Gestione di Reti

Federico Matteoni

A.A. 2019/20

Indice

Introduzione

Perché bisogna studiare la gestione? La situazione corrente comprende: un aumento delle risorse strategiche informative, le reti di computer che da strumento di supporto sono diventate elemento chiave delle organizzazioni, l'aumento esponenziale dei dispositivi interconnessi e aumento anche della complessità e delle funzionalità.
C'è quindi richiesta di servizi di rete permanenti e di qualità ottimale, oltre alla necessità di ridurre i costi per le infrastrutture di rete di un'azienda.

Necessità Gestione di reti eterogenee con l'aiuto dei computer.

Terminologia e concetti fondamentali

Managed Objects Il controllo, la coordinazione e il monitoraggio delle risorse avviene tramite la manipolazione dei cosiddetti **managed objects**: un MO è una visione astratta di una risorsa che presenta le proprietà dal punto di vista della gestione. Sono **rappresentazioni astratte di risorse reali**.
I confini di un MO specificano quali dettagli sono accessibili ai sistemi di monitoraggio e quali sono schermati (**black box**)

Management-System ↔ Managed Object ↔ Real Object

Caratteristiche

Attributi: descrivono lo stato/condizione dell'MO, possono cambiare quando cambia lo stato dell'oggetto reale e possono essere manipolati attraverso operazioni di management

Operazioni: consentono l'accesso all'MO. Operazioni tipiche sono get, set, create e delete, ma il numero e tipo delle operazioni influenzano perfomance e complessità dell'oggetto

Comportamento: determina la semantica e l'interazione con la risorsa reale. Normalmente definito in linguaggio naturale

Notifiche: quantità e tipologia dei messaggi, che possono essere generati da situazioni pre-definite da un MO quando avviene una specifica situazione

Management Information Base L'unione di tutti i MO contenuti in un sistema forma la MIB del sistema. La **Management Information Base** è la collezione di tutti i management object all'interno del sistema, con i loro attributi.
Una MIB deve essere conosciuta sia da chi la implementa che da chi la gestisce.

Modularità Gli MO di un sistema sono solitamente definiti in più MIB. Nelle MIB sono introdotti i moduli per consentire un design modulare: moduli diversi possono essere definiti da team diversi, le funzionalità di gestione possono essere estese e modificate...

Paradigma Gestore/Agente Agent

Implementa i MIB delle MO accedendo alle risorse reali

Riceve le richieste da un gestore, le processa e trasmette le risposte appropriate

Smista le notifica riguardanti cambiamenti di stato importanti nel MIB

Protegge gli MO da accessi non autorizzati usando regole di controllo degli accessi e autenticazione della comunicazione

Manager

Esercita il controllo delle funzioni

Avvia operazioni di gestione tramite opportune operazioni del protocollo per la manipolazione degli MO

Riceve messaggi dagli agenti e li inoltra alle applicazioni interessate per la gestione

Management Protocol Un protocollo di gestione implementa l'accesso a MO distanti attraverso la codifica di dati di gestione (management data)

0.1 lezione 2

Livello 2 consente di identificare un device sulla rete. In tutte le reti c'è la necessità di identificare la porta di rete. Ogni dispositivo ha almeno un'interfaccia di rete: loopback, che consente di far comunicare processi di rete sulla stessa macchina. `127.0.0.1` consente di parlare su stessa macchina senza trasmettere sul filo, fondamentalmente un cortocircuito.
`ifconfig` consente di vedere le interfacce di rete disponibili su unix.
Se si vuole gestire una rete è fondamentale la standardizzazione.

Output `ifconfig`. Parte degli indirizzi, no indirizzo hw su loopback perché il traffico non esce mai (loopback sulla pila OSI è nel livello 3 Network, il MAC address è sul livello 2 Data Link, che non viene toccato da loopback). Indirizzo MAC 6 byte divisi in blocchi dai due punti. I primi 3 identificano il costruttore della scheda di rete. I successivi tre identificano la scheda di rete per il costruttore, che lo setta univocamente. Ciò garantisce univocità. Per primo blocco di tre ho 16M di dispositivi possibili. I MAC address quindi **non sono univoci**, lo sono *probabilmente*. L'univocità è fondamentale sulla stessa rete. Quindi indirizzo hw identifica univocamente device sulla rete locale. divisi in due blocchi, il primo identifica costruttore della scheda di rete.

Qualsiasi dispositivo ha indirizzo hw diverso per ciascuna porta.

0.2 Ethernet

Ethernet è un cavo seriale, trasmissione e ricezione. Mezzo seriale. Un filo.
Quando si mandano dati non posso tutti insieme ma man mano. Non c'è collisione perché ricezione e trasmissione sono su due fili separati.
Pacchetti inviati nel tempo sul filo. Vengono distinti tra loro dal `preamble`. Pacchetti inviati in una direzione: preambolo, destinazione, sorgente, tipo dei dati, dati effettivi, padding (per rendere pacchetto di 64 se pacchetto è troppo corto), CRC.
Quindi per spedire pacchetto necessito di indirizzi (chi voglio e chi sono) e cosa mandare. chi sono lo so, è scritto nella scheda. Voglio conoscere indirizzo di chi voglio.
Alla connessione del cavo, se DHCP manda fuori pacchetto per richiesta quindi switch lo impara, se IP statico manda pacchetto ARP quindi switch lo impara.
MAC address randomizzato per privacy, spesso e volentieri sui dispositivi mobili.
Possibile più di un utente sulla stessa rete con soliti indirizzi, apparati avanzati se ne accorgono.

0.3 lezione 3

un pacchetto è interamente creato dal computer, quindi "non ci si può fidare"
Bisogna andare a livello fisico e autenticare, un po' come chiedere la carta d'identità. Metter in atto meccanismi che impediscano di inibire riconoscimento della sorgente.
802.1x permette di entrare in rete. Se configurato, il device prima di entrare in rete espone delle credenziali (utente, password, protocollo autenticazione...)
Da quel momento in poi **allegato** al pacchetto c'è il mio nome, ma le informazioni di autenticazione non fanno parte del pacchetto: pacchetti creati quando non c'era preoccupazione e interesse in fattori di sicurezza delle trasmissioni.
L'informazione non è parte del pacchetto ma lo riconosce in qualche altro modo il device e **rimane nel device** (Access Point). Ciò non serve per autenticazione fisica sul cavo: so che sei tu su questo cavo. Ma è necessaria per autenticazione su mezzi condivisi (wifi).
Su router MAC cambia ad ogni hop (ethernet comunicazione punto-punto), IP cambia solo se c'è NAT. Le parti da lv 3 in su non cambiano (a meno di frammentazioni...)
Robustezza delle reti si fa tramite la ridondanza. Tipico mettere più strade per spedire il traffico: load balancing.
Vale sia per corrente elettrica che per traffico di rete.

0.3.1 Aree funzionali

FCAPS per gestire **qualsiasi sistema**, da giochi a sistemi di rete. Non sono mutualmente indipendenti.

Fault Management: error detection, isolation and repair
Se qualcuno rileva malfunzionamento (riempito disco, ram, sovraccarico CPU...) lo deve notificare

Configuration Management: devo sapere com'è configurato il sistema. Leggere la configurazione è importante, così che le app si possano basare sulle API comuni e funzionare correttamente. Fondamentale capire la configurazione perché permette di definire l'amministrazione, servizi..., possibile riconoscere anche le adiacenze e "questo filo qui va su questa porta qua". che impatto ho se stacco questo cavo, o si rovina? Informazioni sufficenti per amministrare la rete

Account Management: rilevare il consumo di risorse

Performance Management: efficenze e statistiche, performance di sistema sia lato utente sia lato fornitore. Per l'utente è riuscire ad usare la rete, per l'operatore è il giusto compromesso tra investimento sul mezzo e contentezza utente.

Security Management: assicurarsi che ciò che uno fa è effettivamente possibile farlo, autoproteggendosi perché con le reti odierne posso intasare rete (volente o no) e quindi intasare internet, provocando danni

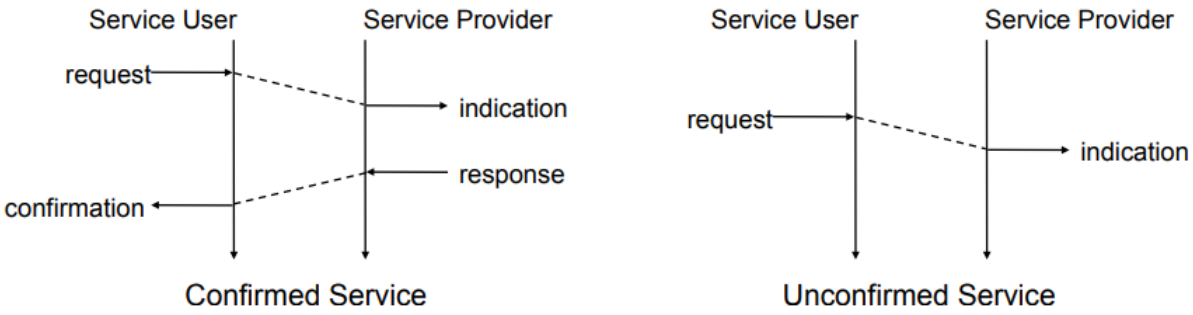
0.3.2 Interagire con management object

Primitive: get, set, create, delete
Quando faccio richiesta ad un protocollo mi aspetto una risposta: richiesta – risposta
Contenuto richieste varia durante il transito aggiungendo determinate informazioni. Es: SMS durante il transito aggiunge numero mittente per poter comunicare a destinatario chi inviava.

0.3.3 Servizi

Confermati Faccio richiesta → mi aspetto risposta.
Es: Telegram/Whatsapp

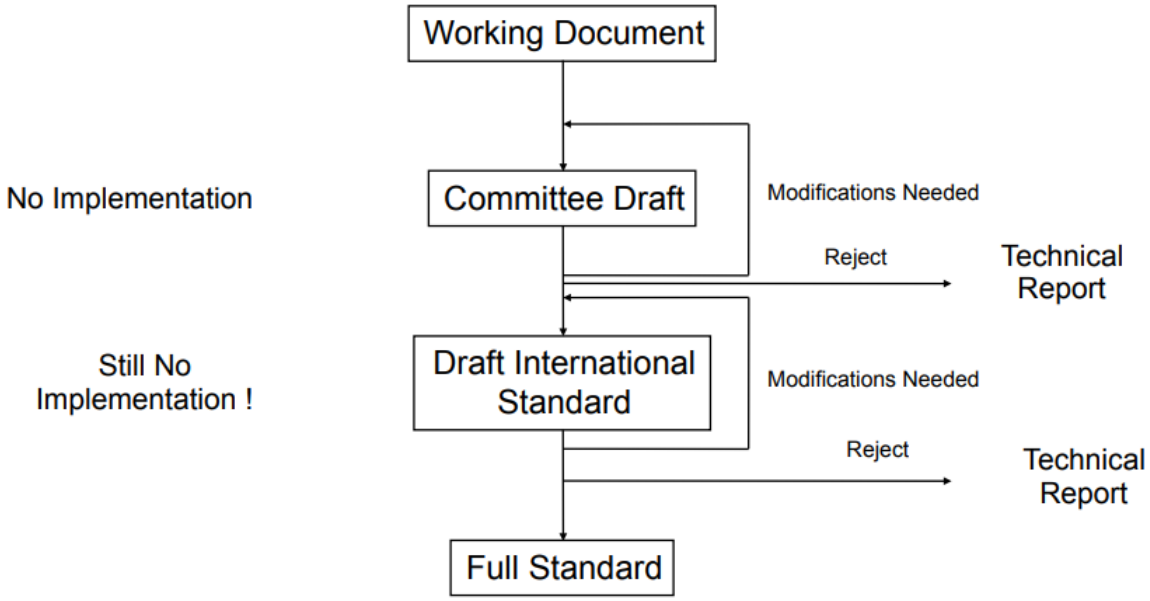
Non confermati Faccio richiesta e fine.
Es: SMS



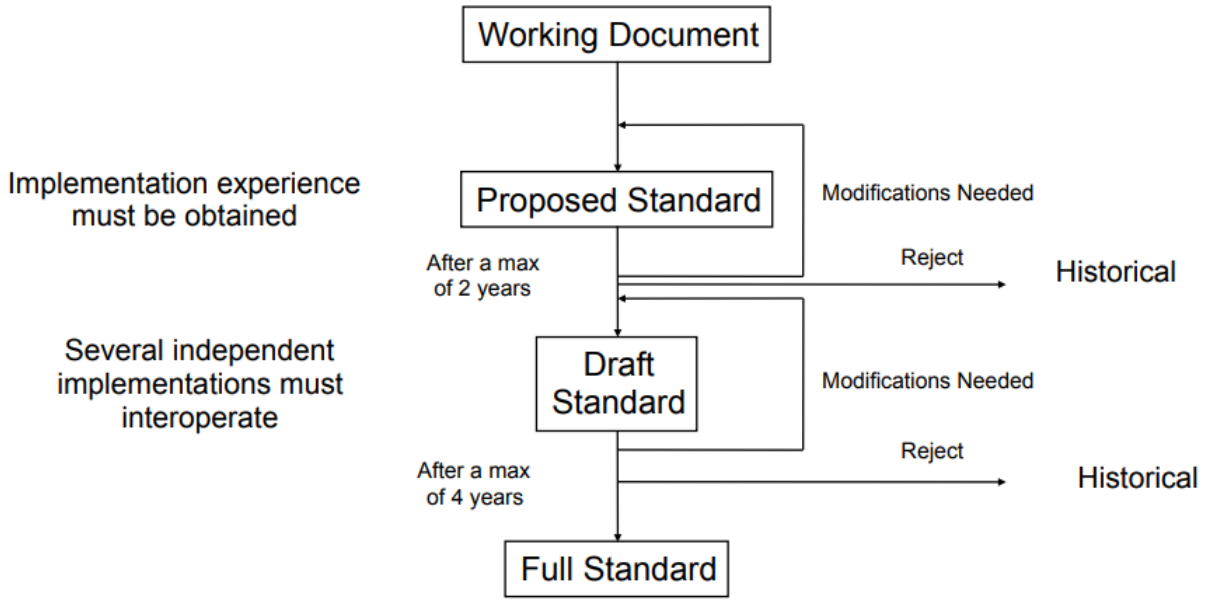
0.3.4 Standardizzazione

La grande differenza tra ISO/OSI e Internet è il processo di standardizzazione.

ISO Nella standardizzazione ISO tutte le varie aziende si accordano su come fare la rete: si creano gruppi di lavoro che si riuniscono (es. ICANN) e producono un documento di lavoro, poi vari comitati lo discutono (fino a qui **ad alto livello**).
Se si mettono d'accordo, pubblicano un **Draft International Standard** (**senza implementazione**). Dopodiché, se non viene accettato, creano technical report oppure un **full standard**.
La parte importante è l'assenza di implementazione fino ad avere la creazione dello standard.



Internet Nella standardizzazione internet è tutto seguito dal comitato IETF, che pubblica aree d'interesse in cui ritiene ci sia possibilità di sviluppo. La sottomissione di un'idea ad un'area d'interesse è libera, oppure si può mandare una mail per idee completamente nuove. Dal working document a draft passa poco e i draft dopo pochi mesi scadono. Dopo massimo due anni o si rifiuta o si fa il draft standard (draft RFC) che o lo si rifiuta o diventa standard in max 4 anni. Necessita di più implementazioni interoperabili.



0.4 Abstract syntax notation one

ASN1 Sintassi per la definizione di strutture dati e formato di messaggi. Ha l'obiettivo di consentire a macchine dalle differenti architetture hardware di scambiare dati, essere language neutral e consentire la negoziazione della codifica di trasmissione.
Come spostare le informazioni? Vari costruttori all'inizio lo facevano "in casa" senza interoperabilità. Col tempo si è reso necessario costruire qualcosa per scambiare le informazioni in maniera interoperabile.

Endian Come si ordinano i dati in spedizione, per sapere qual è il più significativo.
Bit più significativo a sx è big-endian, ormai poco usato. Altrimenti è little-endian.

0.5 lezione 4

Nel monitorare il traffico di rete c'è il problema di come riceverlo. Non sempre siamo nel posto giusto. Se voglio vedere cosa fa altro dispositivo/sottorete a livello di traffico, come faccio? Opzioni: o possiamo mettere la mano sul pc (wireshark) o posso fare finta di essere il pc (chiedendo allo switch, non intrusivamente, di mandare il traffico verso pc pure a me) Prima di iniziare a guardare il traffico, il traffico va visto.

0.5.1 Common problems with packet capture

...
Perché `root`? Perché scavalco ciò che fa un'applicazione, perché vedo tutto il traffico indipendentemente dall'applicazione. Per questo devo essere root.
Container condivide kernel con host, macchina virtuale emula il kernel.
Necessità vedere traffico. Non vorrei mettere mano sulla macchina, perché devo avere so che permette, utente, installare software...
Quindi lo faccio da fuori, prelevandolo dallo switch.
Metodi software: ho switch, che ha delle porte: port mirror: tutto traffico diretto verso tale macchina oltre a mandarglielo lo mandi anche a me su questa porta. 1:1 una porta verso una porta, 1:N tot porte switch le mandi qua. VLAN mirror: simile al port mirror: dammi tutto traffico tale VLAN e mandalo qua traffic filter/mirroring: dammi solamente traffico di tale porta tale ip...

Singolo cavo ha 2gbps (1gps in upload e 1gbps in dwnld), quindi con port mirror, che posso scaricare al massimo a 1gbps, ho efficacia se traffico sta solo a 1gbps. Dovrei avere scheda di rete da 10gbps per reggere comodamente traffico e non perderlo. Scheda direte più veloce della somma delle due direzioni.
Hardware: Network Tap prende le singole direzioni del traffico e ne fa una copia. PC monitor con due schede di rete perché tap divide il filo le direzioni: una prende le direzioni in entrata e una prende la direzione in uscita. Così scopro anche chi invia cosa. Nel port mirror non sono preservate le direzioni.

0.6 Lezione

Software di switch e infrastruttura di rete devono essere duraturi, perché infrastruttura di rete si cambia quando c'è veramente necessità. Altrimenti infrastruttura rimane lì.

Problema Gestire le cose nel tempo, che rimangano interoperabili negli anni. Siccome informatica va avanti per mode, si sono posti come problema (fatta negli anni '80) dover gestire qualche sistema non attraverso la url come si fa ora, perché è un modo di fare molto volatile che cambia spesso. Allora hanno fatto standard con negoziazione alto livello: oggetto ha attributi ad alto livello, funzionali al suo funzionamento (macchinettà caffè: c'è acqua, quanti caffè fatti, se ha bicchierini...).
Attributi, cosa ti mostro io che sia rilevante per te (non quante viti ha, ma lo stato), operazioni che si possono fare su quegli attributi (accendi, spegni...), comportamento. Software si occupa dell'accensione, non so com'è fatto internamente, io mi limito a chiamare l'operazione. Standardizzazione di funzionamento.

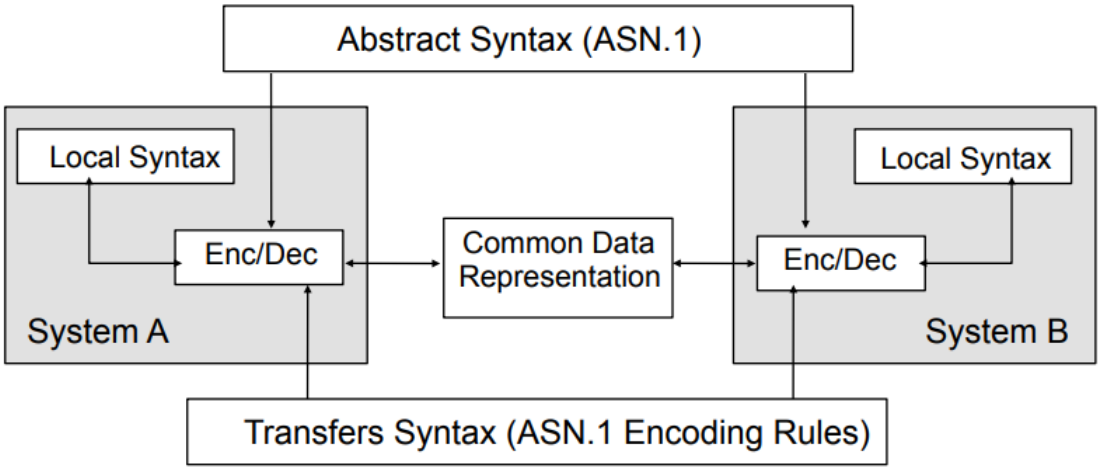
Manager Comanda l'operazione, impone politica di gestione.

Agent Gira dentro la macchina gestita e fa cosa chiede manager e solo quello.

Paradigma Agent gira nella macchina monitorata, e un solo manager raccoglie dati e visualizza.

Come realizzarlo Bisogna negoziare rappresentazione dati. Per lavorare col web hanno risolto problema scambio dati convertendo tutto a stringhe. Questo modo di fare non ha grandi problemi, ma è inefficiente. Grande quantità di dati per poche informazioni (`true` scritto invece di un bit). Poco efficiente per tanti dati, chiaro ma non compatto. La URL è breve. Tra due macchine posso scambiarmi dati in maniera binaria, ma bisogna mettersi d'accordo. Se io a 16 bit parlo con una a 64 bit non ci capiamo, quindi bisogna accordarci (Little Endian e Big Endian).

ASN1 Sintassi astratta, implementata dai linguaggi. Quando iniziano a parlare due macchine negoziano rappresentazione e codifica.



La sintassi locale (**local syntax**) è diversa e tipicamente dipendente dal linguaggio utilizzato: ad esempio una in GO l'altra in C, ma anche per sistema A Arduino Nano e sistema B workstation Windows.
L'ASN1 quindi definisce una sintassi astratta standardizzata. Permette diverse regole di codifica che trasformano la sintassi astratta in un flusso di byte adatto al trasferimento: **BER** (Basic Encoding Rules) definisce il mapping tra sintassi astratta e sintassi di trasferimento.
ASN1 rimane architettura, idea. La sintassi di trasferimento può essere JSON, GO o qualsiasi altra cosa: l'**importante è che le due applicazioni si capiscano**. I **tipi di dato** (datatypes) primitivi dell'ASN1 sono:

`BOOLEAN`

`INTEGER`

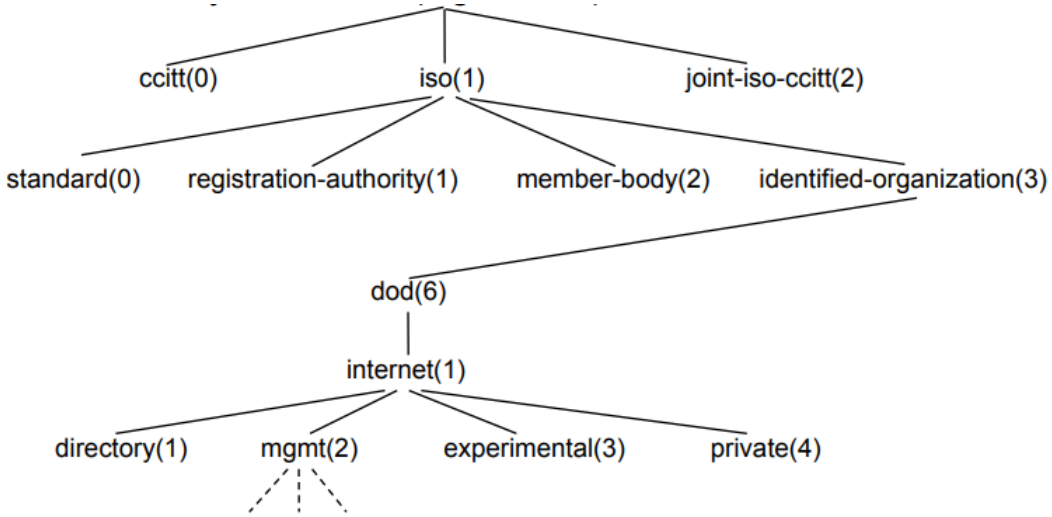
`BIT STRING`

`OCTET STRING`

`OBJECT IDENTIFIER`
Quando trasferisco dati da applicazione ad applicazione, devo poter indicare un campo chiave. Questo tipo di dato identifica univocamente l'oggetto che sto trasferendo all'interno dell'albero ISO

...

ISO Registration Tree Usato per identificare univocamente definizioni, documenti, oggetti... Ha una struttura gerarchica, simile ai file system gerarchici. Tutti i nodi di un livello sono univocamente identificati da un numero. Il **percorso dalla radice al nodo** fornisce una **sequenza numerica** chiamata **Object Identifier**.
Per esempio, Internet è 1.3.6.1



Internet si trova sotto il **Dipartimento della Difesa**, che è una **Organizzazione Identificata** facente parte dell'**ISO**. Noi parleremo della **Gestione** (**m**ana**ge**me**n**t) di Internet.
L'**object identifier** quindi, ovvero la sequenza di numeri, risolve il problema dell'identificazione univoca della tipologia dell'oggetto trasmesso sulla rete.

Tipi Complessi ASN1 ha anche tipi complessi, come `SEQUENCE OF` che specifica una lista di dati omogenei, o `REAL` che specifica i numeri reali con mantissa ed esponente dagli `INTEGER`.

Basic Encoding Rules Regole di codifica, compattano i dati in una stringa di byte da spedire sul filo. Basato su un algoritmo tag/length/value (TLV), dove ogni variabile è identificata da un tag, la lunghezza del valore in byte e il valore di quei byte. Questo permette al ricevente di ricostruire il tipo del messaggio a partire dal flusso di byte ricevuto.

Capitolo 1

Gestione di Rete

1.1 Nascita

Gestione di rete nacque, storicamente, nel mondo della telefonia. Necessità di codificare numero, connettersi al centralino, riconoscere il numero.... Standardizzazione necessaria per poter far telefonare a distanze elevate, attraverso le nazioni.

Dati Poi arrivò internet. Prima bisognava instradare la voce, ora vanno istradati i dati (anche voce, `VoIP`, ma pur sempre dati). Eredità di tutte le tecnologie e teorie dei tempi della telefonia (es. 5G) ma anche innovazione (es. Browser Web) ma mantenendo il paradigma che era tutto sommato efficiente.

1.2 Gestione di Rete Internet

Cos'è Sistema di protocolli e tecnologie che permettono di mettere in funzione e controllare un'infrastruttura di rete, per far sì che sia efficiente e che faccia ciò che voglio e che segnali eventuali problemi e comportamenti non previsti.

Reti Geografiche Questo discorso si applica a reti geografiche, ampie e complesse, che interconnettono un elevatissimo numero di device. Serve anche per far sì che la connessione/disconnessione di dispositivi non crei problemi, e che un utente della rete non possa creare disservizi e potenzialmente tirarla giù.

Anni '90 Il problema principale era mantenere bassi i costi, perché doveva essere pervasivo e poter mettere router in ogni casa. Centraline telefoniche, al contrario, non devono stare in ogni casa.
Gli apparati di rete quindi devono costare poco, perciò la gestione di rete non deve costare tanto (nella telefonia costa tanto ed è complicata, quindi "*non facciamo lo stesso errore*": se è semplice anche il costo computazionale è basso, quindi il dispositivo è più economico). Il protocollo, quindi doveva essere **semplice** e **efficiente**.
Altra cosa importante era **l'ubiquità** del protocollo: doveva essere disponibile su tutti i dispositivi, così da poterli gestire tutti.
Inoltre il protocollo doveva essere **estensibile**. Almeno **retrocompatibile**.

1.3 SNMP

Piccoli passi Il protocollo SNMP è stato progettato di pari passo con il diffondersi di internet, prima a livello universitario e poi industriale. Si è iniziato a sviluppare questo protocollo di gestione dagli albori, perché sin da subito è apparso chiaramente l'importanza che l'infrastruttura stia in piedi.
L'SNMP monitora lo stato della rete, per far si che la rete risponda alle esigenze. Ci sono più standard, con primi sviluppati nel 1990.

Semplice Doveva essere **semplice**, poiché i sistemi erano semplici, poco potenti e a volte nemmeno multitasking. L'SNMP non poteva girare "in hardware", ma **necessita di un computer perché necessita di elaborazione dati** e dello stack IP per comunicare. Negli anni '90 lo stack IP non era necessariamente presente sui computer in commercio.
La parte importante è che sia **semplice** e funzionare sotto l'UDP, che è un protocollo estremamente semplice.

Separato La parte dell'SNMP **è separata dalla parte di comunicazione** anche se aiuta l'instradamento. **Non interferisce**, come il cruscotto della macchina (SNMP) col motore (switching).

Trasparente Sta fuori dalla comunicazione, ma **deve poterla controllare** e monitorare **senza interferire**. L'idea è che se l'SNMP viene compromesso lo switch continua a funzionare.

Evoluzione Nel 1990 viene standardizzata una versione molto semplice: l'**SNMPv1**. Questa versione fu prodotta in fretta, concentrandosi sulle funzionalità base, in modo da poter entrare subito sul mercato che stava per esplodere. Nle 1991 viene pubblicata la **Management Information Base**, ovvero l'insieme degli oggetti manipolati tramite l'SNMP.
Negli anni successivi ci sono varie evoluzioni del protocollo:

SNMPv1 supportata da tutti i dispositivi sul mercato

SNMPv2 aggiunge poche funzionalità, ma è molto usata soprattutto perché i contatori ora sono a 64bit

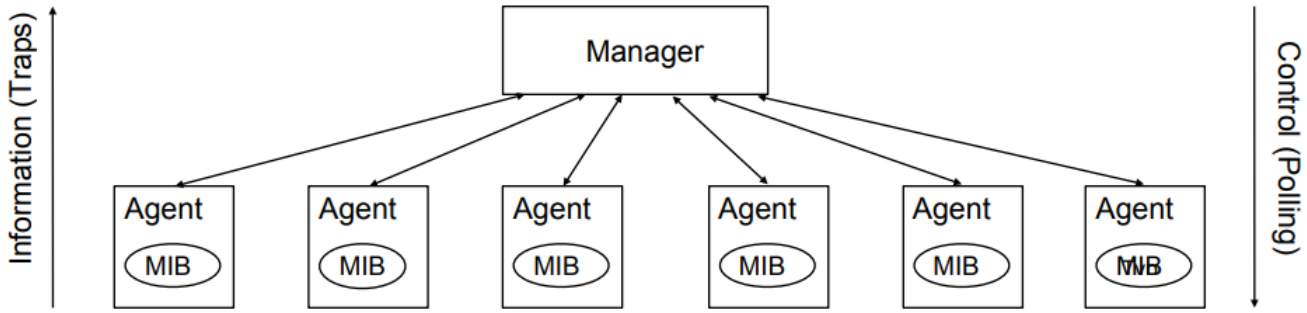
SNMPv3 aggiunge parecchie funzioni, sacrificando il "**simple**", quindi non è particolarmente diffuso

Utile L'SNMP è quindi utile per il monitoring centralizzato su reti estese: è **importante che questi protocolli siano in funzione in ogni momento**, per riconoscere i problemi in anticipo e avere uno storico della rete per poter fare le verifiche. Anche solo contare il traffico prodotto in termini di byte è un'informazione molto importante.

Agent **Apparato di rete**, ad es. nella rete del Fibonacci ci sono diversi agent: access point, computer, stampanti... Sono gli **oggetti da gestire** e possono cambiare nel tempo: possono essere aggiunti/rimossi, ma possono anche cambiare in tipologia

1.3.1 Trap Directed Polling

Tutti gli agent rispondono ad un manager (solitamente ridondato) $\rightarrow n$ manager per un solo agent.



Uguaglianza Con lo stesso protocollo e la stessa funzionalità, devo **poter controllare dispositivi anche molto diversi**: computer, stampanti, badge, schermi...
L'SNMP **non distingue i dispositivi**, ma **prende le info dalla MIB** del singolo agent. Ciò che differenzia i vari sistemi operativi, i dispositivi tra loro ecc. sta tutto nella **MIB** (Management Information Base).

Polling Controllo. Il manager non comunica continuamente con gli agent, ma esegue un **polling degli agent**, contattandoli periodicamente per **ricevere le informazioni aggiornate**.
L'SNMP è altamente centralizzato, quindi è compito del manager implementare tutta la funzionalità di monitori e la responsabilità, sicurezza ecc...

Traps Una volta configurata, sta alla **periferica avverte il manager se qualcosa non sta funzionando come previsto**. Non informa il manager ogni volta che succede qualcosa (stampo un foglio, prendo un caffè, mi connetto all'Access Point...) perché il manager verrebbe inondato di informazioni, ma **l'apparato informa il manager se ci sono cose che non funzionano**. Segue la filosofia del "*Se non mandi niente va tutto bene*".
Questo può non essere sufficiente, per esempio in caso di problema di rete la comunicazione può non andare a buon fine. In tal caso il polling può risolvere questa cosa, anche se ciò significa apprendere il verificarsi del problema in maniera non tempestiva.

SMI La struttura delle informazioni di gestione (**Structure of Management Informativo**, la seconda versione) si basa su un sottoinsieme dei datatype ASN.1 più altri sottotipi:

`Integer32` interi con il segno

`Unsigned32` interi senza segno

`Gauge32` per misure pronte comprese tra min e max

`Counter32` e `Counter64` per i contatori: per conoscere la misura effettiva devo fare la differenza tra il valore assunto in due istanti separati.

`IpAddress` per IPv4

`TimeTicks` per i centesimi di secondo passati

`Opaque` che è come il `void`, non consigliato

Le variabili, inoltre, possono essere

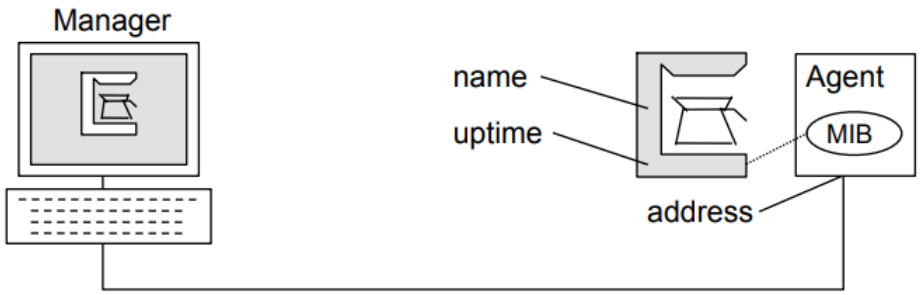
Scalari: esistono una sola volta per agent. Es: il nome di un host.

Concettuali: esistono in una tabella concettuale, con valori che cambiano nel tempo.

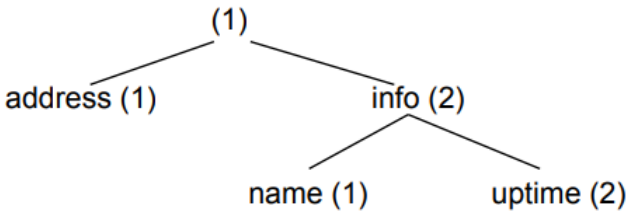
Read o **write**, lette o scritte. Non esistono incrementi o reset a valori iniziali, questo per semplicità di protocollo

MIB Le MIB di SMIv2 sono **definite tramite speciali macro ASN.1**

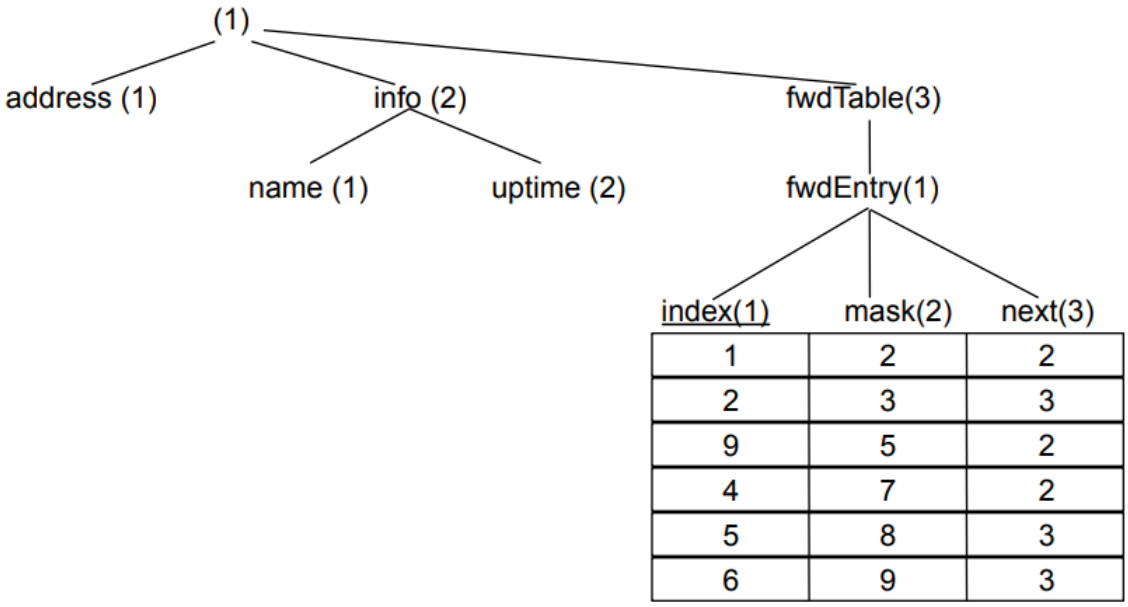
Use Case



Le variabili sono definite nell'ISO Registration Tree. Una foglia dell'albero rappresente on managed object.



Instance Identifier Ogni managed object è identificato dall'object identifier. Ma tale oggetto ha istanze con determinati valori che cambiano nel tempo: tale istanza è identificata univocamente da un **Instance Identifier**. La singola istanza di un managed object è **univocamente identificata concatenando l'Instance Identifier all'Object Identifier**.
Gli scalari hanno una sola istanza, e l'istance identifier è `.0`. Negli altri casi (non identifier) si parte da `.1`.
L'istance identifier è il valore della colonna indice.



index(1)	mask(2)	next(3)
1	2	2
2	3	3
9	5	2
4	7	2
5	8	3
6	9	3

In questo caso, per prendere il valore della terza istanza di `mask`: `1.3.1.2.9` → `5`.

Altri esempi:

`1.3.1.1.1` → `1`

`1.3.1.2.1` → `2`

`1.3.1.3.1` → `2`

`1.3.1.1.4` → `4`

`1.3.1.2.4` → `7`

`1.3.1.2.7` → ⍰

1.3.2 MIB

Come si definisce un MIB

```
nome DEFINITIONS ::= BEGIN

IMPORT MODULE-IDENTITY, OBJECT-TYPE, enterprises, IpAddress, TimeTicks FROM SNMPv2-SMI;
...

END
```

I nomi servono solo per gli umani, perché sulla rete passano gli object identifier.

Module Identity Non aggiunge informazione ma indica la versione, questo perché negli anni le reti cambiano ma l'infrastruttura rimane fissa almeno in parte. I device a lungo termine (ad esempio lettori di badge) devono convivere con i nuovi: eterogeneità nelle velocità di elaborazione, protocolli...
Non posso togliere oggetto, perché magari versioni precedenti lo usano. Se voglio eliminarlo posso indicarne lo `STATUS`: obsolete, current o deprecated.

Object Type `nome OBJECT-TYPE, SYNTAX, UNITS...`

Notification Type Invio anche oggetti interessati alle trap
linkDown per segnalare se ha perso il link, linkUp per collegamento preso

Utilità dei MIB Compilatore non è detto che generi linguaggio macchina ma trasforma semplicemente. I **frontend compilers** SNMP prendono i MIB e producono warning/errori e conversioni di formato SMI Quando è nato snmp fatti due standard: snmp e mib iniziale (mib-ii, rfc 1213) dove vengono descritti object più importanti per gestione internet.
Vogliono controllare stack TCP/IP per vedere cosa non funziona poi monitorare porta di rete. device espongono contatori per interfaccia tramite snmp. contatori byte pacchetti sono base del monitoraggio, ma nel tempo và superato

perché contatori su byte sono poco utili: non si sa bene cosa succede però.
Obiettivi mib-ii: info base su errori, pochi e semplici control objects (su/giù, errori, pacchett/byte ingresso/uscita), cerca il più possibile di evitare info ridondanti, **non deve assolutamente interferire con le operazioni** devono essere separati e non rallentare o inficiare in nessuna maniera prestazioni dei dispositivi. Sono circa 170 oggetti, negli anni alcune def sono troppo semplici, e presuppone IPv4 (IPv6 gestito in mib separati).

schema dei MIB-II (1.3.6.1.2)

Composizione Diviso in gruppi: ...
La parte trasmissione è aperta, tanti sottoalberi: com'è connesso computer dipende dalla tecnologia... quindi è estendibile a seconda delle nuove tecnologie
Quindi negli anni viene modificato ma è integro sin dalla nascita.
Per info più specifiche ci sono mib successivi.

tabella

Statistiche su stessa rifa sono a livello diverso, repeater a livello 1. Fanno stessa cosa ma livelli diversi.
Per navigare tabelle necessità meccanismo efficiente rispetto a fare tante richieste. Questo perché sistemi modulari, per vedere se valore/elemento esiste.

Ordine lessicografico Walk:lettura consecutiva di oggetti in mib.
Leggo oggetti e metto ordinati per numero in ordine lessicografico. Con questo ordinamento si perde la struttura della tabella: **SNMP lavora solo su questo array ordinato**.

Trap Maniera asincrona per informare manager di qualche avvenimento, tipicamente un cambio di stato.
`ifAdminStatus` su `linkDown` equivale proprio a scollegare fisicamente la scheda di rete. L'**administrative** è il ciclo di vita, l'`operational` è operativa. `ifOperStatus` su `linkDown` è lo stato e significa che la connessione è caduta.

1.3.3 Primitive

Due tipi di valori, scalari e tabellari.

Get Richiesta diretta e precisa di un object identifier
Può essere usato per leggere una o più variabili. Basato su UDP, quindi dimensione massima pacchetto: nella risposta bisogna stare attenti alle info. Possibile errore (**errorStatus)**: tooBig, non entra la risposta nel pacchetto UDP. Altri errori: noSuchName (istanza non esiste o non è foglia, esempio chiedere bicchierini ad una stampante), genErr (qualsiasi altro errore: comunità sbagliata, agent sovraccarico...).
errorIndex indica quale delle variabili ha avuto problema. Es `noSuchName@1` indica che la prima variabile non esiste. Posso fare get con più richieste, quindi errore può essere su altra variabile (es `noSuchName@3` cioè non esiste il terzo object identifier richiesto ma indica il primo indice fallito, quindi le altre due precedenti esistono ma non vengono ritornati i valori).

GetNext Richiesta che ritorna l'object identifier successivo a quello chiesto.
Non legge istance identifier richiesto ma ritorna il prossimo istance identifier rispetto all'ordine lessicografico. usata per fare discovery delle strutture e leggere le tabelle.
Nella getNext, nosuchname significa che è finito il MIB (non esiste il successivo). Molto implementation depended, alcuni dopo l'ultimo ritornano il primo invece che noSuchName.

Set Scrivere un valore
Equivalente in sostanza alla get ma scrivo. Atomica: più valori sono scritti contemporanemante, quindi o vanno bene tutti o non scrivo niente.
Errore **badValue** quando valore scritto è del tipo sbagliato, fuori dal range o comunque non accettabile. Ma anche errore quando oggetto è `read-only`.
noError quando tutto ok, noSuchName quando instance identifier non esiste. Anche qua stesso discorso della get con l'indice.

Trap Trap dall'agent
Unico messaggio non richiesto che va dall'agent verso il manager.
Può succedere trap storm, esempio dopo perdita alimentazione tutti dispositivi segnalano riavvio apparati tutti insieme. Se tolgo corrente non posso fisicamente mandare trap, per questo succede quando riavvio e torna su, non quando va giù tutto insieme.
Non ci si può fidare totalmente della trap, bisogna fare polling.
`ColdStart/WarmStart` inviate quando avvio un agent (cold da freddo, spento, caso tipico, invece warm è da riavvio)
`LinkDown/LinkUp`
`AuthenticationFailure` quando faccio richiesta posso non avere autorizzazioni, trap segnala al manager della situazione (tipicamente se provo tante password una dietro l'altra).
`EnterpriseSpecific`, vedi valore enterprise e specific nel formato del pacchetto. ad esempio fine carta di una stampante. Specific=1 per dire che l'interpretazione è a seconda del mib.

Formato pacchetti

Community: una sorta di password, vedo se utente che richiede è abilitato a certa operazione. PDU payload data unity
Get getnext e set ricevono getresponse tutte e tre.
Importante sapere IP host che manda trap (potrebbe vederlo dal pacchetto UDP), perché l'ip nell'udp può essere mascherato o cambiato ad esempio dal nat

`sysDescr`(1) breve descrizione del sistema (stringa, **arbitraria**)

`sysObjectID`(2) identifica sia modello che costruttore, per riconoscerlo e andare nel relativo MIB o, ad esempio, mettere l'icona giusta.

`sysUptIme`(3) da quanto è attivo l'**agent** (non è per forza identico a quello di sistema). Serve anche per poter leggere correttamente le variabili `gauge` per esempio, per fare la differenza per sapere quanto è cambiato il valore nell'ultimo minuto (ad esempio). Ma non posso aspettarmi che il nuovo valore sia maggiore (es: è saltata la corrente, oppure se il contatore ha fatto wrap (fine dei bit e ripartito da 0)) Quindi devo distinguere riavvio agent da wrap, non posso fare semplice differenza perché potrei tirare fuori numero sbagliato (es negativo, ma valore `unsigned` fa diventare grandissimo). Per sapere se si è riavviato agent o se contatore ha fatto wrap uso `sysUpTime`.

1.3.4 SNMPv2

Usato snmpv2 invece che v1 perché aveva problemi strutturali: il primo sono i contatori a 32bit che sono molto limitati per la tecnologia odierna (10-100Gbit il contatore si "riempie" molto velocemente). Inoltre nella v2 c'è tutto quello scartato in v1 per questioni di tempo (necesario fare protocollo in fretta)

Primitive di SNMPv2 Sono tutto sommato le stesse con `GetBulk` e `Inform`

> `GetBulk` per richieste più efficienti per massimizzare numero richieste in un pacchetto. Metà strada tra `Get` e `GetNext`. Oltre OID due parametri:
>
> > `non-repeaters`: di tutti gli OID specificati, `non-repeaters` indicano quanti di quelli sono quelle variabili a cui applicare una `Get` secca e non in sequenza. Dei restanti, devo fare `max-repetitions GetNext`
> >
> > `max-repetitions` quante `GetNext` applicare
>
> Se chiedo poche cose non risparmio molto rispetto ad una `GetNext`, se chiedo troppe cose (`max-repetitions` troppo alto) devo stare attento che entri tutto in un pacchetto.
>
> `Inform` è una sorta di `Trap` informata perché riceve una `response`. Altra differenza è che la `Inform` la può mandare sia un Manager (che può informare un Manager di livello superiore, per esempio) che un Agent

Formato Hanno la stessa PDU ma con modifiche all'interno, però sostanzialmente è uguale

Eccezioni A differenza degli errori di SNMPv1 sono più esplicativi. Ad esempio `noSuchName` spacchettata in `noSuchObject`, `noSuchInstance` o `endOfMibView`. Sono un **raffinamento dei codici di errore di SNMPv1** e un **miglioramento delle primitive**.

Differenze principali Più velocità con la Bulk, contatori a 64bit, errori molto più dettagliati. Ma **non risolve granché** in termini di sicurezza.

1.3.5 SNMPv3

Obiettivi Bisogna risolvere problemi di sicurezza soprattutto per la `Set`. Inoltre bisogna fare il design di un'architettura a lungo termine.
Supportare implementazioni sia complesse che semplici (**scalabilità**).
Il tutto **rimanendo il più semplici possibile**. Nella realtà non è stato così, e la diffusione è ancora molto limitata con la maggior parte delle reti che continuano ad usare v1 e v2.

Architettura Tanti componenti, rimovibili e intercambiabili. Vuoti se una certa implementazione non la supporta, rimovibili a seconda di cambiamenti tecnologici o di implementazione.
Supporta vari tipi di protocollo per lo scambio di messaggi e per il sistema di sicurezza (comunità, utente, "*altro*")

Caratteristiche più importanti

1. **Sicurezza**
   Il messaggio è autentico? Data Integrity e Authentication
   Tramite una funzione hash, con chiave simmetrica faccio l'hash dei dati e calcolo un MAC (Message Autethication Code) es MD5. Pacchetto diventa User (key), MAC e Data.
   Il ricevente ricalcola l'hash e se MAC calcolato e ricevuto sono uguali allora apposto.
   Il problema è la **chiave simmetrica**.
2. **Protezione dalla ripetizione di vecchi messaggi**
   Il ricevente conosce l'orario del messaggio ricevuto, se il messaggio ricevuto è nell'intervallo di validità e *più giovane* dell'ultimo messaggio valido, allora è processato e l'orologio viene aggiornato. Quindi, ad inizio comunicazione gli orologi vengono sincronizzati.
3. **Protezione dallo sniffing**: si crittano i dati

Capitolo 2

Rete Cellulare

GTPC realizza autenticazione, il telefono si annuncia sulla rete (register) e disannuncia quando esce, oppure update quando cambia cella. L'annuncia comprende il MEI (identificativo univoco del telefono), IMSI (international mobile subscriber identity) e altre info, ad esempio sul profilo tariffario (velocità max ad es). Sulla rete passano anche info su nodo di rete e identificativo della cella.
Create session crea la connessione e la stabilisce.
Protocollo GTP inoltre negozia i **tunnel**: permettono che cambiando cella cambiano i parametri della connessione ma la comunicazione rimane. Pacchetti incapsulati in tunnel GTP, io continuo a vedere il mio ip verso l'esterno e percepisco come se fosse rete fissa.

Traffico è incapsulato dentro il pacchetto GTP.

Capitolo 3

RRDtool

3.1 RRDtool Database

I db relaz hanno tabelle connesse con relazioni... con inserimento, cancellazione e aggiornamento. Questo non è abbastanza. Inoltre su uso questo modo la tabella cresce all'infinito, durante il monitoraggio
Poi DB relaz non efficienti nel fare aggregazione nel tempo dei valori. Inoltre, i dati più vecchi diventano via via meno importanti.

RRDtool Padre di tanti DB a sede temporale. RR=Round Robin. RRD è un **file**, in un formato particolare:

Static Header che indica cosa contiene, ultimo timestamp di aggiunta e ultimo dato aggiunto...

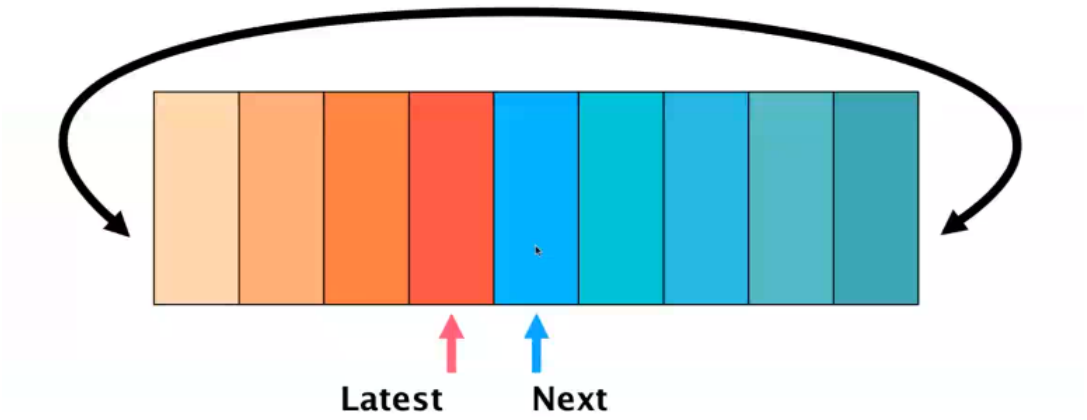
Live Header

Round Robin Archive

Round Robin Archive

...altri RRA

RRD Array circolare con numero fisso di slot di storage.



Data Source Qualsiasi cosa con numeri.

Sconosciuto Come gestire `UNKNOWN`? Unknown non è 0, è contagioso (1+unknown = unknown). RRDtool gestisce gli unknown, configurabile quanto unknown ignorare (default: 50%)

Archivi multipli Tieni i dati pronti alle giuste risoluzioni
Media su 5 minuti per un giorno. Massimo su 1h per un mese

Accorgersi problemi Per accorgersi di problemi, soglie: colorare grafici in base a soglie (sopra 60 giallo, sopra 85 rosso ad esempio). Però sono statici.
Altrimenti in base ai valori storici: vedo qual'è la media nel passato e se mi discosto tanto...
Una cosa interessante che fa RRDtool. La derivata da indicazione di quanto mi discosto dall'osservazione precedente. Quindi la prima domanda è quanto tempo osservare. Anche dalla natura della metrica: una derivata violenta significa problemi al sensore.
Inoltre la derivata su altre misure possono anche essere molto ampie senza che sia allarmante: download/upload, ad esempio.
Però il color-coding: verde ok, giallo mh e rosso male male, è ottimo. Keep it simple
Holt-Winters.

tutti valori letti dalla scheda di rete

ifindex: identifica l'interfaccia

ifdescr: descrizione interfaccia (ad es: eth0 ma anche descrizioni significative)

iftype: tipo interfaccia (ethernet, ...)

ifmtu: maximum transfer unit, indicata per poter evitare cattive configurazioni nell'mtu. MTU deve essere la stessa perché se uno trasmette a > mtu di uno dei due non comunicano più

ifspeed:

ifphysaddress: indirizzo fisico della porta di rete, mac address della porta dello switch

ifadminstatus: se scheda è fisicamente presente sullo switch

ifoperstatus: per una scheda presente, se è operativa oppure no

iflastchanged: sysuptime dell'ultima volta che l'interfaccia è cambiata di stato

ifinoctets: otteti in

ifinucastpkts: unicast in

ifinnucastpkts: not-unicast in

ifindiscards: discarded in

ifinerrors: errori in

ifinunknownprotos: sconosciuti in

ifoutoctets: otteti out

ifoutucastpkts: unicast out

ifoutnucastpkts: not-unicast out

ifoutdiscards: discarded out, dipende dall'implementazione della scheda

ifouterrors: errori out, dipende dall'implementazione della scheda

ifoutqlen: stessa info del comando `netstat` e simili, info sulle code in uscita

ifspecific:

router frammenta il pacchetto quando mtu della linea ricevente è più piccolo. ma può essere che mittente mandi pacchetti frammentati quando qualcuno chiede a lui di mandare pacchetto troppo lungo rispetto mtu.
Frammentazione è concetto dell'IPv4
TCP frammentazione non c'è ma non perché non si possa fare, ma perché un pacchetto TCP non può essere frammentato (è indicazione di errore che qualcosa nel TCP non ha funzionato). Path MTU discovery (PMTUD), pacchetti sempre più grandi finché non si trova dimensione massima con l'**obiettivo di evitare la frammentazione**. Perché meccanismi TCP permettono di farlo. UDP pacchetti vivono di vita propria quindi può succedere frammentazione.
Pacchetti non unicast sono "problematici" perché riempino le porte dello switch.

Capitolo 4

Bridge MIB

Bridge è mettere assieme due interfacce di rete
Risponde alla domanda: come fare per iniziare a vedere la topologia della rete e, quindi, i dispositivi collegati ad un host?
Attraverso bridge-mib per la topologia di rete. Importante anche per inquadrare che impatto può avere un'allarme sul sistema. Così so sia quali sono i nodi principali ma anche l'impatto di qualche problema: se cade una macchina che collega tante altre macchine, cadono tutte, mentre se cade no nodo marginale il problema è più contenuto.

Capitolo 5

Cattura

Quando cattura traffico intervengo sul traffico e me lo copio verso l'applicazione che cattura ciò che sarebbe destinato ad altri. Quindi ethernet copia pacchetto al BPF driver che, tramite filtri, manda copie agli sniffer.
Gli sniffer necessiterebbero di diritti su

Capabilities Quando uno è SU ha diritti eccessivi rispetto a ciò che deve fare, quindi le **capabilities** sono le possibilità di spezzare i diritti di amministrazione in categorie: non c'è bisogno di essere root che fa veramente veramente tutto perché se ne può abusare. Quindi il concetto di root è spacchettato in varie possibilità: configurazione del MAC address, Net Admin...
Un'app quindi dovrebbe nascere con conetto di capabilities e avere diritti minimi necessari per fare ciò che vuole/deve fare.

Filtro Devo indicare l'interfaccia a cui sono interessato catturare pacchetti (eventualmente tutte) e in caso che tipo di pacchetti ricevere. Così il BPF driver **non** invia all'applicazioni pacchetti non interessanti, perché anche scartare qualcosa richiede tempo.
BPF e sottosistema è localizzato nel kernel. Solamente la parte del pacchetto è inoltrata, il resto (filtro e copia dei pacchetti) è nel kernel.
Nel mondo linux, la cattura dei pacchetti equivale ad aprire un socket.

5.1 `libpcap`

`pcap_open_live` Parametri: `deviceName` scheda di rete, `maxCaptureLen` lunghezza massima del pacchetto (sia per efficienza, sia per privacy se non ho bisogno dell'intero pacchetto), `setPromiscuosMode` per abilitare la modalità promiscua (cattura tutto il traffico sulla scheda), `pktDelay` non c'erano i thread quindi hanno pensato di mettere un tempo massimo per cui aspettare un pacchetto e in caso ritornare senza valore, `errorBuffer` sempre per ragioni storiche se la `pcap_open_live` fallisce il buffer contiene la ragione per cui è fallita
`live`: leggo traffico di rete in tempo reale. C'è la possibilità di aprire file `pcap` per leggere traffico salvato su file.
In realtime bisogna controllare il tempo del pacchetto con il mio tempo. L'orario contenuto nel pacchetto è quello della sua ricezione, quindi nell'rrd è registrare i dati all'orario del pacchetto, non a quello di sistema

`pcap_compile` Compila l'espressione del filtro

`pcap_setfilter` Trasferisce nel kernel l'espressione compilata

`pcap_next` Prende il prossimo pacchetto catturato

Capitolo 6

Monitoring

monitoring requirements: non è chiaro cosa fare alla rilevazione, ma è chiaro che bisogna fare qualcosa.

Capitolo 7

Benchmarking per dispositivi interconnessi

`RFC 1944` Definisce come eseguire misure del traffico di rete:

- Architettura per il test (dove piazzare il sistema testato)
- Dimensione dei pacchetti usati per le misure
- Indirizzi IP da assegnare al SUT (**System Under Test**)
- Protocolli IP da usare per il test (es: UDP vs TCP)
- Uso di picchi di traffico durante la misura (picchi vs traffico costante)

Definisce e specifica come:

- Verificare e valutare i risultati dei test
- Misurare metriche comuni definite nella `RFC 1242` come throughput, latenza, frame loss
- Gestire "test modifiers" come
  - Traffico di Broadcast
  - Durata del test

Metriche

Disponibilità La disponibilità è espressa come la **percentuale del tempo che un servizio è disponibile**. È la prima misura di affidabilità di un sistema. Si basa sull'affidabilità del componente di rete individuale.

$$\%disponibilità = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF = mean time between failures
MTTR = mean time to repair following a failure

Tempo di risposta Quanto tempo ci mette il sistema a reagire ad una richiesta

Accuratezza Quanto posso essere accurato nel fare la misura?

Throughput

Utilisation

Latency e jitter

ETSI Definisce metriche che nel mondo internet non sono state definite.

Capitolo 8

Deep Packet Inspection

Traffic classification Traffic classification importante per capire cosa viaggia sulla rete. SNMP permette vedere se unicast o meno, ma non dice niente del traffico: buono, conosciuto...
Per classificare traffico quattro metodi:

1. Basato sulle porte TCP/UDP
   Più o meno sempre fatta, specialmente nei primi anni di internet. Identificati da protocollo e porta nel range delle well known ports. Facile da evitare (porte dinamiche) quinidi inaffidabile (TCP/80 $\neq$ HTTP)
2. Flag del pacchetto (DSCP)
3. classificazione statistica
   Di moda per un certo periodo, utilizzo del machine learning per classificare pacchetti. Si pensava che ML costasse meno rispetto analisi profonda del pacchetto
4. Deep Packet Inspection
   Analisi del pacchetto internamente. Selective metadata extraction (HTTP URL o User-Agent) necessario per fare monitoring accurato. Lo fa il DPI toolkit senza replicarlo sulle applicazioni di monitoring.

Protocolli in nDPI Identificati da `major.minor`
Major è protocollo di rete, minor è protocollo.
Oggi molti protocolli basati su HTTP e TLS. nDPI supporta riconoscimento protocolli basato su stringhe: DNS query name, HTTP campi host/server, SSL/QUIC SNI
I protocolli sono tantissimi, ma nDPI consente di raggrupparli in categorie, che possono includere migliaia di protocolli ed essere (ri)caricate dinamicamente.

Come usare Applicazione cattura il pacchetto e mantiene il flusso di stato, nDPI si aspetta di ricevere il pacchetto.
Ogni dissettore è codificato in un differente `.c`, ognuno classifica il singolo protocollo, per modularità ed estensibilità.

Traffic Classification Lifecycle Basato sul tipo di traffico, dissectors applicati sequenzialmente iniziando con quello che più probabilmente matcherà (es HTTP dissector se traffico su TCP/80)
Ogni flusso mantiene lo stato per dissector non-matching per saltarli in futuro.
Analisi dura fino a match o dopo troppi tentativi (8 pacchetti solitamente)
Flusso è bidirezionale e corrisponde alla quintupletta IP+prot+porta+src+dest(+vlan)...
Riconoscimento avviene solamente ad inizio del flusso.
nDPI funziona con i pacchetti IP.

Latenza applicativa di rete Calcolata utilizzando il TCP durante l'handshaking, monitorando con un probe in un punto della rete ma non si può dire se cho messo pià temopio andata che ritorno.
Con sottrazioni trovo latenza rete e applicativa.

Throughput Metrica misura quantità dati inviati su un link in un certo istante.
Quant'è il tempo? Tipicamente al secondo ma la durata del monitoring dev'essere maggiore, si guarda al secondo ma la durata dell'esperimento dev'essere maggiore. Throughout dice indicazione idea di quanto è la banda disponibile.
Misura quantità di dati inviata in istante di tempo, **conservativa della banda disponibile** cioè misurando questo

ho idea di quello che faccio effettivamente passare ma non della banda reale perché parte della banda la sto usando. Quindi **il throughput non è la banda**. Il throughput tipicamente cambia, la banda no. Inoltre è una misura orientata all'applicazione.

Goodput Nei pacchetti c'è tanto overhead: ethernet, header IP, UDP... fino al payload che è la **parte interessante**. Con il **goodput** si vede quanti dati effettivamente si spostano. Invece di misurare i byte inviati sul filo, vado a vedere i byte inviati di contenuto. Quando scarico un file di 1Mb ho mandato sul filo molto più di un 1Mb: header di ogni pacchetto, ACK per la connessione, RDY e FIN...
Goodput mostra quanti dei dati transitati sono effettivamente usati per la connessione.

Latenza Tempo che serve ad un pacchetto per andare **da sorgente a destinazione**, **monodirezionale**.

Jitter Come cambia la latenza nel tempo: varianza dell'intrapacket delay su link monodirezionale.
Finché jitter è inferiore alla durata temporale del buffer lato ricezione, la comunicazione sarà ideale. Se io tengo buffer grande (1-2s) la voce la sento bene risolvendo il jitter, ma ho aumentata la latenza.

Bandwith LA banda è quella misura che stima più o meno quello che dovrebbe passare sul cavo. Viene calcolata:

TC intervallo di misura, tipicamente 1s

BC burst committed, n max bit/s che il network accetta di trasferire nel TC

CIR committed information rate, banda garantita BC/TC

BE burst excess, parte che trasporta in eccesso se ha disponibilità proverà a trasportarne di più

MaxR maximum data rate: (BC + BE)/TC = ((BC + BE)/BC)*CIR

Misure End-To-End Nelle misure devo mettere in conto il tempo della mia applicazione per elaborare ed anche il ritardo di rete.
Performance di rete $\neq$ Performance app.
Bisogna fare attenzione rispetto alle misure per link, ad esempio perché traffico fa routing diverso andata-ritorno qudini rtt/2=latenza è in generale sbagliato. misure endtoend sono più vicine all'utente, si rapporta al server remoto non alla misura link link. Quella link link serve a noi per fare troubleshooting.
EndToEnd e LinkLink sono in relazione, endtoend dà se c'è problema che si scorpora sul link

Approcci di monitoraggio Sono multipli. fin'ora è una misura di tipo passivo: si cattura traffico, senza influenzare niente.
Nella misura attiva inietto del traffico e vedo la reazione della rete, ad es. un ping.
Ad es traceroute calcola latenza e da dove passa un certo tipo di traffico.

Inline Inline significa quando monitoriamo se tramite snmp connetto allo switch con lo stesso filo che snmp sta monitorando: **inline**.
Offline invece è monitoring tramite altra rete: reti sdoppiate, una per monitorare e una per i servizi. Vincolata dalla struttura della rete, a volte non possibile.

Quindi approcci attivi/passivi, inline/offline.

8.1 Calcolo delle serie temporali

Posso fare una misura mettendo una soglia assoluta, ma posso anche impostare queste soglie a seconda del comportamento della rete.
La media è la misura media, la deviazione standard è una misura "standard" di cosa è normale e di cosa è molto grande (> media + devstd) o molto piccolo (< media - devstd)

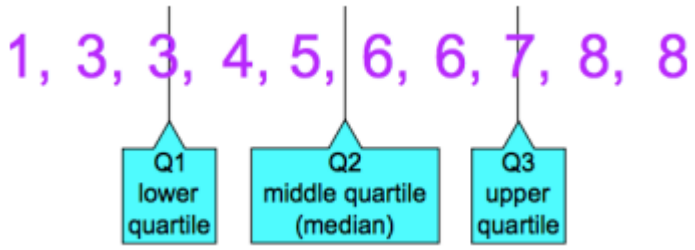
Percentile Quando si prende una misurazione, es. quantità della banda, nel caso delle rete il 95esimo percentile è interessante. **Percentile** è valore sotto il quale ricade una certa percentuale di osservazioni.
Esempio: l'80esimo percentile è l'età in cui cade l'80% della popolazione.
Perché importante? Se devo parlare ad esempio della banda, posso calcolare economicamente parlando per vedere se quella banda è utilizzata, o per vedere se la banda che metto a disposizione è utilizzata. Quando arriva il momento di fare un upgrade, ad esempio? Oppure anche usabile per far pagare delle penalty.
Il 95esimo percentile di una rete è la soglia sotto cui sono stato per il 95% del tempo.
Calcolo: data una serie di valori, si definisce il percentile (es. 80), si ordina la serie dal passo all'alto, calcolo indice che corrisponde al percentie (len(serie)*(percentile/100)), prendo l'indice intero (es int(index + 0.5))
Percentile = serie_ordinata[indiceintero-1]

Quartile Definiti così:

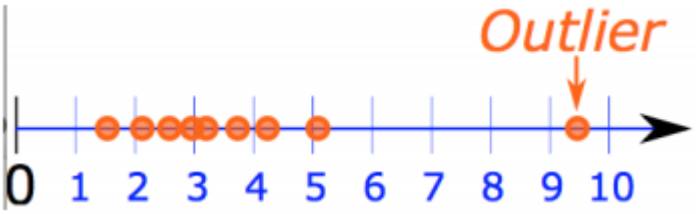
Q_1 è il 25esimo percentile

Q_2 è il 50esimo percentile

Q_3 è il 75esimo percentile



Outlier Ciò che devia un sacco dallo standard.
Punti che discostano tantissimo rispetto all'average. Si usa l'IQR (InterQuartile Range): $Q_3 - Q_1$



In statistica, un valore è un outlier quando cado fuori da

Lower Fence: $Q_1 - 1.5 \times IQR$

Upper Fence: $Q_3 + 1.5 \times IQR$

Si usano per trovare valori anomali, come errori di misura o sperimentali, o distribuzioni "heavy tailed", cioè che vanno a zero molto lentamente poiché una o più valori molto grandi hanno effetto sulla statistica.

Calcolo del jitter `jitter = sum(|x(i) - x(i-1)|) / (n-1)`
Se il jitter è nell'ordine di grandezza del valore allora la situazione è drammatica. Jitter basso: valore costante. Jitter alto: valore cambia spesso nel tempo.

8.1.1 Timeseries, Forecast, Anomaly Detection

Negli RRD c'erano dei valori α, β, γ che avevamo detto di lasciare quelli di default. Sono serie temporali su cui vogliamo fare delle previsioni, che ci forniscono le anomalie. Quand'è che una cosa è anormale? Quando ho il concetto di normalità. Ad esempio, una soglia. Quindi come trovare le condizioni tali in cui il sistema che sto guardando si comporta stranamente?
Definizioni:

Serie: sequenza ordinata di numeri, non sorted ma con indici

Ordine: indice di un numero in una serie

Serie temporale: serie di punti ordinati temporalmente

Osservazione: valore numerico osservato (nella realtà) in un momento specifico

Previsione: stima di un valore atteso (che non sappiamo ancora) in un momento specifico (*alle 12 quanto traffico farò?*)

Forecast error: differenza positiva/negativa nell'osservazione rispetto alla previsione. Solitamente l'errore è riportato come quadrato per avere sempre numero positivo.

SSE: la somma degli errori quadrati (**sum of squared errors**) di una serie `sum((osservazione`$_i$ `- previsione`$_i$`)`^{2}`)` Idealmente deve essere 0, o comunque basso

Dato y, $\overline{y}_{x+1}$ è la predizione di y al tempo $x+1$

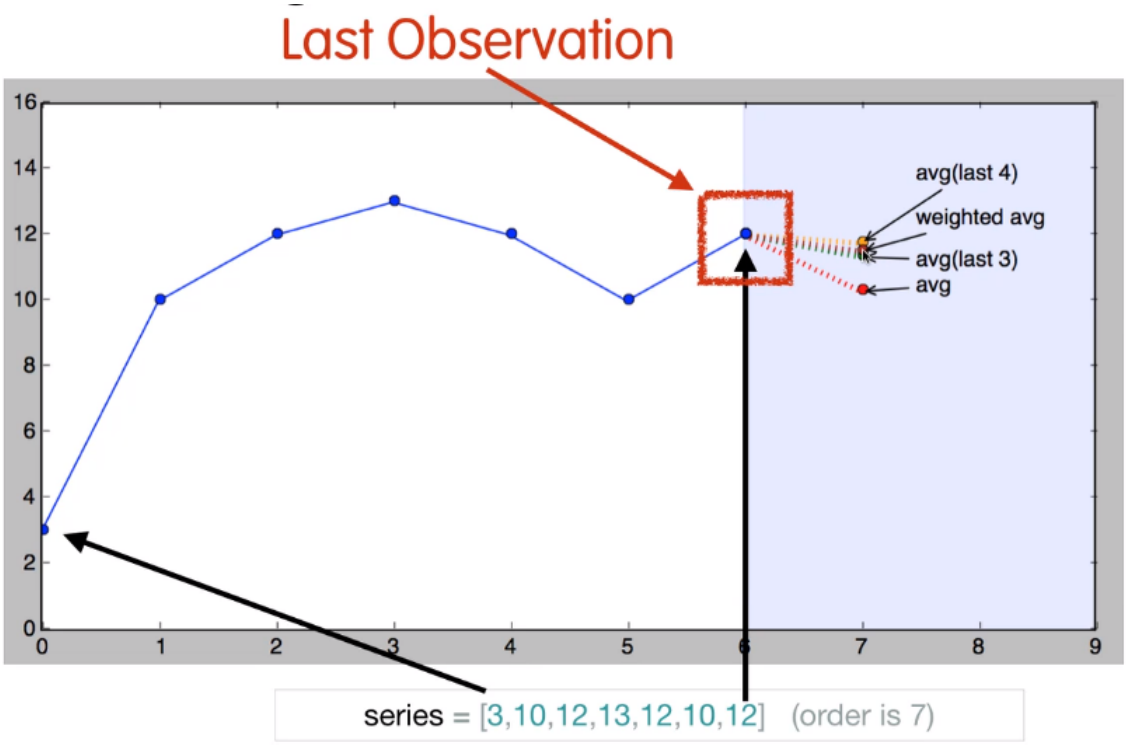
Simple Average: media di tutti i punti della serie

Moving Average: media degli ultimi n punti

Weighted Moving Average: come la media mobile ma con i valori pesati (tipicamente pesando di più i valori più recenti)

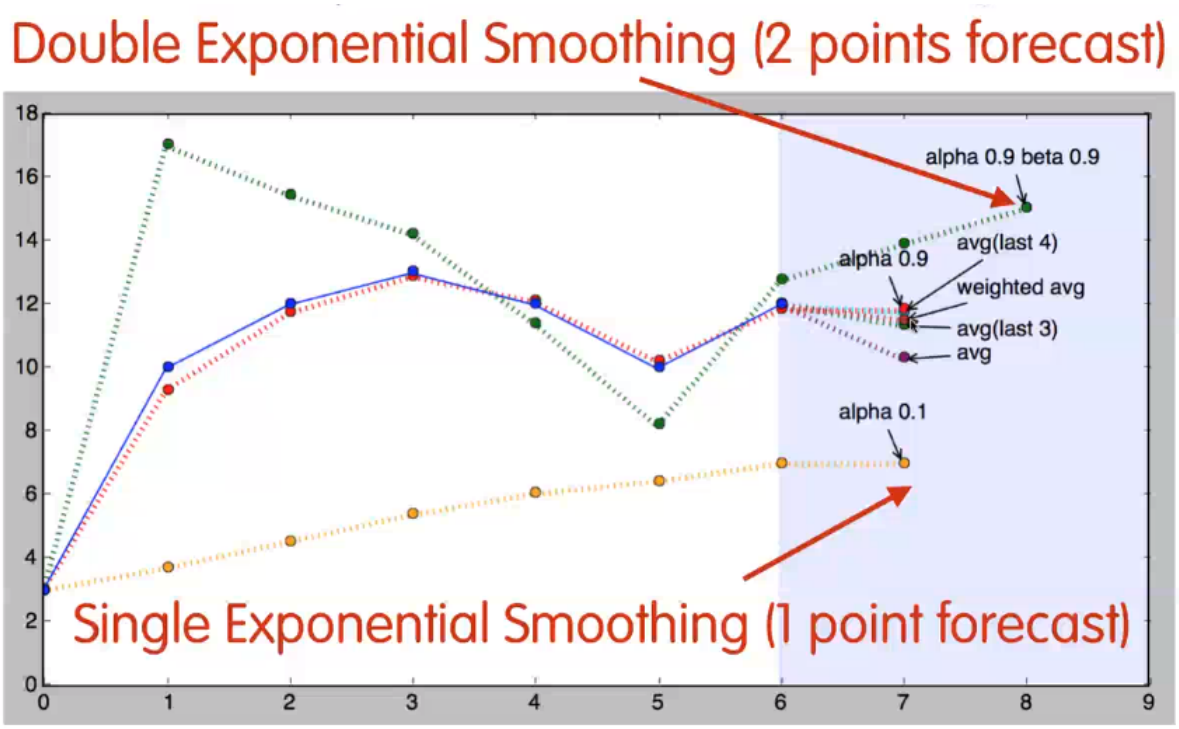
Anomalia quando **la predizione và in conflitto con l'osservazione**.

Predirre il futuro



Single Exponential Smoothing $\overline{y}_x = \alpha \cdot y_x + (1-\alpha) \cdot \overline{y}_{x-1}$
α è un fattore di **ammorbidimento** o **memory decay rate**, più alto è più tengo presente gli ultimi valori e meno tengo presente i vecchi.
$\overline{y}_x$ è chiamato livello l_x

Double Exponential Smoothing Trend b su una serie temporale, fra due punti è $y_x - y_{x-1}$ $b_x = \beta \cdot (l_x - l_{x-1}) \ldots$
Con β non prendo solo la media ma tengo conto anche del trend, così da avere previsioni più accurate. Quindi alla previsione si aggiunge b_x



Holt-Winters Method Anche detto **Triple Exponential Smoothing**
Nel double exponential smoothing manca il concetto di **stagione**: quando una serie è ripetitiva a intervalli regolari si dice **stagionale**.
Lunghezza della stagione: numero dei data point in una stagione.
Componente stagionale: deviazione da level+trend del double exponential che si ripete all'interno della stagione.
γ fornisce il concetto di stagionalità. Serve il modulo della durata della stagione, perché è in loop. Inoltre con H-W posso **predire un numero arbitrario di punti**. valori più grandi danno previsione meno conservativa. α, β, γ si assegnano tramite il **fitting**.

Deviazione in H-W $d_t = \gamma \cdot |y_t - \overline{y}_t| + (1 - \gamma) \cdot d_{t-m}$
Fasce di confidenza con δ tra 2 e 3:

Superiore: $\overline{y}_t - \delta \cdot d_{t-m}$

Inferiore: $\overline{y}_t + \delta \cdot d_{t-m}$

Capitolo 9

Remote Monitoring

Analisi rete remota rispetto dove siamo noi.
Importante perché tutta la parte interessata dalle informazioni sta alla periferia di internet (edge), inoltre è anche "forzato" dalle parti wireless che sta diventando predominante. Dal core ci passa si traffico ma è sempre minore. Il core diventa meno importante perché comunicaz in perferia.
Diventa necessario . . . Inote tipi traffici che nascono e muoiono in periferia senza passare dal core.
Il problema è andare a spillare il traffico remoto, vedere il traffico che fluisce in questa rete. Nn sempre banale perché magari necessario modificare la rete. Quindi attenzione alla topologia, e attenzione ai tap di rete usati percHé hanno limitazioni importanti.
Anche le funzionalità di monitoraggio degli apparati di rete comuni sono limitate, spesso il massimo che posso vedere sono i byte totali, ip assegnati. . .
Spesso i costi per sistemi di monitoring sono importanti.
Misura in remoto tramite snmp nasce subito dopo mibv2. con snmp misuro quanto ma non posso fare misure pià complicate, e non posso assegnare soglie e in base mandare allarme ma misurare in continuazione e fare i nostri calcolo.
MIB RMON (MIB SNMP), risolve problema monitoraggio remoto. Consente di gestire disservizi. Inserisce un minimo di logica per generare allarmi.

9.1 RMON

Cosa fà? Primo passaggio da monitoraggio snmp a monitoraggio a pacchetti.
Vedo traffico di rete remoto e metto una sonda remota.

RMON vs SNMP SNMP controlla e configura un probe, solitamente con GUI. SNMP esegue la **richiesta periodica** (polling). L'azione è eseguita dal manager.
RMON sposta un po' della logica nell'apparato, che raccoglie da sé stat e impostare allarmi direttamente sull'apparato.
Gruppi RMON

Statistics: vedo info che SNMP non dà precisamente, es pacchetti droppati

History: dati i contatori (es. quante volte una porta cambia stato) consente di non andare sullo switch e leggere e scrivermeli ma chiedere la storia recente del contatore. Memoria piccola, 3-5-10 misure, poche. RMON legge un po' nel passato, SNMP legge sempre e solo in real-time

Alarm:

Host: a livello di host quali traffici per un certo host, es. byte in out per certo host.

HostTopN: per i top N host quanto traffico fanno, quale porta più occupata. Se c'è connesso un PC è il colpevole, ma se ce ne sono N non mi è chiaro. Con HostTopN analizzo traffico della porta e trovo N computer che fanno più traffico. . .

Matrix: mostra comunicazioni tra indirizzi

C'è anche una formula per capire quanto è usata una porta di rete (100x((packets x 160)+(octets x 8)))/(portspeed x timeinsec)

Allarmi Impostare soglie su contatori di RMON, soglie di due tipi: rising e falling. Quando troppo alta (rising) o bassa (falling) posso effettuare operazioni.
Es troppo traffico se utilizzo sup a 80% manda allarme.

Case Study ... RMON va a mappare ogni quanto misuro dati, valori di soglia

9.2 RTFM

Real-Time Flow Measurement
Cambio di architettura.

Meter: colui che misura, il contatore. Và messo dove passa il traffico

Reader: parla col meter e tira fuori i suoi dati. Deve essere "vicino" al meter, ma non è dentro

Manager: gestisce configurazione di meter e reader e che chiede i dati. Implementato in SNMP

Applicazione: fa i grafici, configura il manager...

9.3 Monitoraggio a flussi

Nel caso di SNMP agent (dove passa traffico) e manager (query all'agent). Nel caso di un problema, agent avverte manager tramite trap (cambio di stato, o superamento soglia in caso di RMON).
Agent snmp non è libero di monitorare tutto, si limita al MIB.
Nei flussi prendo traffico di rete, lo metto insieme in base a caratt (es protocollo, stesso ip:porta sorg, stesso ip:porta dest = quintupletta)
Non configuro il flusso. Nel caso di NetFlow la device stessa dove passa il traffico di rete (es router) prende e spara verso collezionatore (manager) le informazioni da monitorare. In questo caso quindi i flussi sono prodotti ed emessi verso colui che deve riceverli.
No concetto allarme ne abilità per agents di fare alcunché: tutta la logica è nel collezionatore.
Strumentazione del probe è fatta offline.
Probe sono posizionati dove fluisce il traffico.
Cosa si misura? Dove viene scambiato il traffico organizzato per gruppi autonomi, IP...
A livello applicativo quanto traffico in base a porta o protocollo
Quali servizi, livelli di traffico...
Con i flussi non si riesce a misurare traffico nonIP, informazioni livello 2 (stato delle interfacce), traffico flitrato (firewall), statistiche per-link, statistiche per applicazioni.

flusso : insieme di pacchetti accumunati da una stessa quintupletta. Flussi sia unidirezionali che bidirezionali. Calcolati dal probe (era: agent) che qguarda traffico che passa attraverso e lo misura. Flusso creato quando vedo il primo pacchetto del flusso, probe sta fermo.
Massima durata flusso regardless lo stato della connessione: termino flusso o quando dura troppo o quando non c'è traffico per un po' di tempo.
Contenuti del flusso: peers (src e dst), contatori (packets, bytes, tempo), info routing (sistema autonomo, netmask, interfaces).
Possono essere uni e bidirezionali. Due flussi unidirezionali opposti sono equiv a uno bidirezionale. Flussi bid possono contenere altre info come rtt o comportamento tcp.
Problemi vari
Overhead vs accuratezza

+ misure + dati

+ aggregazione flussi - granularità

overhead su router, switc e endhosts

Security vs data sharing

flussi devono andare ai collezionatori su cammini protetti

privacy va rispettata

misure di traffico devono essere mantenute protette per non rivelare informazioni di rete importanti a terze parti

Capitolo 10

ScaPy

Manipolazione di pacchetti in maniera semplice. Con Pcap si legge e invia, ma gestisce i pacchetti raw e non permette di manipolarli, funge da specie di socket. Wireshark è molto utile ma è un tool a sé state, ma se serve fare cose in batch non è molto utile. Wireshark può essere collegato tramite API a PyShark, ma è sola lettura. ScaPy permette sia di inviare che di ricevere.

Modulo ScaPy è un modulo Python.
Cosa ci possiamo fare?

Manipolazione dei pacchetti
Ha un operatore particolare, `/` che permette di creare un pacchetto, esempio: `packet = IP() / TCP()` che crea un pacchetto IP e sopra ci mette una parte TCP. Senza i parametri lo crea con opzioni di default (es IPv4) e non bisogna preoccuparci granché dei campi non riempiti, possiamo spedirlo (anche se non va da nessuna parte perché non ha indirizzo di destinazione).
Con `ls(IP, verbose=True)` stampa i vari campi, con tipo e valore. Più o meno è la stessa informazione vista con Wireshark e Tshark.
Volendo posso stampare un campo voluto, ad esempio con `print(p[IP].src)`.
`summary()` stampa tutti i campi del pacchetto.

Interagire con la rete
Permette di inviare e ricevere i pacchetti, oltre a crearli. La funzione per inviare traffico è `srl()`, ad esempio `r = srl(IP(dst="8.8.8.8") / UDP() / DNS(qd=DNSQR()))`.
`srl()` riceve anche la risposta, che nell'esempio sarà memorizzata in `r`, che posso leggere ad esempio con `r[DNS].an`.
`srp()` invece consente anche di specificare la parte ethernet. Spedisce una lista di frame e ritorna due variabili

- `r`, lista di query e risposte
- `u`, lista di pacchetti non risposti

Pcap
Possiamo leggere e scrivere un file pcap, con `wrpcap("file.pcap", r)` e `rdpcap("file.pcap")`...
Con `command()` su un pacchetto pcap, ritorna il comando da fare con ScaPy per ricreare un pacchetto di pcap.

Sniffing
Con il comando `sniff()`, applicando filtri, funzioni...

ARP
Con `arping("192.168.1.0/24")` per mandare richieste ARP sulla rete specificata. La differenza con ICMP è che il ping classico può essere ignorato. Con ICMP quando c'è risposta la macchina è attiva, quando non c'è non si può sapere.

AnsweringMachine
Permette di gestire le risposte, un esempio è avviarla in monitoring su un'interfaccia.

Capitolo 11

Flussi

Flussi unidirezionali con IP src/dst come key

Flussi unidirezionali con IP, Porta e protocollo come key Avrò più flussi perché distinguo anche i protocolli usati e le porte, quindi ho maggiore informazione sul traffico.

NetFlow Architettura a flussi, prima coniata da Cisco. Funziona diversamente da ciò che si è visto fin'ora. Abbiamo un router con un probe (sonda di rete, traduce pacchetti in flussi). La funzionalità di misura è secondaria (il router deve andare bene), ma catalogare i flussi richiede memoria. Router calcola i valori con il probe ma non ha capacità di memorizzazione: manda verso Flow Collector (un pc con un software apposito). Il collezionatore riceve flussi e fa qualcosa: es. manda dati a interfaccia web.
C'è anche problema se si monitora rete abbastanza grande. Si possono mettere più collezionatori che collaborano fra loro, ognuno attaccato ad un endpoint (router verso l'esterno) della rete.

Spazio Lo spazio richiesto dipende dal traffico. Qualche valore solito:

67320 ottetti/flusso, 92 pacchetti/flusso

Router occupato: 367GB traffico al giorno, 548000000 pacchetti al giorno, cioè 5900000 flussi al giorno

NetFlow Flussi unidirezionali fino a v8, bidirezionali dal v9. La più comune è v5, l'ultima è v9.
Analisi solo del traffico inbound e IP (non su tutte le piattaforme). IPv4 unicast e multicast. IPv6 solo su v9. La v9 è aperta, cioè integrabile con moduli personalizzati.
Protocollo aperto definito da Cisco e supportato su IOS e CatIOS e su altre piattaforme Cisco.
Ogni versione ha un formato di pacchetti: fino alla 8 era chiuso, dalla v9 è dinamico e aperto a estensioni.
Numeri di sequenza: v1 non ha numeri di sequenza, fino alla 8 numeri di sequenza per flusso e dalla 9 numeri di sequenza per pacchetto (non flusso)
Qualche versione è specifica per alcune piattaforme di Cisco.

Usare i flussi Cosa c'è dentro un flusso? Questa domanda risponde anche a cosa ci faccio con essi. Nella parte di chiave: la quintupletta

Protocollo

IP src/dst

Porta src/dst

Altre info

QoS: Flag TCP, tipo protocollo e tipo di servizio

Porta: indice di porta in e out

Info di routing: next hop, da/verso quale AS...

Contatori: di byte e di paccketti

Tempo: sysuptime start/end

Nascita e morte di un flusso Siamo a livello 3. Il traffico deve entrare e uscire dal router, quindi interf ingr e usc: il traffico è esaminato, cioè passato al probe. Posso mettere nel pc di casa un software per sniffing, ma nel router i pacchetti passano attraverso di lui. Probe prende dati e li raggruppa, li gestisce. Si tiene una cache dei flussi attivi. Appena c'è pacchetto non conosciuto la popola.
Al suo interno ha sistema ispezione pacchetti. In cache c'è una sorta di hashtable, come chiave ho ip porte..., come valore ho *almeno* i byte e i pacchetti.
Terminano quando:

La comunicazione di rete termina (es: FIN)

Dura troppo (default 30m)

Non attivo da troppo (default 15s)

Cache piena e necessario purge (è limitata, non è raro non poter gestire tutti i flussi)

Perché taglio quando il flusso dura troppo? Sennò manderei i dati tutti alla fine, con picchi di traffico, e sballerebbe le misura.

Pacchetti NetFlow Header comune rispetto alle varie versioni. A seconda della versione c'è un campo che specifica il numero di record N. N è determinato dalla dimensione massima del payload UDP (circa 1480 byte), $N = 30$ per v5. Nessuna frammentazione.
Header contiene:

version es: 5

count (numero di record nel payload)

sysuptime del router (da quanto è acceso)

unix_secs (epoca del flusso, secondi da 0000 UTC 1970)

unix_nsecs

flow_sequence (numero di flussi inviati, per sapere se collezionatore si è perso qualcosa non sa cosa ma sa di aver perso qualcosa)

engine_type per caratterizzare tramite info su chi ha generato i dati

engine_id numero di slot per l'engine

Flusso contiene:

srcaddr ipv4

dstaddr ipv4

nexthop (per sapere come viene routato traffico dentro il pc:

input indice di interfaccia snmp

output indice di interfaccia snmp

dPkts numero pacchetti

dOctets numero ottetti

First sysuptime dell'inizio del flusso

Last sysuptime dell'ultimo pacchetto

srcport TCP/UDP porta origine

dstport TCP/UDP porta destinazione

pad1 padding

tcp_flags or cumulativo dei flag tcp

prot protocollo ip (6=TCP, 17=UDP...)

tos type-of-service

src_as as origine

dst_as as destinazione

src_mask bitmask source route

dst_mask bitmask dest route

pad2 padding

Pacchetto NetFlow In SNMP dati letti tramite polling (eccettuate le trap). Cambi di stato SNMP sono pochi, agent SNMP non fa attesa attiva ma è S.O. stesso a comunicare a SNMP quando cambia qualcosa. Es: Inotify (`wikipedia.org/wiki/Inotify`) o netlink (`wikipedia.org/wiki/Netlink`) su Linux.
In NetFlow però siamo obbligati ad analizzare attivamente ogni pacchetto che passa. Inoltre buffering limitato, quindi pacchetti vanno gestiti subito. Inoltre la quantità di flussi da esportare dipende molto dal tipo di traffico. Può esserci un solo flusso su 10 gigabit, ma posso avere decide di flussi su 7 megabit.
Il traffico conteggiato da NetFlow è inferiore da quello che verrebbe contato da SNMP.

Perché serve NetFlow v9? La v5 ha solo IPv4, poche informazioni (pacchetti e byte). Ogni volta che si deve aggiungere qualcosa bisogna rifare il formato, aggiornare software...
In v9 risolvono problema della flessibilità: flussi mandati con un template che indica i campi. Inoltre supporta il livello 2, traffico VLAN e altri tipi di incapuslamento come MPLS, oltre che IPv6.

Template Mandato prima dei flussi, così da specificare al collezionatore in che modo interpretare i dati ricevuti. Specifica una maniera di mappare le info relative al flusso.
Vengono mandati periodicamente.

Sampling Per ridurre il carico sulla macchina introduco il sampling: non analizzo ogni pacchetto, ma ad esempio uno su 10. Questo introduce un errore, sia sul conteggio dei byte che sulle informazioni trovate. Sampling da usare solamente in situazioni particolari.
Si parla di **packet sampling**, ma si può fare anche **flow sampling** (esempio: esportarne uno su 10). Questo per ridurre il traffico sul collezionatore.

Principi del v9 Modello push probe verso collezionatore come in v5
Manda template regolarmente (ogni tot flussi, ogni tot secondi)
Indipendente dal protocollo sottostante (UDP/TCP)
Può andare sia template che record in una export
Può mischiare le informazioni sui flussi nel singolo record.
Posso inserire nuovi campi oltre counting di pacchetti e byte: contenuto, velocità...
Si aggiorna *ogni tanto*, all'esportazione del flusso (tipicamente scadenza timeout)
Salta 24Byte perché parte da livello 3.

Configurazione Cisco IOS Configurato su ogni interfaccia, specificando versione e IP del collezionatore. Specifico sampling rate, durata massima e aggregazione (
Si abilitano flussi basandoli sull'interfaccia.

Configurazione Juniper JunOS Si appoggia al firewall, quando pacchetti attraversano router (eventualmente non filtrante). Router divisi in data/switching plane (hw) e control plane (sw). Sorta di loopback interno per analisi traffico, per portarlo da data a control plane. Juniper usa questa interfaccia per portare pacchetti in parte di controllo, limitata a 7000 pacchetti al secondo per evitare sovraccarico. Nello spazio utente c'è il probe che calcola i flussi ed esporta.

NetFlow generico: IPFIX A inizio 2000 perché NetFlow è di Cisco
IPFIX definito dalla IETF.
Basato su NetFlow v9, abilità di definire nuovi campi del flusso attraverso un formato standard (OID, Object Identifier). Dopo aver definito il "PEN?" specifico OID univoci per me e in generale.
Protocollo di trasporto (SCTP, Stream Control Transport Protocol) orientato allo stream, connection-oriented, vincoli rilassati così da non perdere eventualmente troppo tempo a riempire il pacchetto. Opzionalmente supporta TCP/UDP.
Attualmente: bozza di specifica del protocollo.
Fondamentalmente, IPFIX = NetFlow v9 su SCTP con qualche differenza extra.

Aggregazione flussi Flussi raw ok esporto e via. Spesso dobbiamo rispondere a domande diverse: quanto traffico certo protocollo? Quando verso Google?
Una volta che ho i flussi dentro il router posso esportarli raw o aggregarli: accorpare fra loro flussi a seconda di criteri stabiliti (es: IP, maschero le altre colonne come se non ci fossero ad esempio con valore fittizio 0 e sommando eventuali contatori). **Risparmio spazio e trasmissione**. Perdo informazione, non posso separare flussi aggregati.
Permette di trovare forme tipiche per rispondere a domande tipo: porte più usate, chi parla con chi...
Una volta aggregati i dati, se fatta bene, risparmio molto spazio nella cache.

Filtraggio flussi Scartare flussi basandosi su criteri: furata, src/dest, porte...
Magari esportare solo unidirezionali. Diverso da aggregazione, possono coesistere e solitamente filtraggio applicato prima dell'aggregazione.

Esempi di intrusione Flussi con pacchetti o ottetti eccessivi conteggio
Src con tante destinazioni (host scanning) o con tante porte dest su stesso host (port scanning)

11.0.1 sFlow

Flow da non associare a NetFlow. NetFlow: insieme di pacchetti con caratteristiche in comune (a meno di aggregazione). NetFlow nasce per girare intralan, sui router per traffico che passa attraverso. Con probe software, ma anche hardware.
NetFlow è nato soprattutto per la parte geografica, non per la LAN. Se voglio sapere quello che succede in rete, il traffico non passa dal router: non vedrò con NetFlow ciò che passa in casa.
8 porte gigabit: 16 gigabit di traffico (8 gigabit andata e 8 gigabit ritorno). Diventa complicato analizzarlo.
Devo **deduplicare**: dividerlo a metà per le due direzioni.
Su una rete reale il traffico da analizzare è troppo: costerebbe di più l'infrastruttura. Inoltre sonde software richiedono lavoro: versioni diverse, librerie... e non è detto che si possa installare probe.
Entra in campo sFlow. Ci si orienta verso di esso perché aumentando i problemi aumentano i costi. Aumentando porte devo aumentare potenza e memorizzazione. Ma devo partire dal perché voglio analizzare: visibilità di rete per sapere se ci sono problemi, come stanno andando le cose. La domanda è la visibilità. sFlow non pretende di vedere tutto sempre, non pretende di essere veloce quanto la rete, si analizza 1 pacchetto ogni x (**Campionamento**: x random, non fisso, sennò rischio di sincronizzarmi con traffico periodico e vedere sempre il solito), più pacchetti si analizzano più preciso sono ma se la rete è troppo veloce si campiona di più.
Perdita controllata.

Architettura Probe campiona traffico, pacchetti campionati mandati all'sFlow collector in formato sFlow, periodicamente il probe manda al collezionatore le statistiche SNMP MIB-II all'interno dei pacchetti sFlow. Pacchetti usati per scalare il traffico. Il sampling è fatto per porta, per avere una visibilità per porta.
La differenza è che **il probe manda il pacchetto ogni n con l'header sFlow e lo manda al collezionatore, senza analizzarlo**. Ci permette di andare veloci.

`RFC 3176`, definisce formato pacchetti (UDP, non SNMP) e un MIB SNMP per accedere i dati. Architettura simile a NetFlow: probe manda **pacchetti** al collezionatore.
probe fondamentalmente sniffer che cattura 1 ogni x pacchetti (tipicamente $x = 400$ e incapsula con info sFlow.
Errore statistico $\leq 196 \cdot \sqrt{\frac{1}{numero\ dei\ sample}}$
Scalabile (aumento il rateo di sampling).

sFlow $\neq$ NetFlow
Flussi sFlow e flussi NetFlow **non hanno niente in comune**. In sFlow un campione è un flusso, in NetFlow un flusso è una quintupla con contatori.
Oltre a vedere il pacchetto può mostrare anche info sul contesto agendo sullo switch
AS source e destination relative ad ip src/dst in netflow
in sflow ho as del router che lo invia e as che lo deve ricevere
Con sflow vedo parte del traffico ma con **più informazioni estratte dal contesto**
Si riesce a sapere, sugli AP, anche user e pwd. Info riguardo al traffico come gira nella rete, grazie al contesto.

Solitamente NetFlow su router e sFlow sugli switch.

Agent Implementato in hw. Pacchetto ogni x, arricchito con info di contesto.

sFlow sugli switch, RMON su switch compatibini L2/L3, NetFlow sui router $\rightarrow$ soluzioni di analisi del traffico: sorveglianza continua sulla rete...

Ambiente
sFlow switch, ma anche su router
NetFlow router

Velocità
sFlow Multigigabit
NetFlow $\leq$ 1 Gigabit

Campionamento
sFlow sempre
NetFlow ogni tanto campiona

Monitoraggio
sFlow monitoraggio statistico
NetFlow monitoragglio accurato (senza packet loss)

11.0.2 Radius

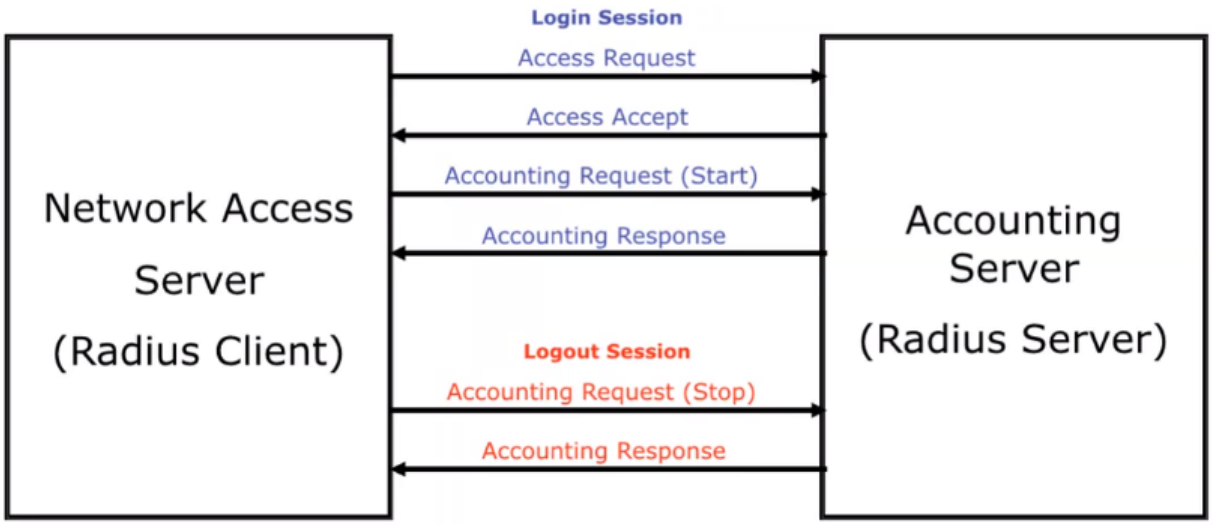
Remote Authentication Dial In User Service, protocollo comune. **Lato operatore**
Importante per:

Protocollo più usato per implementare l'autenticazione sui dispositivi di rete

Usato per le attività di billing (calcolo pagamenti) su reti cablate (ADSL, Modem...)

Consente di gestire connessioni per durata o volume

Supportato da tutti i dispositivi di rete (esclusi dispositivi a basso livello)



Il **client** è nella **centrale dell'operatore**. Client comunica con il server che mantiene info sugli utenti e risponderà si/no per accettare l'autenticazione.
Dopo accesso c'è l'accounting request start: da ora navighi e calcolo informazioni per fare "il conto". A fine si manda richiesta di stop e in base a quello si calcola costo.
Si può solamente fare billing su tempo e durata.

Capitolo 12

Data Structures

Bitmap Array di bit. Lunghezza arbitraria e aggiunta/rimozione in O(1) con operazioni su bit semplici. Memoria in base ai bit usati

```
#define bitmap64_t(name, n) u_int64_t name[n / 64]
#define bitmap64_ptr_t u_int64_t *
#define bitmap64_reset(b)   memset(b, 0, sizeof(b))
#define bitmap64_set_all(b) memset(b, 0xFF, sizeof(b))
#define bitmap64_clone(b1, b2) memcpy(b1, b2, sizeof(b1))
#define bitmap64_set_bit(b, i)   b[i >> 6] |=  ((u_int64_t) 1 << (i & 0x3F))
#define bitmap64_clear_bit(b, i) b[i >> 6] &= ~((u_int64_t) 1 << (i & 0x3F))
#define bitmap64_isset_bit(b, i) !!(b[i >> 6] &   ((u_int64_t) 1 << (i & 0x3F)))
#define bitmap64_or(b1, b2) for (size_t __i = 0; __i < (sizeof(b1)/8); __i++) b1[__i] |= b2[__i]


Example:
bitmap64_t(tot_tcp_flags_combinations, 256);   /* Define the variable (256 bit) */
bitmap64_reset(tot_tcp_flags_combinations);    /* Reset the variable            */
bitmap64_set(tot_tcp_flags_combinations, 67);  /* Set a bit                     */
```

Compressed Bitmaps Array di bit solitamente di lunghezza predefinita. Utile per specifici domini, possono essere sparse. Es. [0,12,23,500,510,522,10000] maggiorparte a 0 e solo 7 bit a 1. Inefficiente. Si possono comprimere contando il numero di ripetizioni es. 1(1), 11(0), 1(1), 10(0), 1(1), 476(0)... che significa 1 bit a 1, 11 bit a 0...
Molte librerie come WAH, EWAH, COMPAX... la maggiorparte non permettono di settare un bit arbitrario.
Se si settano bit solo in avanti si può costruire la bitmap a runtime con memoria minima.
Vantaggio: una volta compressa si possono fare AND, OR, NOT senza fare unroll (cioè decomprimere). Una delle più popolari è `roaringbitmap.org`

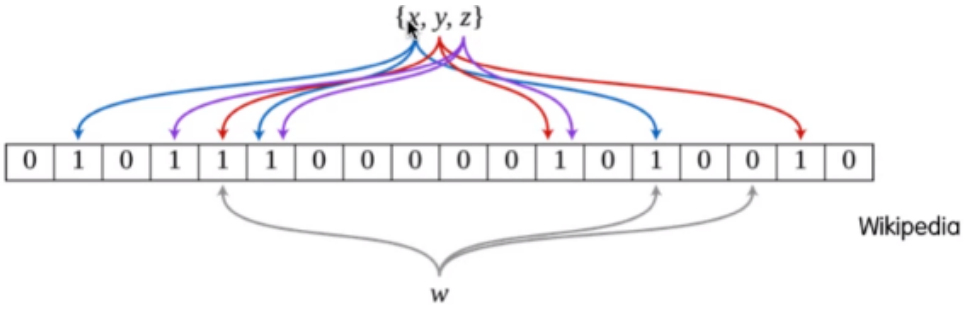
Compressed Bitmap Indexes

Row Id	Value	Col. bit0	Col. bit1	Col. bit2	Col. bit3
0	1	1	0	0	0
1	4	0	0	1	0
2	6	0	1	1	0
3	15	1	1	1	1
4	28	0	1	1	1
5	1	1	0	0	0
6	3	1	1	0	0

Sono utili per memorizzare dati flussi perché molto efficienti. Nell'esempio si ragiona per colonne, prendo uno dei valori e setto nelle colonne il valore corrispondente nei bit. Creo l'indice bit a bit, e ogni colonna rappresenta il bit i-esimo. n colonne, una per bit, se vedo ogni colonna indipendente la posso vedere come una bitmap compressa.
Dammi tutte le righe che hanno valore 1: $C_0 = 1$ AND $C_1 = 0$ AND $C_2 = 0$ AND $C_3 = 0$
Estremamente veloci, molto più delle bitree su dimensioni notevoli. Altra proprietà: per trovare indirizzi nelle netmask (tutte colonne che fanno parte della maschera settati come voglio), oppure mettere in AND due righe per prendere quelle che si intersecano su valori che voglio.

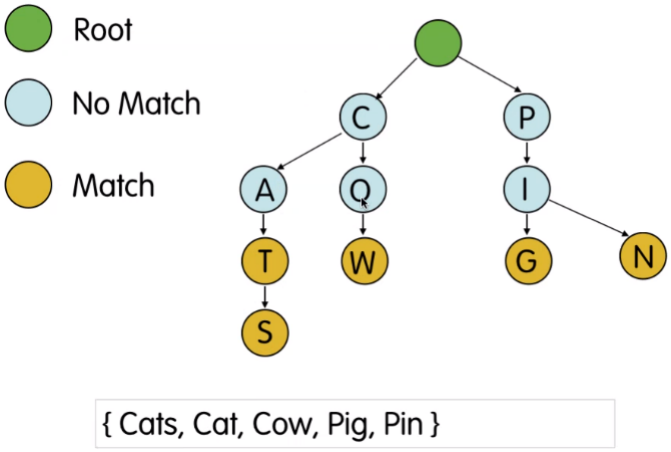
Bloom Filters I bloom filters sono strutture dati probabilistiche che rispondono alla domanda: elemento appartiene a set? Risponde con una certa probabilità.
Si può rispondere a questa domanda con altre strutture dati, come hash o bitmap molto lunghe, al prezzo di un costo molto maggiore perché in quei casi si analizzano dati raw.
Sono array di bit di lunghezza m, settando i bit usando almeno due funzioni hash indipendenti e uniformemente distribuite $h_1()$ e $h_2()$. Se voglio aggiungere α, faccio $h_1(\alpha)$ e setto i bit che vengono fuori, poi $h_2(\alpha)$ e setto i bit. Per vedere se β è presente, faccio le due hash e vedo se i due bit sono stati settati, allora **certa probabilità** che β appartiene, se uno o nessuno dei due è settato allora sicuramente non appartiene.

La probabilità non è uno svantaggio, perché permette di fare ricerche molto veloci. Essendo probabilistica **non posso avere la certezza**.



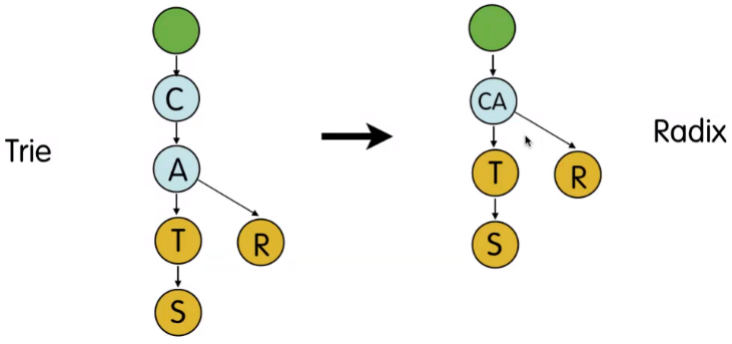
Con i **counting bloom filters** rimpiazzo il vettore di bit con un intero per sapere quanti bit sono settati o quante volte è stato settato un bit. Più memoria, ma si possono rimuovere elementi (con i bloom non si può).
Buoni hash sono murmur, nfv e md5.

Trie Pronunciato try, (pun su *retrieval and tree*). Albero non basato su comparazioni, ogni nodo ha etichetta.



Nodi aggiunti/rimossi/cercati. Possibilità di cercare stringhe che iniziano per prefissi, e generare stringa in ordine di dizionario (se link in ordine alfabetico) Performance in $O(w)$ dove w è lunghezza dell'albero.

Radix tree Come trie ma nodi collassati



Patricia Tree Numeri invece di stringhe, ogni nodo contiene una parte di indirizzi IP.
Struttura dati di riferimento per subnetting match su IPv4/IPv6.
codice su `github.com/ntop/nDPI/blob/dev/src/lib/third_party/src/ndpi_patricia.c`

Entropia Entropia misura usata per misurare come i dati sono distribuiti su un certo range. Più alta entropia più dati sono sparpagliati.
Formula `csrc.nist.gov/csrc/media/publications...`
Esempio per usarla: grado di quanto sono distribuiti i dati
Esempio di uso sul TLS: entropia dei byte prima e dopo crittografia cambia ma è sempre compresa fra delle soglie per dati omogenei. Tramite entropia si può capire il tipo di dato.