



POLITECNICO
MILANO 1863

Software Defined Networking

Giacomo Verticale

Giacomo Verticale

- giacomo.verticale@polimi.it
- <http://verticale.faculty.polimi.it>
- telefono: 022399 - 3569
- ufficio via Ponzio 34/5 (ed. 20) terzo piano
- Ricevimento lunedì 14:00-16:00



BONSAI

*Broadband Optical Networks,
Security & Advanced Internet*

- Principi di Internet
- Architettura di host e switch
- Algoritmi per protocolli
- Automazione di rete
- Protocolli SDN southbound
- Protocolli SDN northbound
- Misura del traffico
- Ingegneria del traffico

- Esercitazioni numeriche
- Laboratorio di emulazione di rete

Nessun testo ufficiale. Material di volta in volta su BEEP.

Testi di riferimento:

- un libro di Fondamenti di Reti
- G. Varghese, *Network Algorithmics*, Morgan Kaufmann 2005
- Paul Göransson, Chuck Black and Timothy Culver. *Software Defined Networks: A Comprehensive Approach*, Second Edition. Elsevier 2017
- RYU SDN Framework osrg.github.io/ryu-book/en/Ryubook.pdf

One Take on Defining Networking

How to

- Design and operate components and protocols
- That can be used and combined in many ways
- To do many things

Definition and placement of function

- What to do, and where to do it

The “division of labor”

- Between the host, network, and management systems
- Across multiple concurrent protocols and mechanisms

But, how to judge a good division of labor?

- We need some sort of “user” in mind

Different Users, Different Questions

End user who runs applications?

- Too far removed from architectural decisions

Application developer who writes applications?

- Somewhat removed, though good to keep in mind
- E.g., for what API to have, for what properties to ensure

Protocol designer who creates the protocols?

- Already presupposes some parts of “dividing the labor”

Network administrator who runs a network?

- Responsible for tuning and composing protocols
- ... to achieve a wide variety of specific goals
- (Internet was not designed with management in mind)



Principi di Internet

The Fundamental Goal



*The top level goal for the DARPA Internet Architecture was to develop an effective technique for **multiplexed** utilization of existing **interconnected** networks.*

(Dave Clark. Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols. 1988)

From these assumptions comes the fundamental structure of the Internet: a **packet switched** communications facility in which a number of distinguishable networks are connected together using packet communications processors called **gateways** which implement a **store and forward** packet forwarding algorithm.

- facilità di integrazione con applicazioni esistenti (remote login)
- facilità di integrazione di reti con diversi confini amministrativi
 - tutte le informazioni sono contenute nel pacchetto stesso
 - assunzioni minimali sul servizio di rete sottostante
- uso efficiente delle risorse

limitazione: modello best-effort, gestione delle risorse difficile

Obiettivi Secondari

1. robustezza ai guasti
2. servizi eterogenei
3. reti eterogenee
4. gestione distribuita
5. efficienza economica
6. semplicità di interconnessione
7. accountability



Importanza
decrescente

- Se l'ordine fosse diverso, Internet sarebbe diversa
- Obiettivi e priorità sono progettati per una specifica rete. Con il passare del tempo alcune di queste scelte diventano limitazioni

1. Robustezza ai guasti

I nodi e i collegamenti si guastano. Le reti devono continuare a lavorare.

Occorre preservare lo stato delle conversazioni attive. Due opzioni:

- replicazione (conservare lo stato in molteplici nodi)
 - fate sharing (accettabile perdere lo stato associato a un'entità fuori servizio)
-
- fate sharing (nodi hanno solo soft-state, datagramma)
 - robusto anche con scenari di guasto complessi
 - più facile da ingegnerizzare

Obiettivi secondari

2. Servizi eterogenei

TCP/IP designed as a monolithic transport

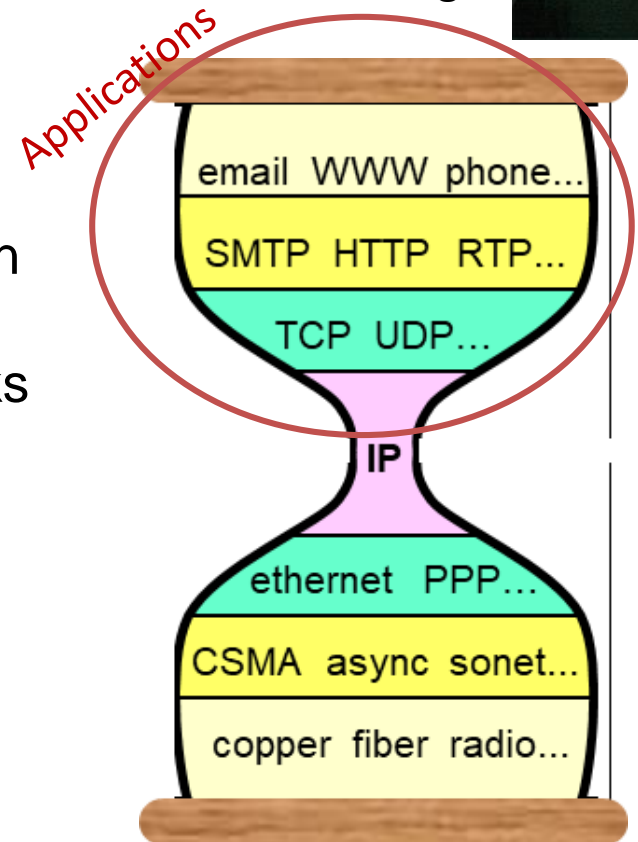
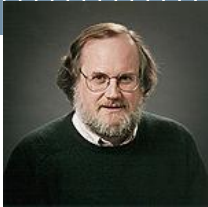
- TCP for flow control, reliable delivery
- IP for forwarding

Became clear that not every type of application would need reliable, in-order delivery

- Example: Voice and video over networks
- Example: DNS
- Why don't these applications require reliable, in-order delivery?
- Narrow waist: allowed proliferation of transport protocols

Difficult to change the waist

classista di
Steve Deering



Obiettivi secondari

3. Reti eterogenee

- Need to interconnect many existing networks
Hide underlying technology from applications
Build minimal functionality into the network
- No need to re-engineering for each type of network
 - “Best effort” service model.
 - Lost packets
 - Out-of-order packets
 - No quality guarantees
 - No information about failures, performance, etc.*

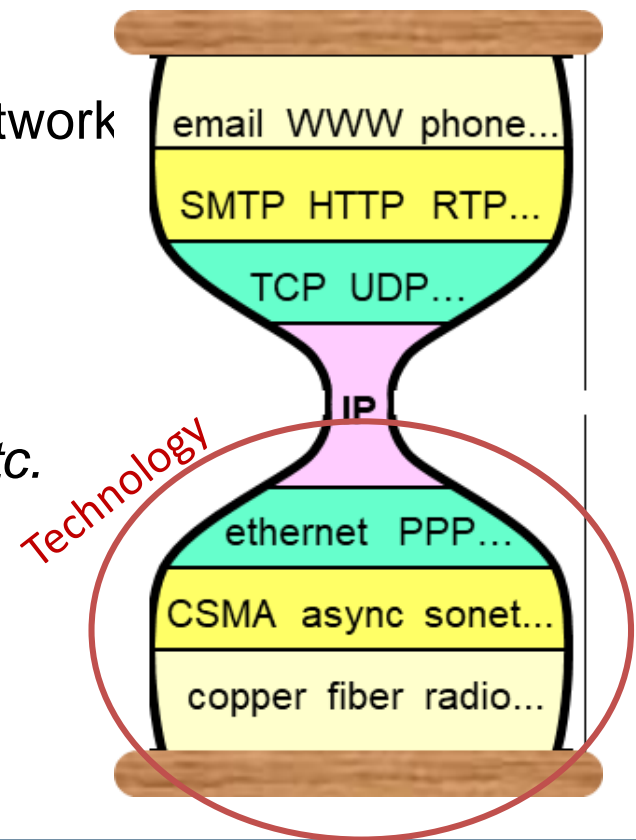
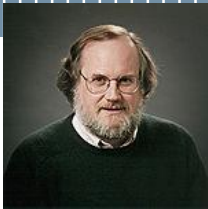
Decisions:

- Network provides minimal functionality
- “Narrow waist”

Difficult to change the waist

Network management more difficult

classista di
Steve Deering



Obiettivi secondari

4. Gestione distribuita

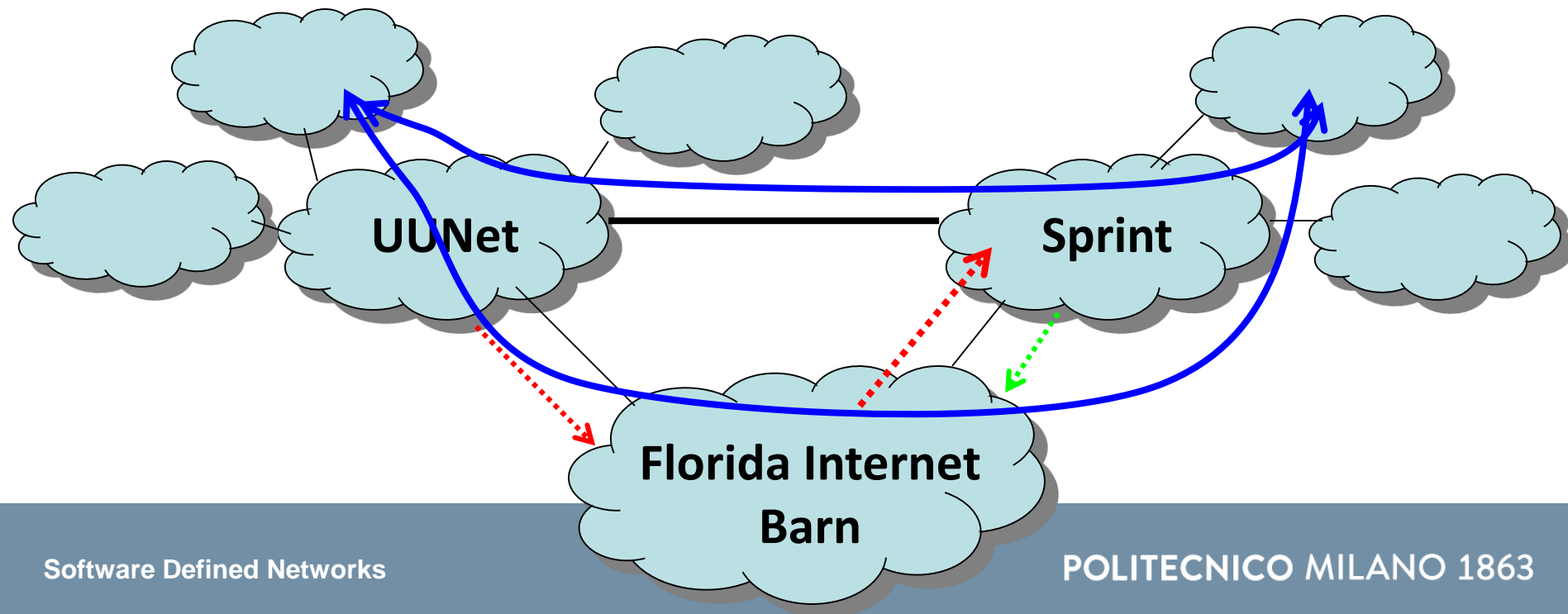
Molti esempi:

- Indirizzamento: IANA + RIR locali (APNIC, ARIN, RIPE NCC, LACNIC, and AFRINIC)
- Naming: ICANN + Registrars
- Routing: vari AS
- Nessuna entità centrale ha il controllo di Internet
- Crescita organica e scalabile
- Local actions, global effects

Some of the most significant problems with the Internet today relate to lack of sufficient tools for distributed management, especially in the area of routing. (Dave Clark)

Local Actions, Global Consequences

“...a glitch at a small ISP... triggered a **major outage in Internet access** across the country. The problem started when MAI Network Services...passed **bad router information** from one of its customers onto Sprint.”
-- *news.com*, April 25, 1997



Local Actions, Global Consequences



BGPmon.net @bgpmon · 2 feb

Incident lasted a few minutes and affected mainly networks from Asia.

Traduci dalla lingua originale: inglese



4



1



[Mostra questa discussione](#)



BGPmon.net @bgpmon · 2 feb

Starting at 21:01 UTC AS198726 (Thuega SmartService) hijacked ~5000 prefixes for a few minutes. Mainly detected via AS6939 and its customers. Details on [@bgpstream](#) [bgpstream.com](#)

Traduci dalla lingua originale: inglese



3



27



13



[Mostra questa discussione](#)



BGPmon.net @bgpmon · 13 dic 2017

Example of a [@facebook](#) prefix briefly routed towards AS39523 DV-LINK-AS [bgpmon.net/popular-destin...](#)

bgpstream @bgpstream

BGP,HJ,hijacked prefix AS32934 31.13.84.0/24, Facebook, Inc.,By AS39523 DV-LINK-AS, [bgpstream.com/event/119987](#)

Traduci dalla lingua originale: inglese



51



48



BGPmon.net @bgpmon · 12 dic 2017

New Blog: Popular Destinations rerouted to Russia

[bgpmon.net/popular-destin...](#)

affected networks such as [@Google](#) [@facebook](#) and [@Microsoft](#)

Traduci dalla lingua originale: inglese



1



129



65



Obiettivi secondari

5. Efficienza economica

Obiettivo raggiunto solo parzialmente:

- intestazioni lunghe, inefficienti per pacchetti piccoli
- ritrasmissione end-to-end, spreco di banda

Spostare la complessità sugli host sposta la gestione della complessità ai progettisti/programmatori degli host

- host più complessi, difficoltà con dispositivi con risorse limitate
- problemi con gli host (gusti, implementazioni errate) impattano il funzionamento della rete
- problemi vengono superati con il tempo

Obiettivi secondari

7. Accountability

Diventato rilevante solo con il passaggio da rete militare a rete commerciale

Sforzi significativi per definire come misurare Internet

Cosa manca?

- Sicurezza
- Affidabilità
- Mobilità
- Supporto per connessioni intermittenti
- Automazione della gestione
 - il costo dell'infrastruttura è in continuo calo, il costo maggiore diventa la gestione della rete



NETWORK INTELLIGENCE

By [Zeus Kerravala](#), Network World | MAY 25, 2017 10:58 AM PT

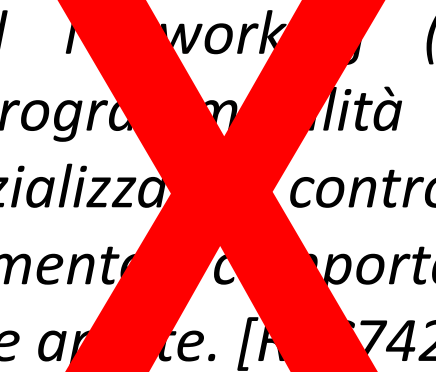
About

Zeus Kerravala is the founder and principal analyst with ZK Research, and provides a mix of tactical advice to help his clients in the current business climate.

OPINION

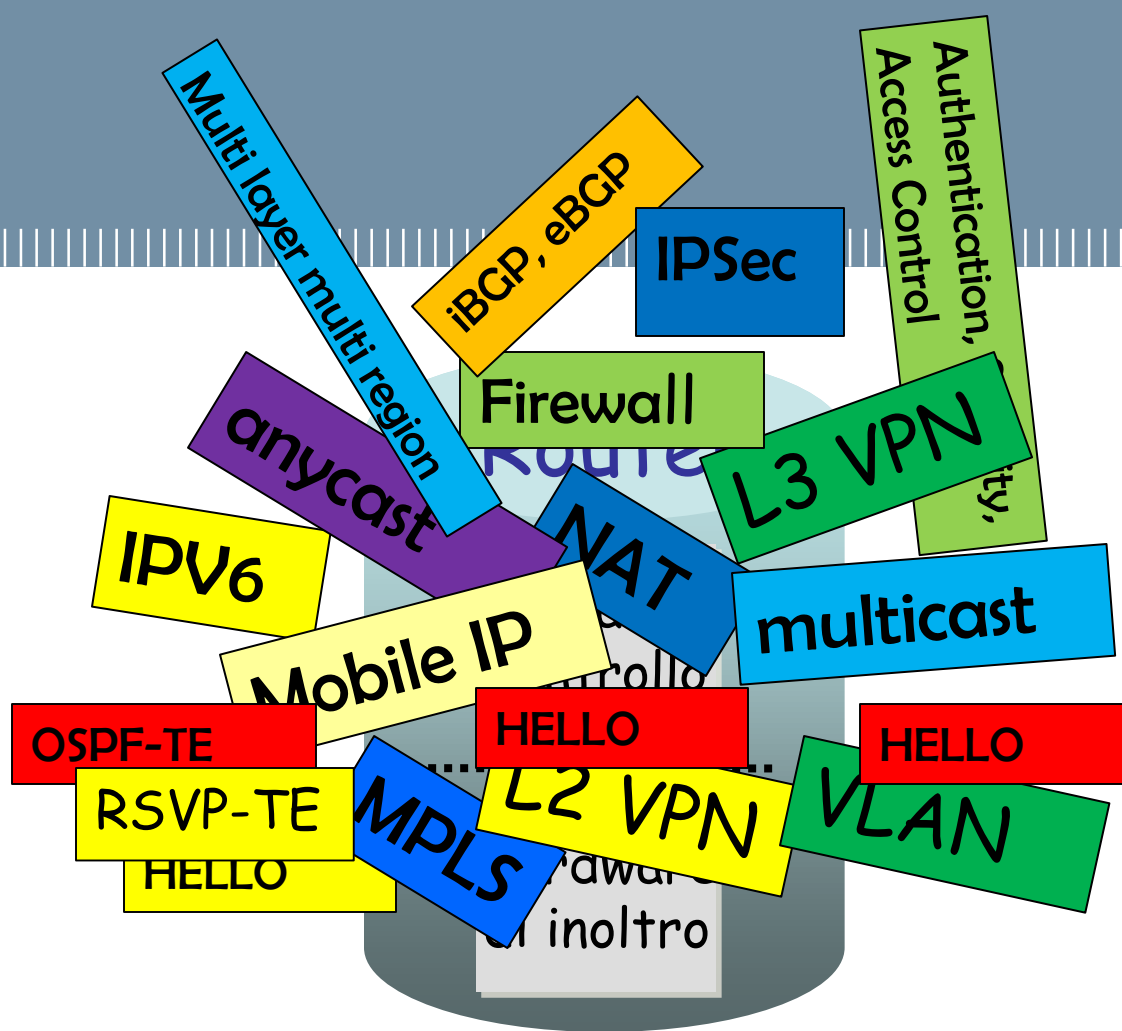
Cisco to network engineers: Get comfortable with software. It's here to stay

In this digital software-driven world, where companies must move with speed, software skills are now a must for network engineers



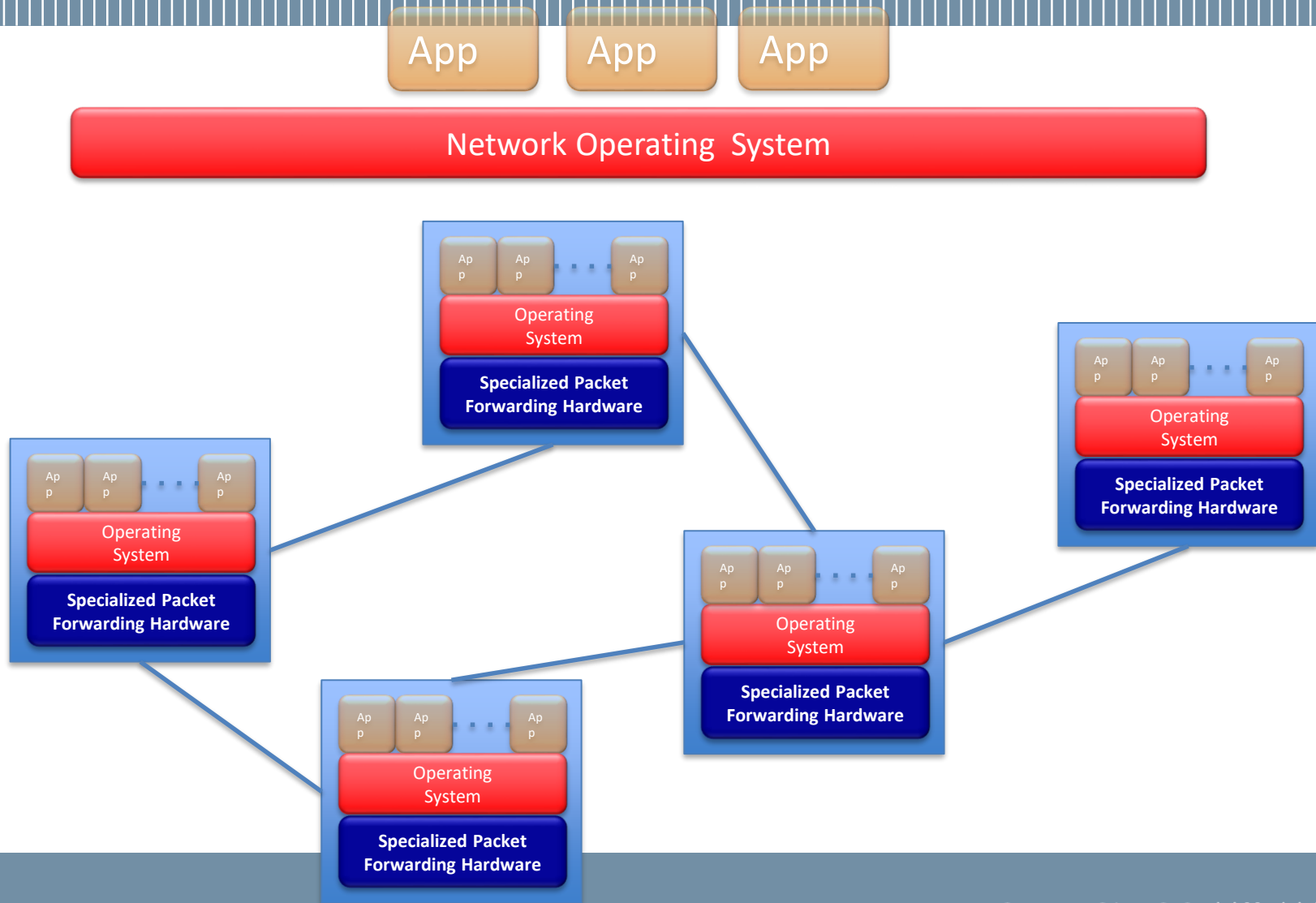
Software-Defined Networking (SDN) è un nuovo approccio alla programmabilità della rete, ovvero la capacità di inizializzare, controllare, modificare e gestire dinamicamente il comportamento della rete per mezzo di interface aperte. [RFC 7426]

Un modo diverso di pensare alle reti



I nodi dell'infrastruttura fanno troppe cose
Dovrebbero fare meno cose con più efficienza

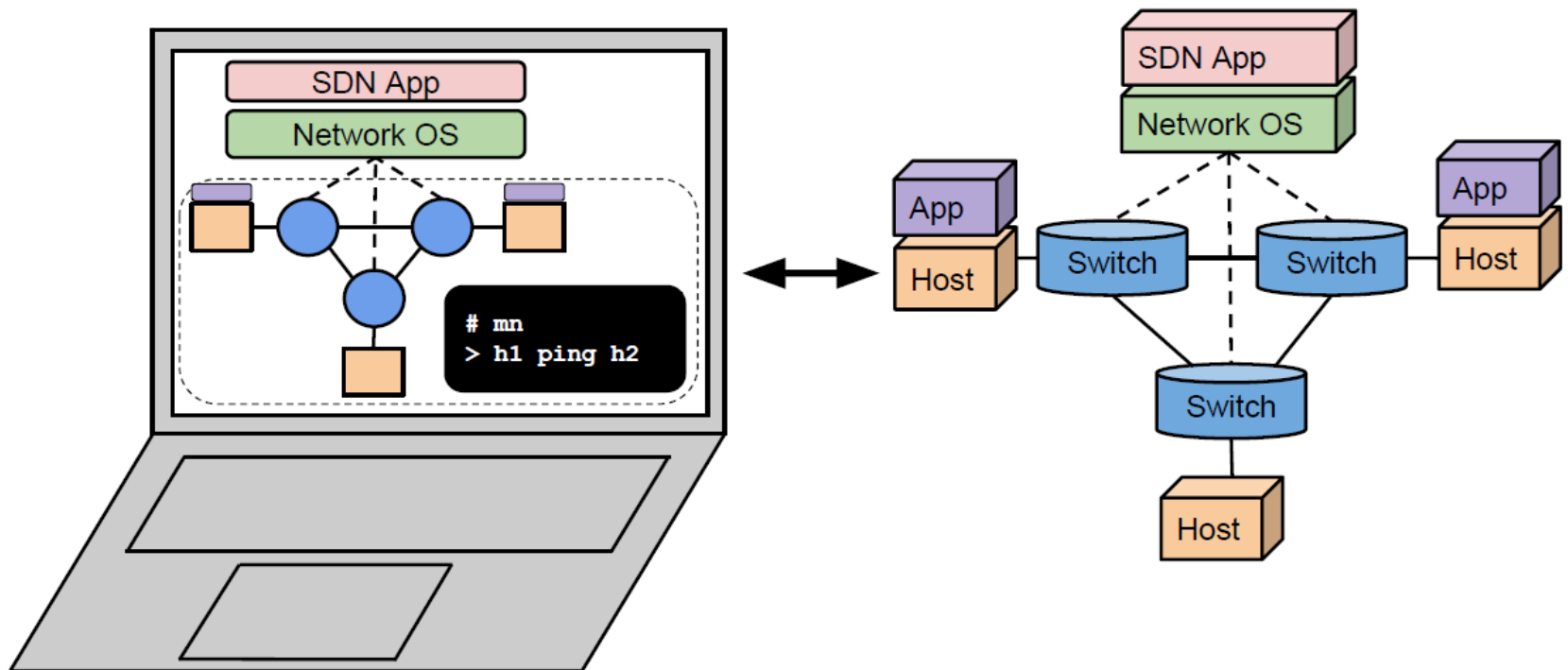
SDN sposta le funzioni di rete in un Sistema Operativo di Rete

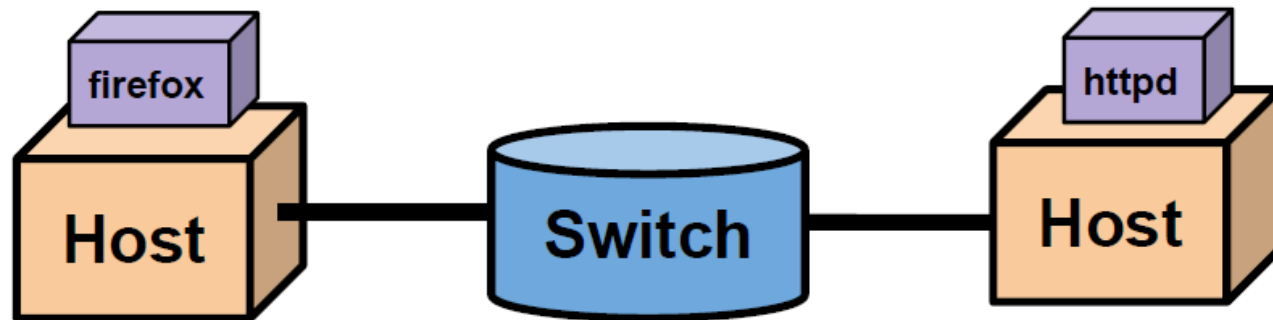




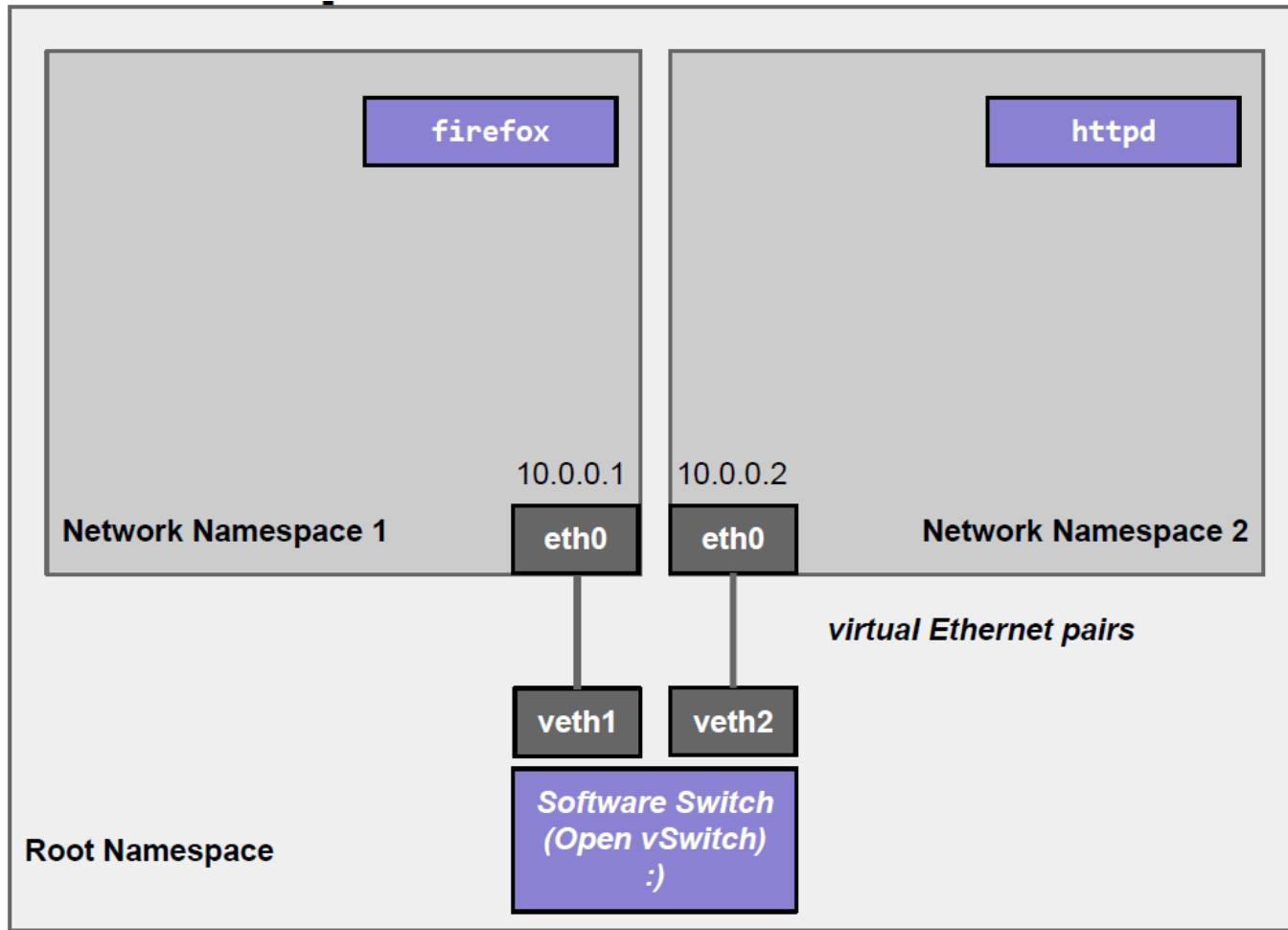
Laboratorio

Mininet





Rete emulata



Macchina virtuale per le attività di laboratorio

Requisiti:

- Virtualbox (www.virtualbox.org)
- Vagrant (www.vagrantup.com)
- file di configurazione (github.com/gverticale/sdn-vm-polimi)

Installare virtualbox e vagrant. Copiare i file di configurazione in una cartella vuota.

Eseguire

```
vagrant up
```



Per collegarsi alla macchina virtuale

```
vagrant ssh
```


Deve essere eseguito con privilegi di amministratore (sudo mn)

Parametri:

--mac

imposta indirizzi MAC progressivi

--arp

popola staticamente le tabelle ARP di tutti gli host

--topo {single | linear | tree , param ...}

- minimal \Rightarrow due host, uno switch
- single, <hosts> \Rightarrow topologia a stella
- linear, <hosts> \Rightarrow topologia lineare
- tree,depth=<livelli>, fanout=<fanout> \Rightarrow albero
- torus,<x>,<y>,<hosts> \Rightarrow toro (attenzione agli anelli)
 - richiede attivazione STP (--switch lxbr)

```
--link tc,  
    bw=<banda in Mbit/s>,  
    delay=<ritardo in ms>ms,  
    loss=<loss in percentuale>
```

Dalla console Mininet si possono dare vari comandi

- <nomehost> comando
 - esegue un comando su nomehost
- pingall
 - esegue ping tra tutte le coppie di nodi
- iperf <nome1> <nome2>
 - esegue iperf tra gli host nome1 e nome2
- exit
 - esce

Lanciare una rete lineare con 3 switch e 3 host

Calcolare la banda tra h1-h2 e h1-h3

Ricalcolare la banda impostando ritardo dei link a 10 e 100 ms