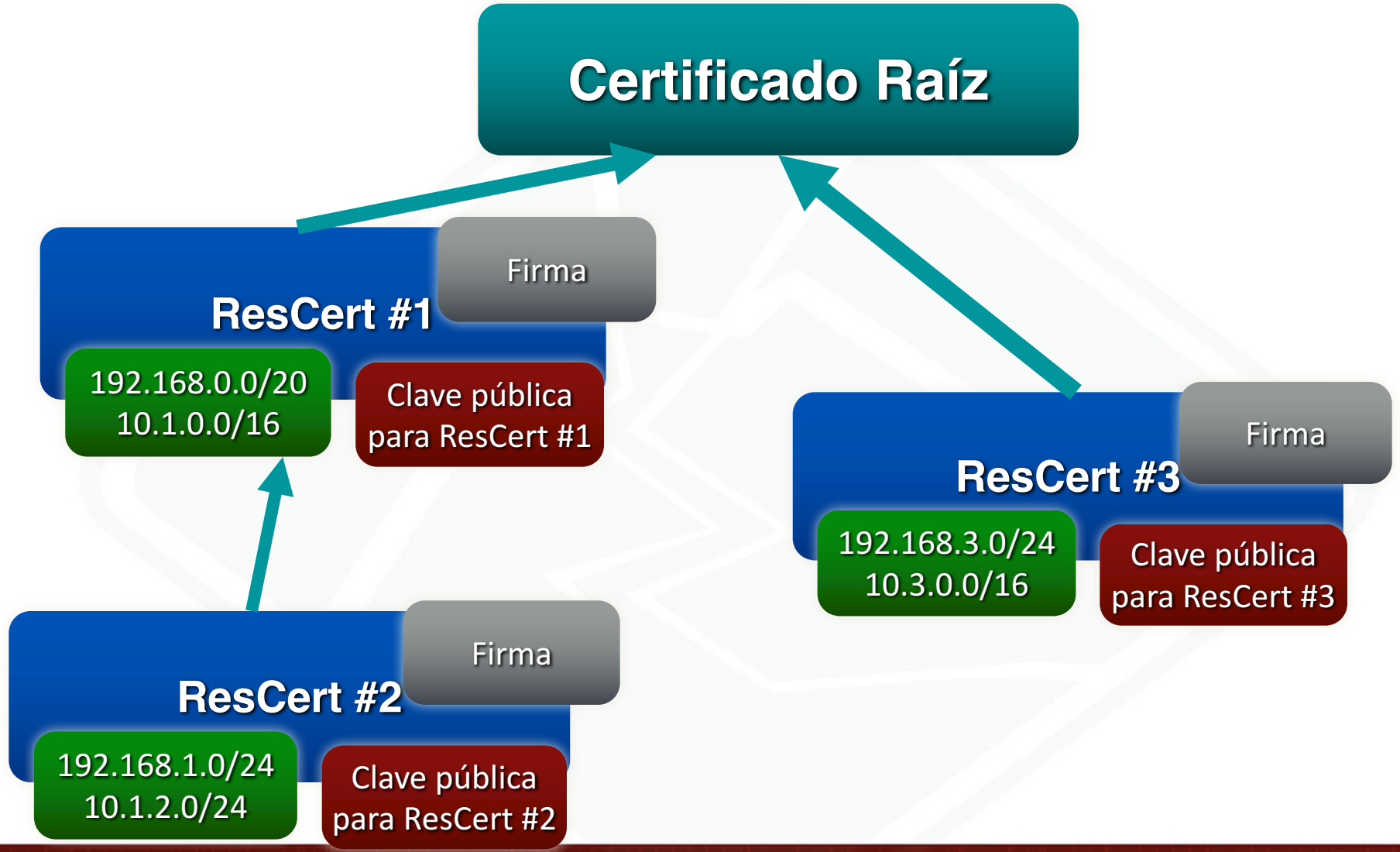
- Certificados Digitales X.509
  - Información del sujeto, plazo de validez, llave publica, etc
- Con extensión:
  - RFC 3779 estándar IETF define extensión para recursos internet.
- Listado de IPv4, IPv6, ASN asignados a una organización



Certificados de Recursos

No se almacena ninguna identidad en el certificado, el campo “Sujeto” se setea a una cadena de caracteres hasheada

PKI de Recursos



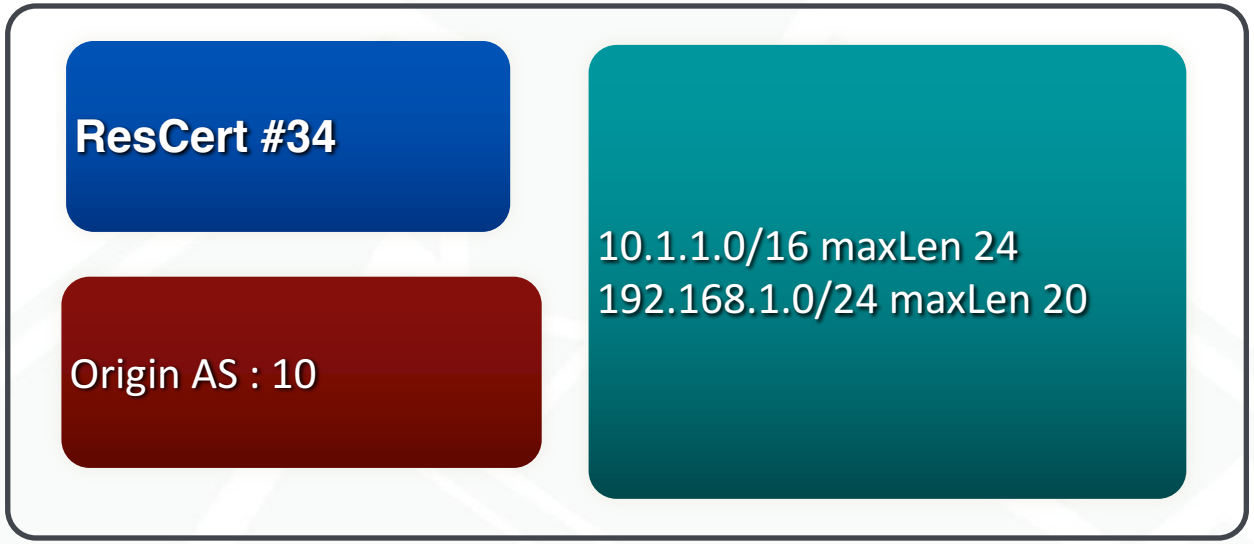
ROAs

- Usando certificados podemos crear objetos que describan el origen de un prefijo

- ROAs: Routing Origin Authorization
  - Los ROAs contienen información sobre el AS de origen permitido para un conjunto de prefijos
  - Los ROAs son firmados usando los certificados generados por RPKI
  - Los ROAs firmados son copiados al repositorio

ROAs (ii)

ROA: route origin authorization



Un ROA es una sentencia sobre ruteo:

"El prefijo 10.1.1.0/16, desagregado hasta /24s, será anunciado desde el AS 10"

Los ROAs son **firmados** usando la clave del certificado de recursos incluido

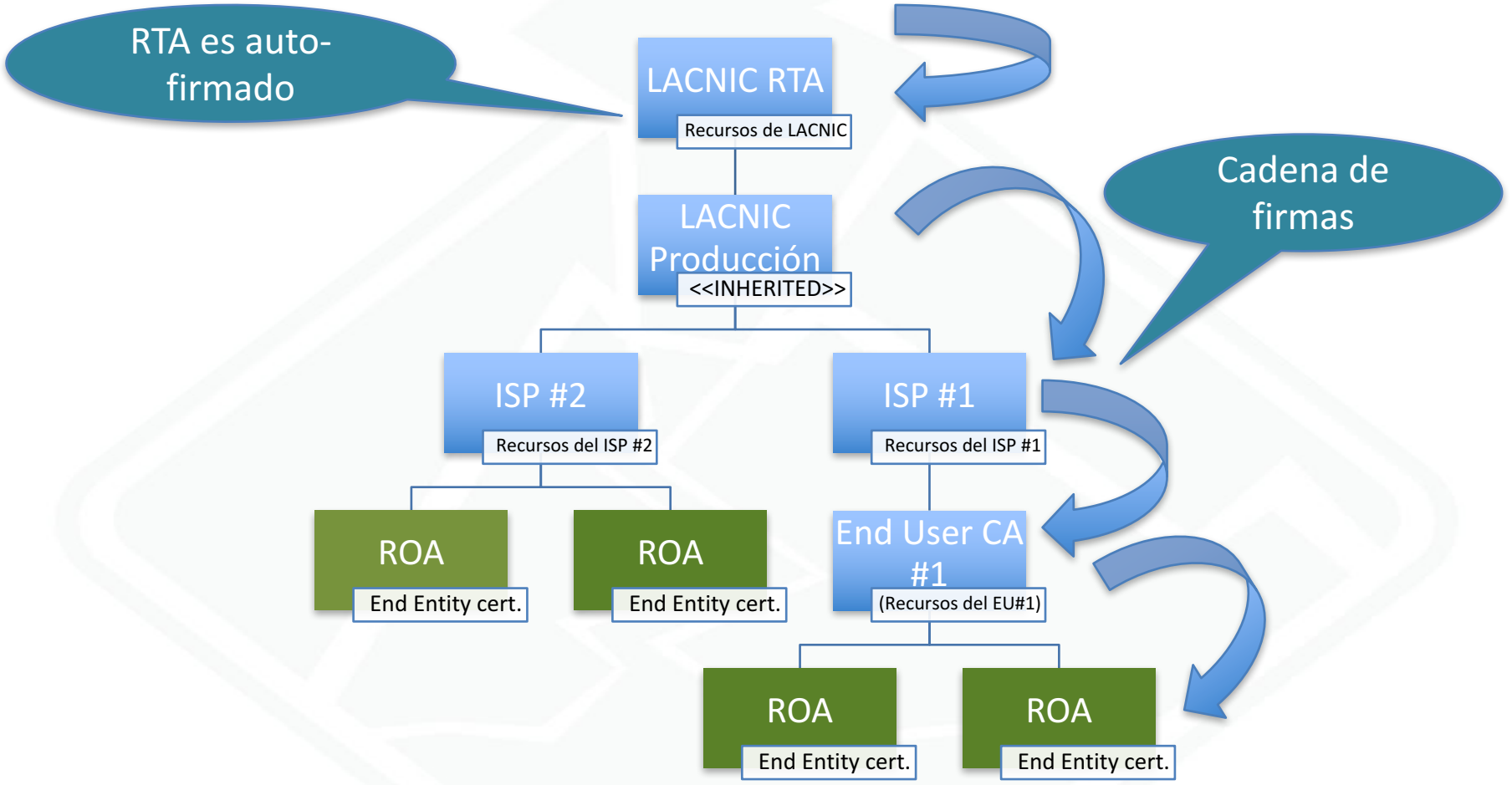
ROAs (iii)

- Un ROA simplificado contiene la siguiente información:

Prefix	MaxLen	Origin AS	Valid Since	Valid Until
200.40.0.0/17	20	6057	2013-01-02	2013-12-31
200.3.12.0/22	24	28000	2013-01-02	2014-12-31

- Este ROA establece que:
  - ”El prefijo 200.40.0.0/17 será originado por el ASN 6057 y podría ser desagregado hasta un /20" ”Esto es válido desde el 2 de Enero de 2013 hasta el 31 de Diciembre de 2013"
- Otro contenido del ROA:
  - Los ROAs contienen material criptográfico que permite la validación del contenido del ROA

Estructura de la RPKI de LACNIC



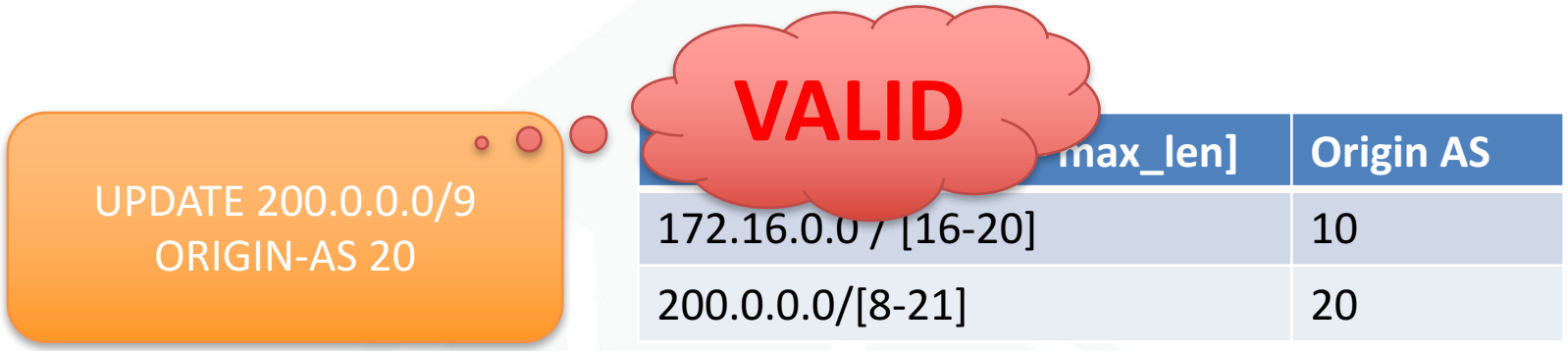
Estructura de la RPKI LACNIC (ii)

- CAs
  - Entidad emisora de certificados (bit CA=1)
    - ISPs pueden usar este certificado para firmar certificados de sus clientes
- Repositorio
  - Repositorio de certificados, CRLs y manifiestos
  - Accesible via “rsync”
- Interfaz de gestión
  - Interfaz web de usuario para aquellos que prefieran el modo “hosted”

Validación de Origen

- Los routers arman una base de datos con la información que reciben de los caches
- Esta tabla contiene
  - Prefix, Min length, Max length, Origin-AS
- Aplicando un conjunto de reglas, se asigna un estado de validez a cada UPDATE de BGP
- Los operadores de red pueden usar el atributo “validez” para construir políticas de ruteo
- El estado de validez puede ser:
  - Válido: El AS de origen y el Largo Máximo coinciden con la información del ROA
  - Inválido: La información del ROA no coincide
  - No encontrado: No hay un ROA para el prefijo dado

Validación de Origen



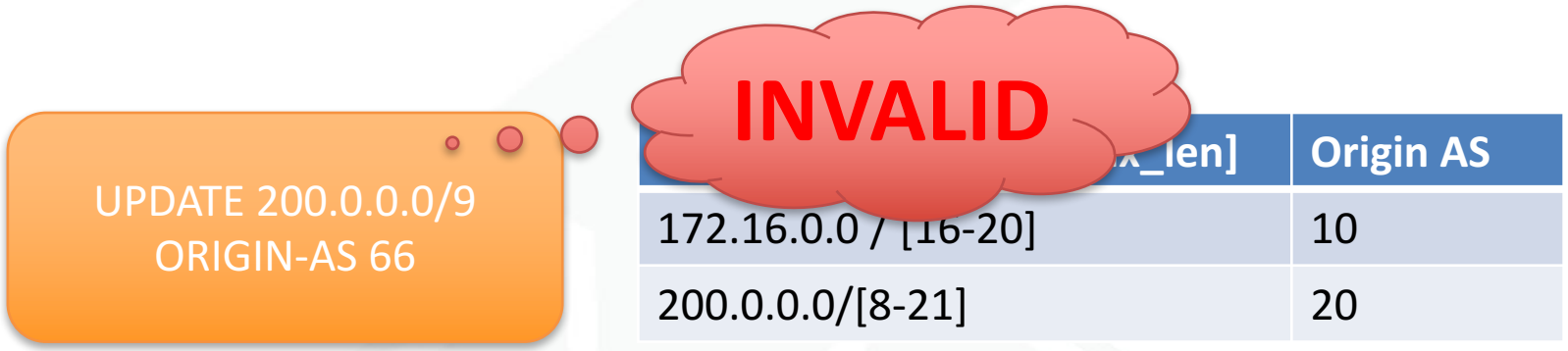
- Si el prefijo del UPDATE no está cubierto por ninguna entrada en la BD -> "**not found**"
- Si el prefijo del UPDATE está cubierto al menos por una entrada en la BD, y el AS de origen coincide con el AS en la BD -> "**valid**"
- Si el AS de origen no coincide -> "**invalid**"

Validación de Origen

[len]	Origin AS
172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el prefijo del UPDATE no está cubierto por ninguna entrada en la BD -> "**not found**"
- Si el prefijo del UPDATE está cubierto al menos por una entrada en la BD, y el AS de origen coincide con el AS en la BD -> "**valid**"
- Si el AS de origen no coincide -> "**invalid**"

Validación de Origen



[prefix/x_len]	Origin AS
172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el prefijo del UPDATE no está cubierto por ninguna entrada en la BD -> "**not found**"
- Si el prefijo del UPDATE está cubierto al menos por una entrada en la BD, y el AS de origen coincide con el AS en la BD -> "**valid**"
- Si el AS de origen no coincide -> "**invalid**"

Validación de Origen

NOT FOUND

	Origin AS
172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el prefijo del UPDATE no está cubierto por ninguna entrada en la BD -> "**not found**"
- Si el prefijo del UPDATE está cubierto al menos por una entrada en la BD, y el AS de origen coincide con el AS en la BD -> "**valid**"
- Si el AS de origen no coincide -> "**invalid**"

Políticas de Ruteo con Validación de Origen

- Usando el atributo de validez de BGP los operadores de red pueden construir políticas de ruteo
- Por ejemplo:
  - A las rutas con estado “valid” asignarles mayor preferencia que a las rutas con estado “not found”
  - Descartar rutas con estado “invalid”
- MUY IMPORTANTE: RPKI es una fuente de información! Los operadores son libres de usarla como les parezca mejor

Interacción con BGP

- El estado **{valid, invalid, not found}** de un prefijo puede hacerse pesar en la selección de rutas

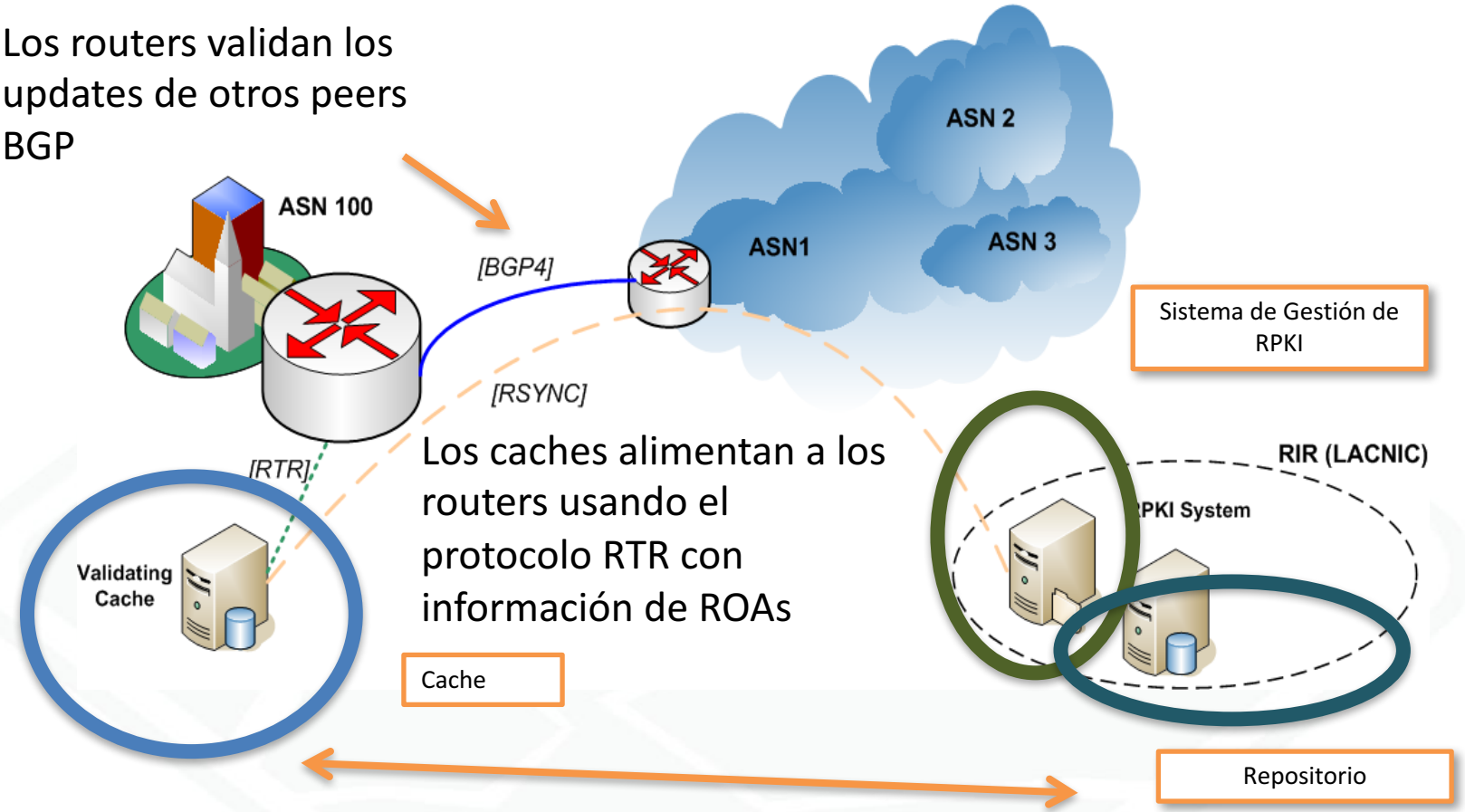
```
route-map rpki permit 10
match rpki invalid
set local-preference 50

route-map rpki permit 20
match rpki incomplete
set local-preference 100

route-map rpki permit 30
match rpki valid
set local-preference 200
```

RPKI en acción

Los routers validan los updates de otros peers BGP



Los caches traen y validan criptográficamente los certificados y ROAs de los repositorios

RPKI en acción (ii)

- El proceso de validación a nivel de la infraestructura de enrutamiento está dividido en dos
  - Validación de los ROAs como objetos firmados
    - Lo realiza el caché validador
  - Validación de la información recibida en los UPDATE de BGP
    - Lo realizan los “bgp speakers” de la red
- Existe un protocolo de comunicación entre caché y routers (RTR) que está definido en la RFC 6810

RPKI en funcionamiento (iii)

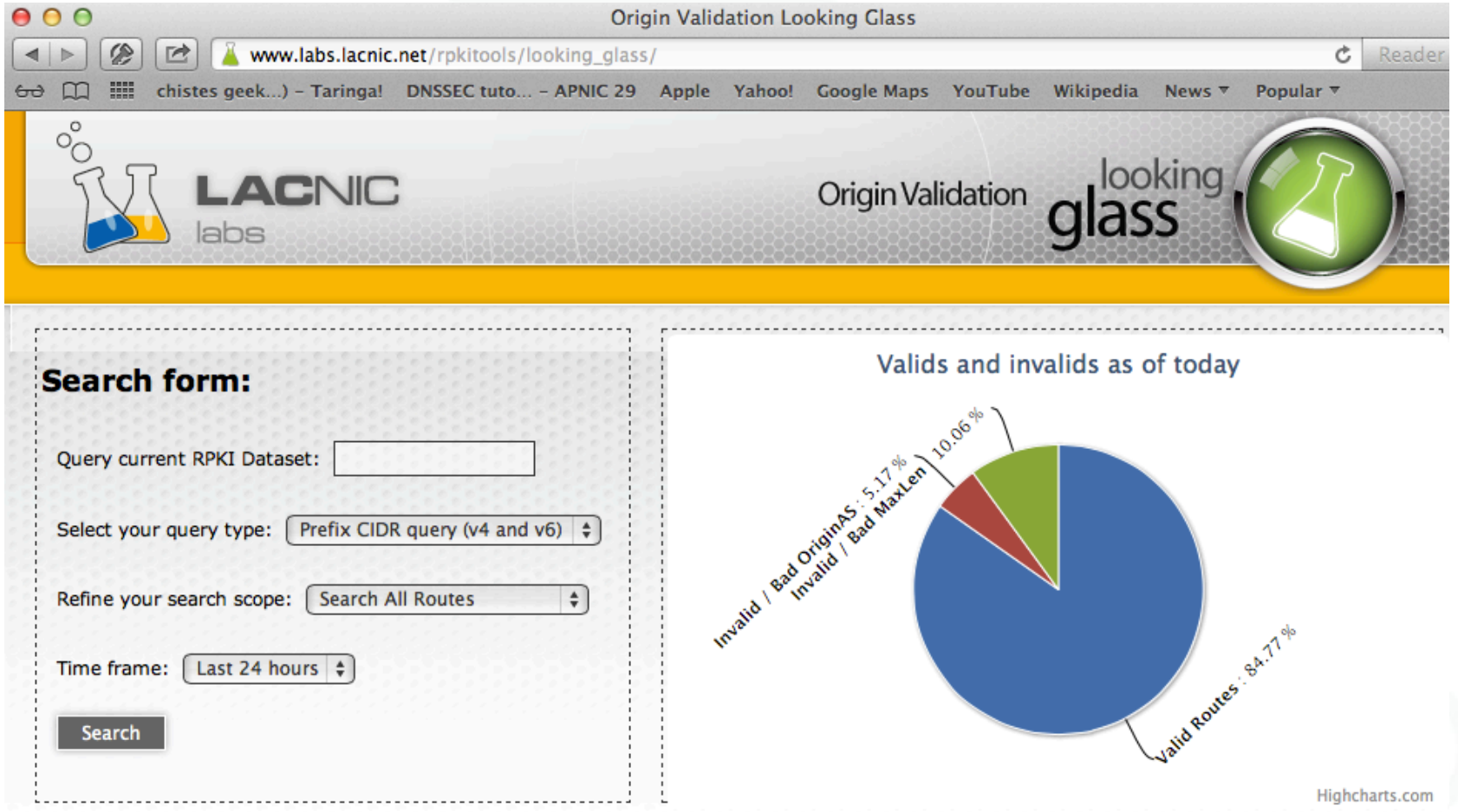
- En el caché
  - Se bajan por RSYNC los contenidos de los repositorios RPKI
  - Se validan los certificados y ROAs
    - Criptográficamente (cadena de firmas)
    - Inclusión correcta de recursos
- En los routers
  - Se construye una base de datos con la relación entre prefijos y AS de origen

Conclusiones

- El sistema de ruteo es una de las operaciones principales de Internet
- La seguridad de BGP depende mucho de la confianza mutua y de chequeos ad-hoc
- El sistema de ruteo aún es vulnerable a ataques y a configuraciones erróneas
- Los secuestros ocurren. Alguno de ustedes podrían ser la próxima víctima
- Se ha hecho algo de trabajo (RPKI, Origin Validation)
- Pero es necesario seguir trabajando
  - Especificación del protocolo
  - Despliegue (Filtrado, RPKI, Origin Validation)
- Los certificados de recursos y los ROAs son una herramienta para que quienes tienen recursos asignados señalicen intenciones de ruteo y la mayoría lo pueden empezar a hacer hoy mismo

Herramientas Disponibles

- LACNIC's Origin Validation Looking Glass
  - Permite visualizar y buscar el estado actual de prefijos válidos/inválidos en Internet de la misma forma que lo haría un router
- RIPE validating cache
  - http://www.ripe.net/lir-services/resource-management/certification/tools-and-resources
- Otros validadores
  - BBN, rcynic



Origin Validation LG

http://www.labs.lacnic.net/rpkitools/looking_glass

Links / Referencias

- LACNIC's RPKI System
  - http://rpki.lacnic.net
- LACNIC's RPKI Repository
  - rsync://repository.lacnic.net/rpki/
- To see the repository
  - rsync --list-only rsync://repository.lacnic.net/rpki/lacnic/
- RPKI Statistics
  - http://www.labs.lacnic.net/~rpki

lacnic 26
lacnog`16
26/30 setiembre
san josé, costa rica

Preguntas?

Muchas gracias…