



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Δίκτυα Καθοριζόμενα από Λογισμικό

Ενότητα 1: 1.1 Εισαγωγή σε SDN, επισκόπηση
μαθήματος, και διαδικαστικά

Ξενοφώντας Δημητρόπουλος
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Credits

- Course preparation:
 - **Teaching Assistants:** Dimitrios Gkounis, George Nomikos, Manos Lakiotakis, Manos Surligas
 - **ETH Zurich's ATCN Course:** Vasileios Kotronis, Panos Georgopoulos, Bernhard Ager, Bernhard Plattner
- Slides, animations, etc:
 - Nick Mckeown and his team @ Stanford

Internet history: the basic principles

- *1961-1972*: packet-switching
- *1972-1980*: Internetworking principles:
 - autonomy - no internal changes required to interconnect networks
 - best effort service model
 - stateless routers
 - decentralized control

define today's Internet architecture

Internet history: rapid growth

- *1980-1990: TCP/IP, DNS & a proliferation of networks (100K hosts)*
- *1990, 2000's: commercialization, the Web, new apps (50 million hosts)*
- *2005-present: mobile Internet, new apps (750 million hosts)*

Internet growth highlights also its limitations

- Key Internet problems:
 - Poor security, Denial of Service (DoS) attacks, etc.
 - Hard to manage
 - Lack of availability & quality of service guarantees
 - ... among other
- In 1990s & 2000s, many research papers on QoS, active networks, and DoS mitigation

Internet Ossification

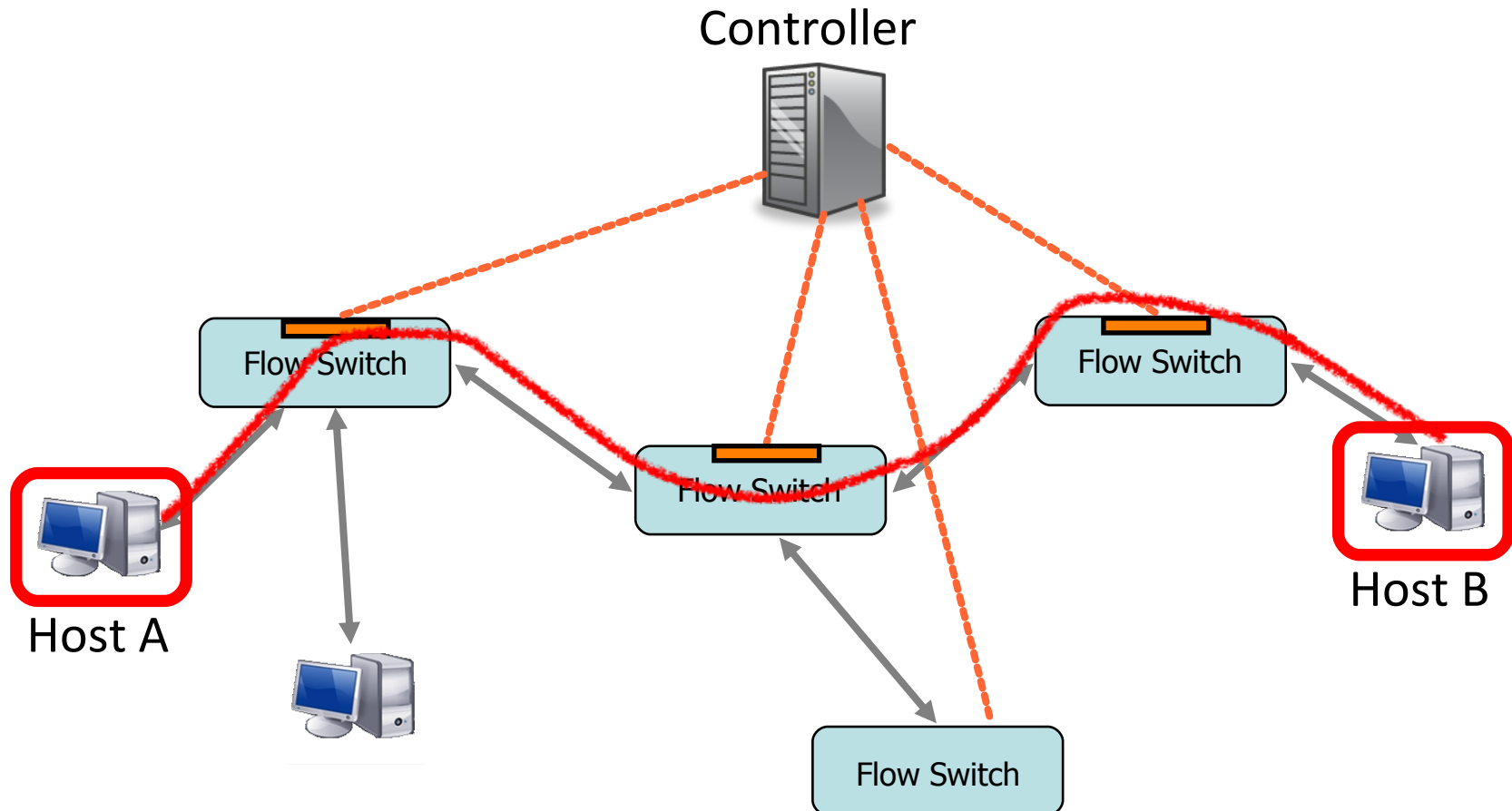
- Cannot make changes to the fundamental technologies (e.g. IP, routing) of the Internet
- Reasons:
 - High cost of adopting new technology
 - Risks of malfunctions
 - A critical mass of technology adopters is required to see the benefit

Future Internet Initiatives (2005 – on)

- Clean-slate redesign of the Internet architecture
- 100s of projects funded world-wide
- Stanford's Clean Slate Initiative funded Ethane, a precursor to OpenFlow

Ethane, a precursor to OpenFlow

Centralized, reactive, per-flow control



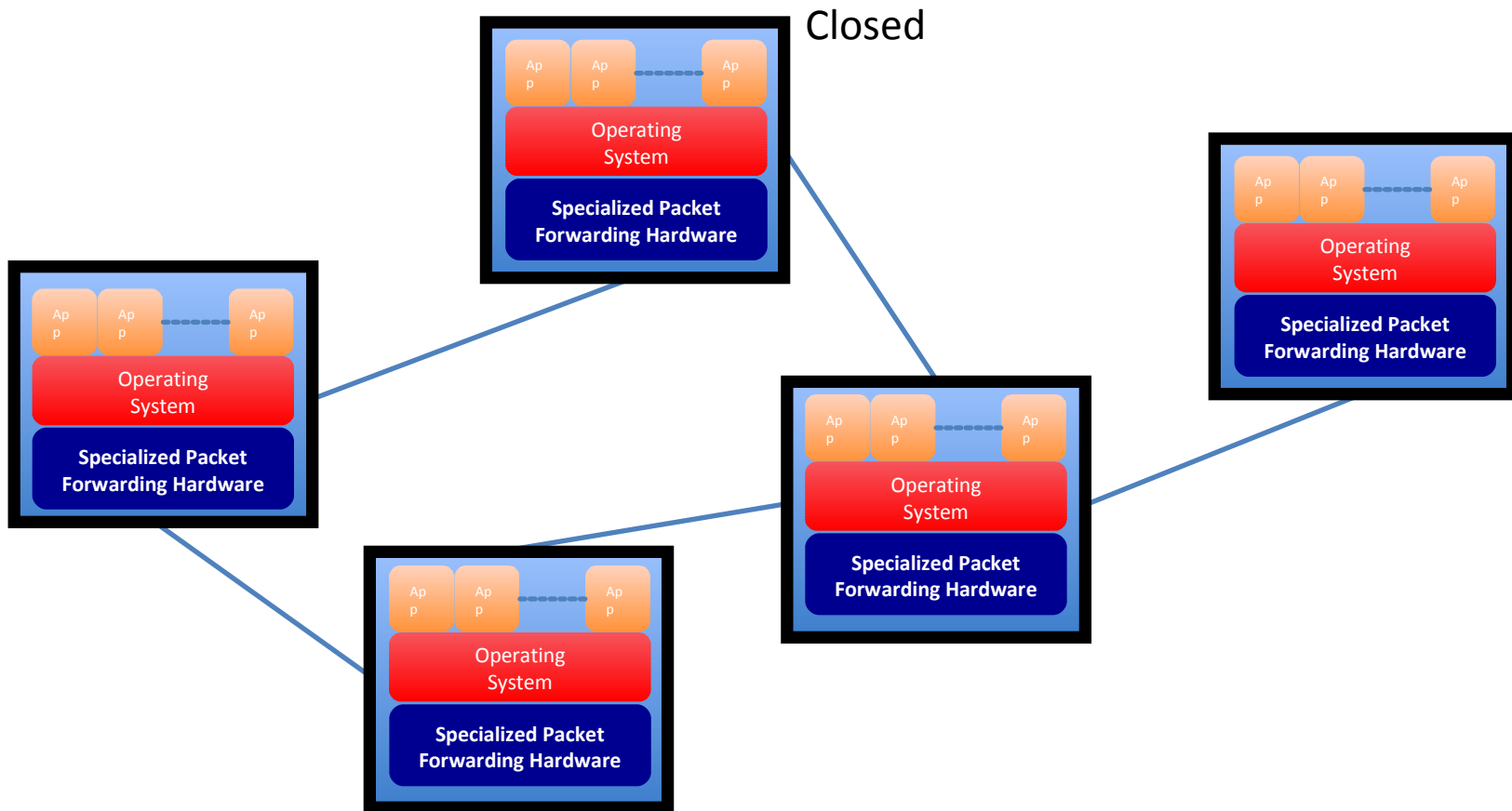
Martin Casado et al. "Ethane: taking control of the enterprise" SIGCOMM 2007

What is SDN?

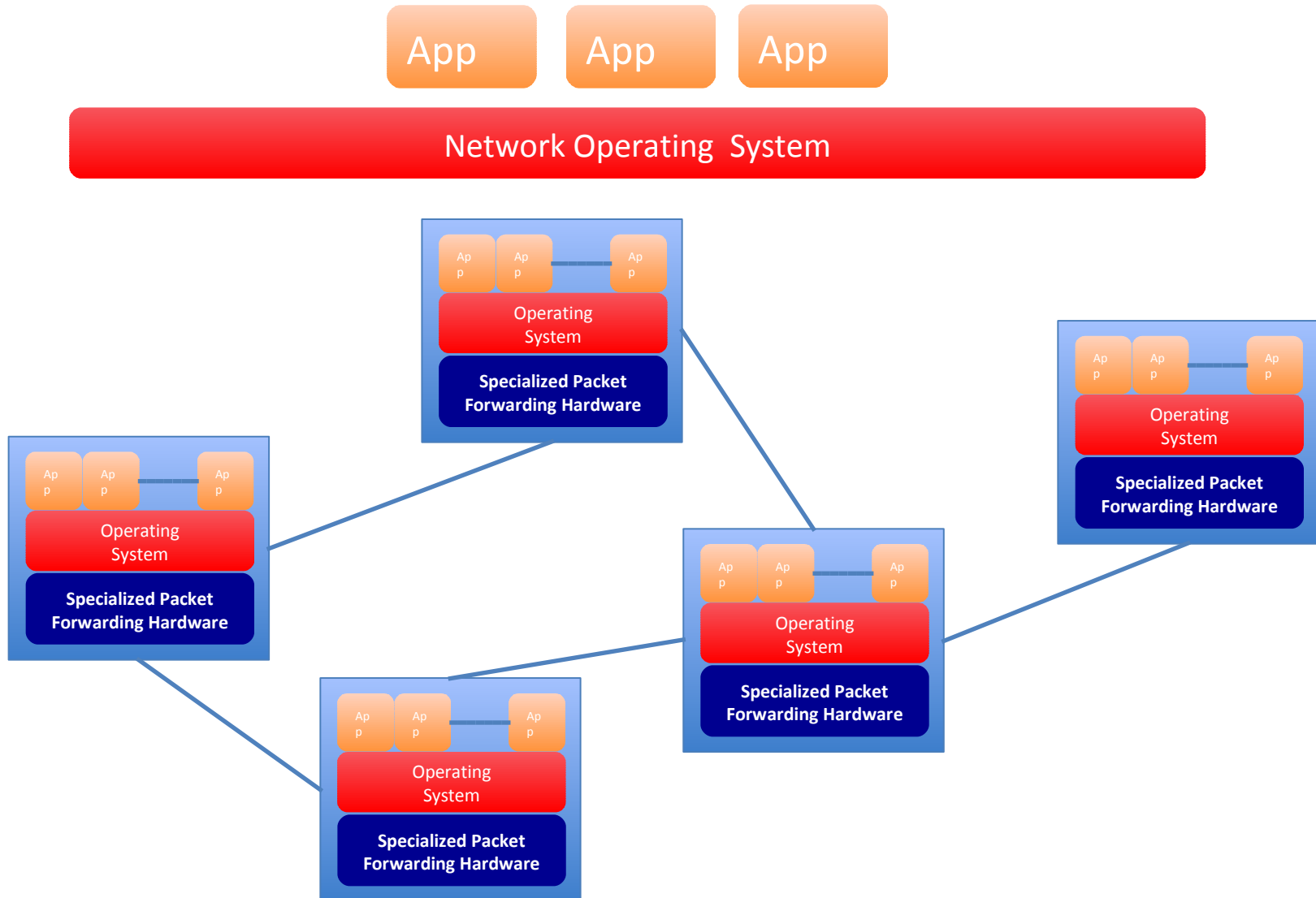
- A new architecture that makes networks more programmable than in the past
- It is based on the following principles:
 - Centralized control
 - Open interfaces
 - Flow-based routing
- OpenFlow is not SDN, but just one SDN technology

Today

Closed Boxes, Fully Distributed Protocols



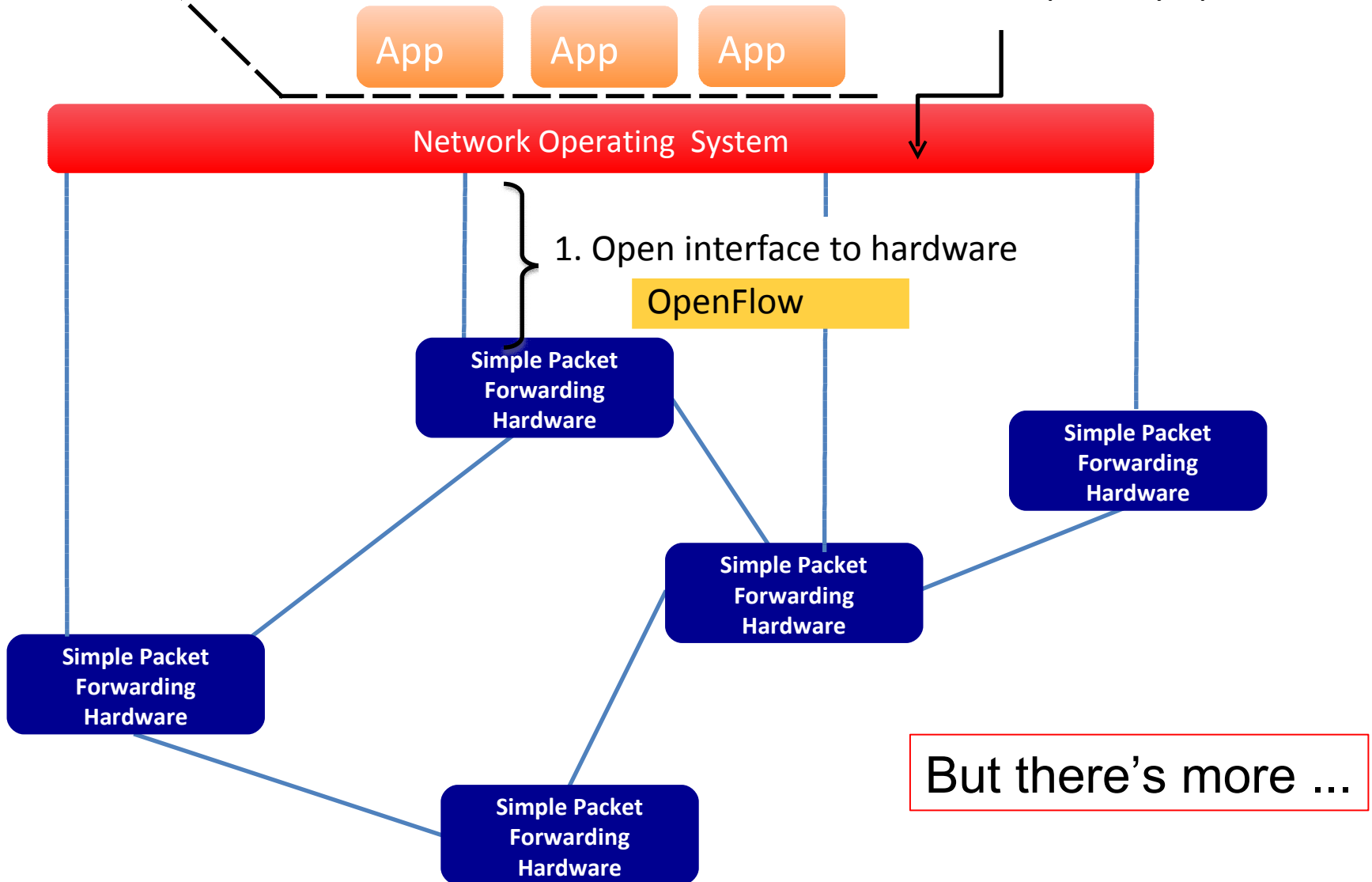
“Software Defined Networking” approach to open it



The “Software-defined Network”

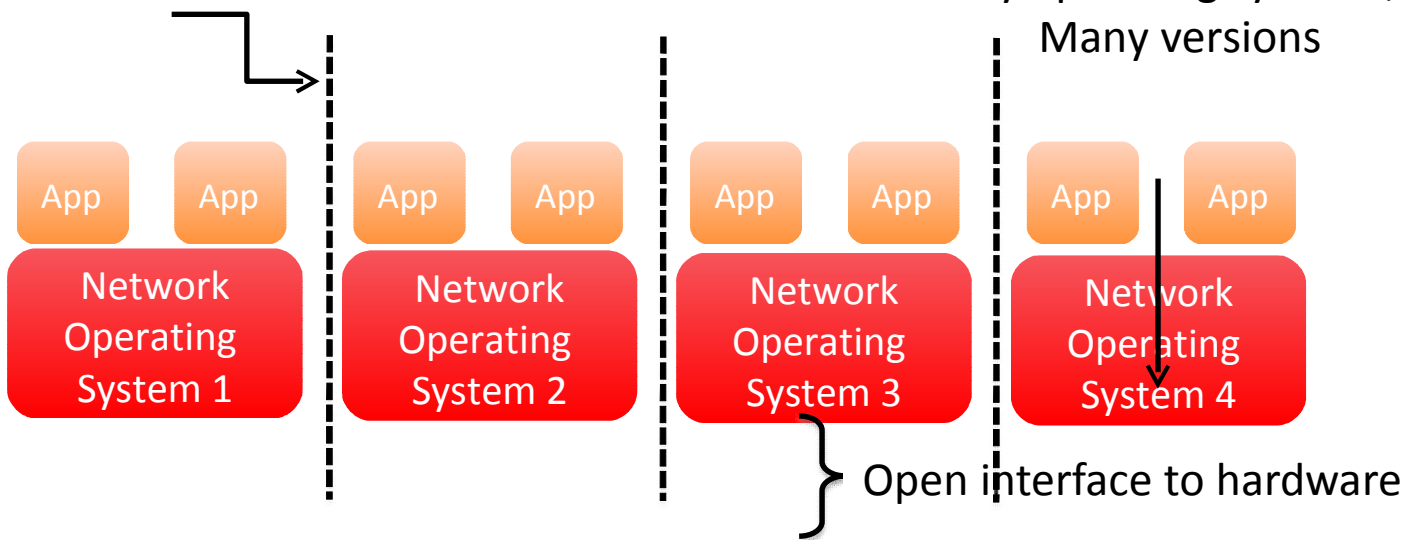
3. Well-defined open API

2. A good operating system
Extensible, possibly open-source

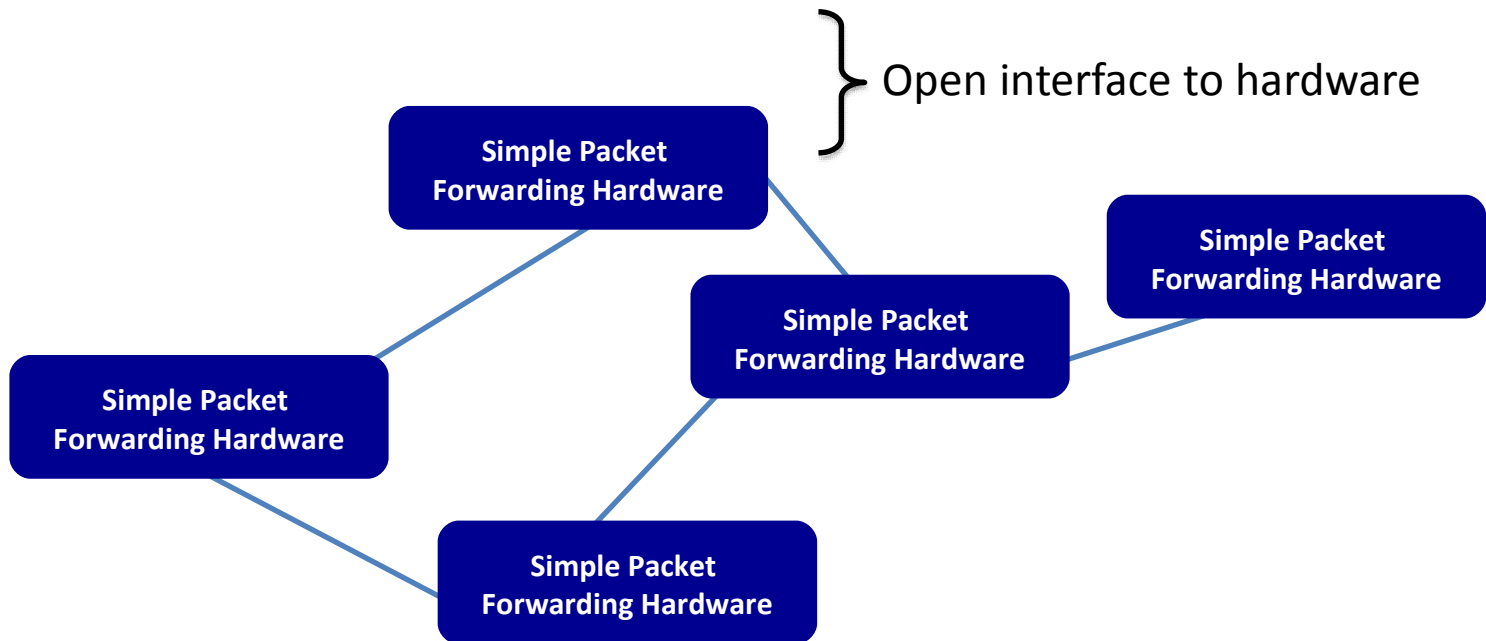


Isolated "slices"

Many operating systems, or
Many versions



Virtualization or "Slicing" Layer



SDN's relatives

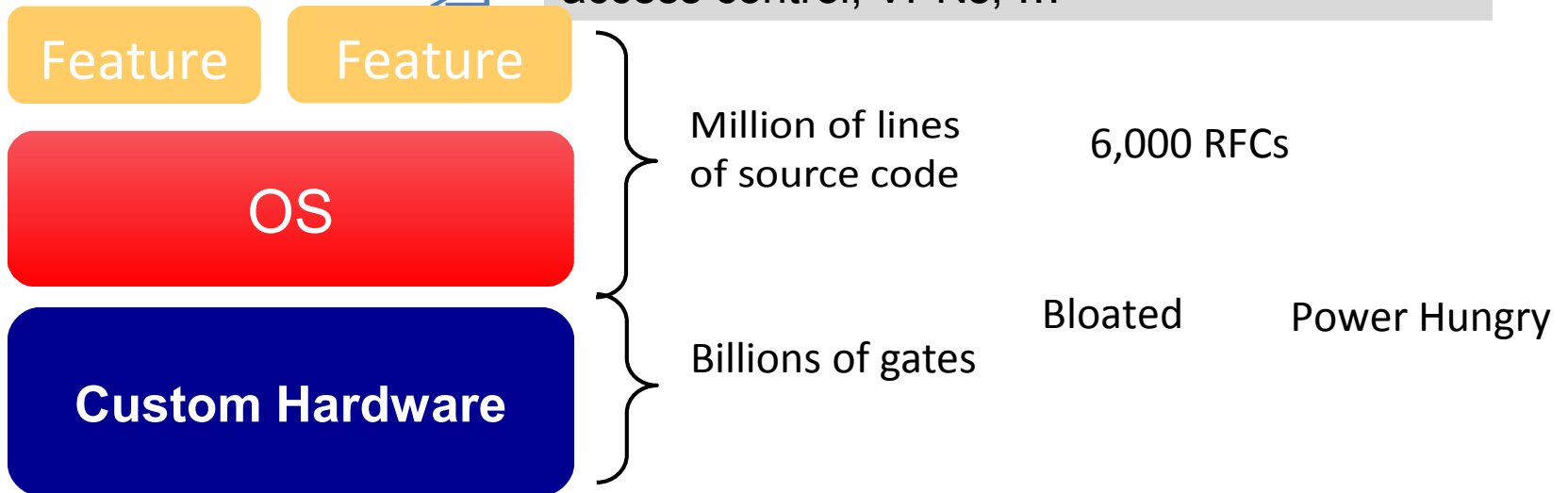
- [Active Networks \(1996 -\)](#): Capsules and programmable networks approaches
- [IETF ForCES Working Group \(2003\)](#): Forwarding and Control Element Separation
- [4D \(2005\)](#): A new Approach to Network Control and Management, proposing a network-wide view
- [Signaling System No. 7 \(SS7\)](#)

SDN though had immediate impact to the networking industry!

Networking industry (2007)



Routing, management, mobility management,
access control, VPNs, ...



- Vertically integrated, complex, closed, proprietary
- Networking industry with “mainframe” mind-set

SDN Revolution & Hype

- 2009: SDN listed in top-10 breakthrough technologies by MIT Technology Review
- 2011: Open Networking Foundation (ONF) formed to promote OpenFlow and SDN
- 2012: SDN startup Nicira sold for 1.26 bln \$
- 2014: Most networking vendors produce SDN capable switches, routers, etc.

Google's Software Defined WAN



- **Main Benefits:**
 - Simplified network management & configuration
 - Higher network utilization

Read more in “Inter-Datacenter WAN with centralized TE using SDN and OpenFlow”
Google report

SDN's Vision



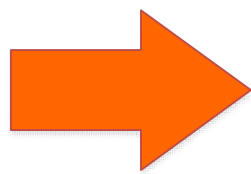
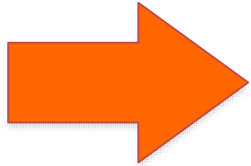
Vertically integrated
Closed, proprietary
Slow innovation
Small industry



— Open Interface —

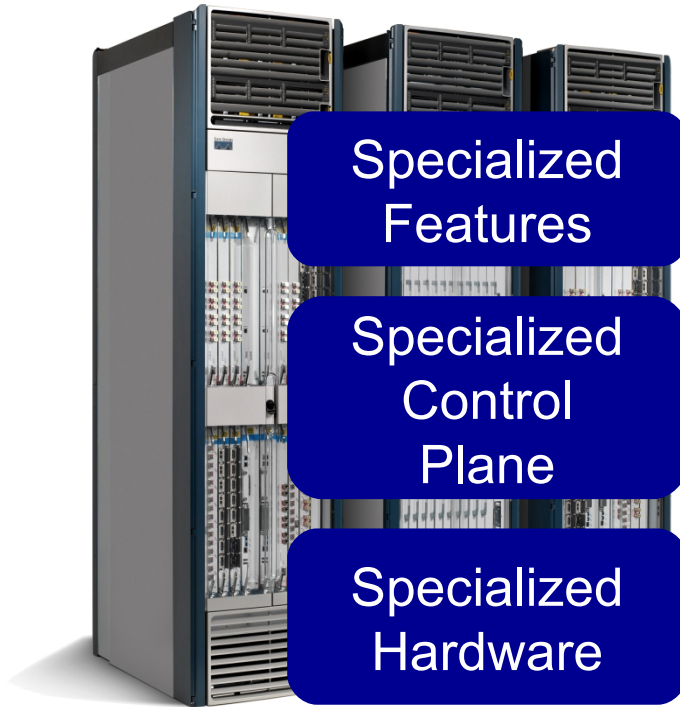


— Open Interface —



Horizontal
Open interfaces
Rapid innovation
Huge industry

SDN's Vision



Vertically integrated
Closed, proprietary
Slow innovation



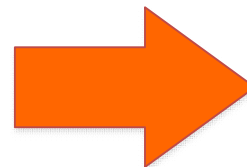
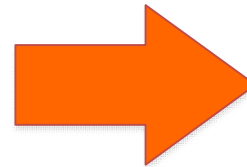
Open Interface



Open Interface



Horizontal
Open interfaces
Rapid innovation



Research questions

- How to design the interfaces
 - To the hardware («southbound»)
 - API of the network operating system («northbound»)
- Design of the virtualization layer
- Design of the network operating system
- How to achieve perfect isolation between different slices
- How to develop applications (network programming language?)
- What about security? Attack surface increased/decreased? Secure app development?

HY436 Learning Objectives

- Programming with python
- SDN concepts, technologies, and applications
- Hands-on experience with SDN tools
- SDN research topics in the University of Crete, FORTH, and other places

Theoretical lectures

1. Why SDN? and course overview
2. Back to the Basics: Necessary Networking 101 (hubs, switching, ARP, etc.)
3. All About OpenFlow
4. SDN Abstractions and Network Operating Systems
5. Network Programming Languages
6. SDN Security
7. Network Virtualization
8. SDN in the Cloud

Research Topics

- 10 Nov: Software Defined Radio by Dr. S. Papadakis, FORTH-ICS
- 1 Dec: Software Defined Materials by Dr. Liaskos, FORTH-ICS
- 12 Dec (Friday): SDN at the Inter-domain Level by V. Kotronis, ETH Zurich
- 15 Dec: SDN for Video Distribution by Dr. P. Georgopoulos, ETH Zurich

Assignments

- Assgn1: Transparent load balancer
- Assgn2: Network function composition with Pyretic
- Assgn3: Policy enforcement
- Assgn4: Software defined radio
- Assgn5: SDN in the Cloud
- Extra credit: OFELIA European OpenFlow testbed

Thanks, and have a good course
and semester!

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
 - που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
 - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
 - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ξενοφώντας Δημητρόπουλος. «Δίκτυα Καθοριζόμενα από Λογισμικό. 1.1 Εισαγωγή σε SDN, επισκόπηση μαθήματος, και διαδικαστικά». Έκδοση: 1.0. Ηράκλειο/Ρέθυμνο 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://www.csd.uoc.gr/~hy436/>

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.