

Analyse comparative des systèmes d'exploitation pour équipements réseau

Journée GDR-RSD Virtualisation et Réseaux

25 Novembre 2024

Julien CAPOSIENA, Thierry ARRABAL, Oscar CARRILLO, Frédéric LE MOUËL



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Aperçu de l'état de l'art
- 3 Méthodologie
- 4 Problématiques ouvertes

Analyse comparative des systèmes d'exploitation pour équipements réseau

1 Introduction

2 Aperçu de l'état de l'art

3 Méthodologie

4 Problématiques ouvertes

Contexte

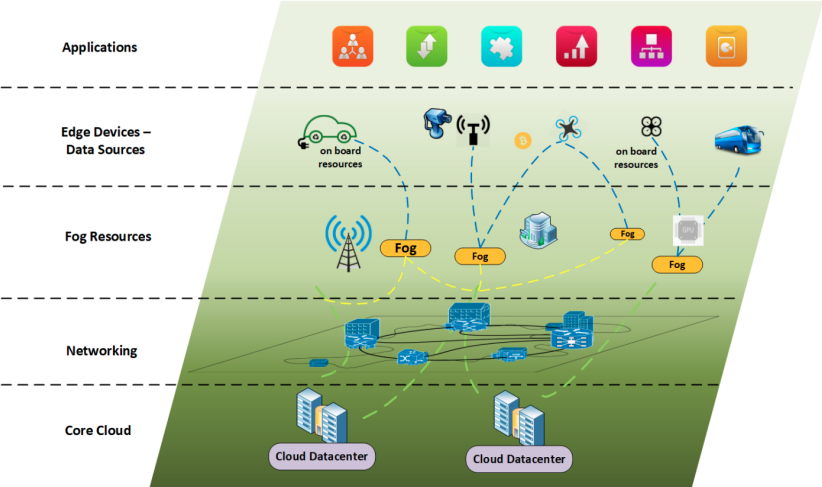


Figure: Cloud-Computing Continuum: A hierarchy of edge, fog, cloud resources serving applications computing and storage requirements. [1]

- **Operating System (OS)**

- ▶ Système qui gère des les ressources matérielles d'une machine et met à disposition une interface logicielle

- **Virtualization**

- ▶ Concept qui vise à abstraire et isoler un programme ainsi que son accès aux ressources matérielles

- **Computing continuum [1, 2]**

- ▶ Quelle est la place des OSs dans le computing continuum ?

Objectifs

- **Classifier la littérature des OS pour routeurs**
 - ▶ Établir et définir le contexte en accord avec l'état de l'art
 - ▶ Lister les OS pour routeurs, leur piles réseau et les catégoriser
 - ▶ Lister les piles de routage
- **Définir une méthodologie de comparaison des OS**
 - ▶ Lister des critères de comparaison
 - ▶ Créer un banc de test
 - ▶ Synthétiser et mettre en perspective les résultats obtenus
- **Au long de ma thèse, créer un OS**

Analyse comparative des systèmes d'exploitation pour équipements réseau

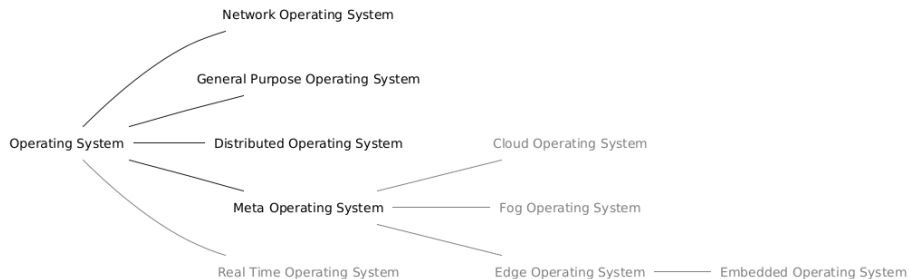
1 Introduction

2 Aperçu de l'état de l'art

3 Méthodologie

4 Problématiques ouvertes

Classification de la littérature



Piles de routage

Piles de routage implémentées par les OS listés

- FRR [3, 4]
- Quagga [5]
- BIRD 2 [6]
- Piles propriétaires (Cisco, Huawei, ...)
- SDN spécifiques à ONOS

Autres piles de routage

- Holo [7]
- GoBGP [8, 9]

Piles réseau

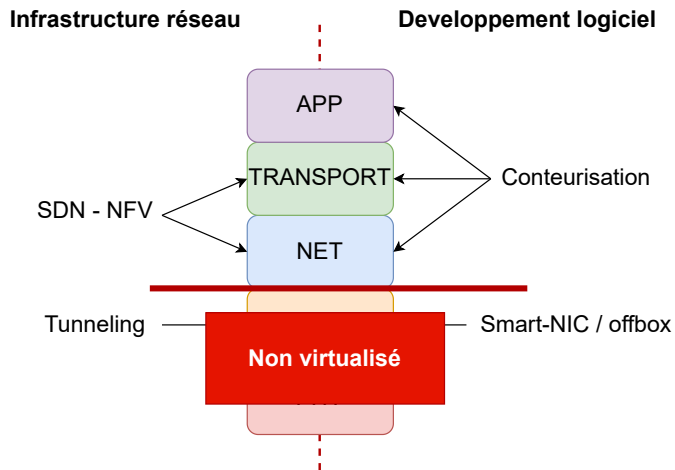
Piles réseau implémentées par les OS listés

- iproute2 [10] - Linux
- SmolTCP [11] - Motor-OS et Redox
- OpenBSD network stack
- FreeBSD network stack

Autres piles réseau

- DPDK [12, 13]
- VPP [14, 15]

Rôle de la virtualisation



Analyse comparative des systèmes d'exploitation pour équipements réseau

- 1 Introduction
- 2 Aperçu de l'état de l'art
- 3 Méthodologie**
- 4 Problématiques ouvertes

Présentation des indicateurs/métriques retenus

- **Performances** (dans plusieurs scénarios)
 - ▶ Latence moyenne entrée/sortie (ms)
 - ▶ Débit maximum théorique (Gbps)
 - ▶ Gestion des charges intenses
- **Fonctionnalités techniques**
 - ▶ Protocoles de routages supportés (RIP, BGP, OSPF, MPLS)
 - ▶ Compatibilité avec les standards actuels (OpenStack)
 - ▶ Possibilité d'ajouter des fonctionnalités (firewall, IDS, IPS, ...)
- **Administration**
 - ▶ Architectures matérielles supportés (types courants de CPU, ASIC)
 - ▶ Respect des standards de configuration (YANG, P4)
- **Communauté**
 - ▶ Origine de la source (open ou closed)
 - ▶ Fréquences de mises-à-jour
 - ▶ Présence de la communauté

Systèmes d'exploitation retenus

NOS (open-source)

- VyOS [16, 17]
- OpenWRT [18, 19]
- SONiC OS [20, 21]
- BSDRP [22, 23]
- ONOS [24, 25]
- Motor-OS [26, 27]
- OSv [28, 29]

NOS (closed-source)

- MikroTik (RouterOS) [30]
- ExtremeOS
- Junos OS [31]
- AlliedWare Plus [32]
- Dell OS10
- Cumulus Linux [33]
- Cisco iOS XE
- Huawei VRP

GPOS

- Redox [34, 35]
- Debian [36]

Meta OS

- NebulOuS [37]
- Nemo [38]
- FLUIDOS [39, 40]
- ICOS [41]

DOS

- Fabric [42, 43]

● *Noyau Linux* ● *Noyau BSD* ● *Noyau custom* ● *Type de noyau inconnu*

Application des critères de comparaison

OS \ Catégorie	Perf.	Fonctionnalités	Administration	Communau
VyOS	✓	✓	✓	✓
OpenWRT	✓	✓	✓	✓
SONiC OS	✓	✓	✓	✓
BSDRP	✓	✓	✓	✓
ONOS	✓	✓	✓	✓
Motor-OS	✓	✗	✗	✓
OSv	✗	✗	✗	✓
NOS closed-source ¹	N/A	✓	✓	✓
Redox	✓	✗	✗	✓
Debian	✓	✓	✓	✓
Meta OS ²	N/A	✗	✗	✓
Fabric	✗	✗	✗	✓

✓ *Applicable* ✗ *Inapplicable* N/A *Non applicable*

¹Ensemble des NOS closed-source

²Ensemble des Meta OS

Méthodologie de benchmark

Debian servira de système d'exploitation de référence pour tester toutes les piles réseau et de routage sélectionnées

Questions relatives à la mise en place d'un benchmark

- Réseau virtuel VS réseau physique ?
 - ▶ Mininet ? [44]
 - ▶ GNS3 ? [45]
 - ▶ SLICES-FR ? [46]
 - ▶ YOUPI ?

Analyse comparative des systèmes d'exploitation pour équipements réseau

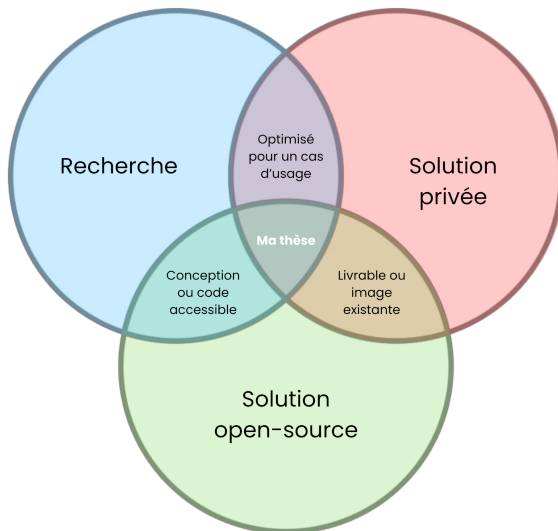
1 Introduction

2 Aperçu de l'état de l'art

3 Méthodologie

4 Problématiques ouvertes

Placement de ma thèse



Quelles pistes et objectifs pour ma thèse ?

Architecture envisagée

- Hyperviseur de type 1 en tant que Host OS
- Plusieurs Guest OS
 - ▶ Unikernel
 - ▶ Accès direct au Host OS ?
 - ▶ Chaque guest OS expose un service (EaaS)
 - ★ NFV - Network Function Virtualized
 - ★ Routage (RIP, BGP, OSPF, ...)
 - ★ Pile réseau accélérée
 - ★ Hardware offloading
- Couche 2 du Host OS virtualisée et déportée dans un Guest OS

Autres sujets autour de ma thèse

- Sécurité
- Environnement
 - ▶ Support du matériel existant
 - ▶ Efficacité énergétique (DVFS ?)

À considérer dans la conception, mais probablement rester sur des approches standards

Des questions ?

Me contacter : [**julien.caposiena@insa-lyon.fr**](mailto:julien.caposiena@insa-lyon.fr)

Références I

- [1] P. Soumplis, P. Kokkinos, A. Kretsis, P. Nicopolitidis, G. Papadimitriou, and E. Varvarigos, “Resource allocation challenges in the cloud and edge continuum,” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 289, pp. 443–464, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-87049-2_15
- [2] L. Baresi, D. F. Mendonça, M. Garriga, S. Guinea, and G. Quattrocchi, “A unified model for the mobile-edge-cloud continuum,” *ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 19, 4 2019.
- [3] “Frrouting.” [Online]. Available: <https://frrouting.org/>
- [4] “Frrouting/frr: The frrouting protocol suite.” [Online]. Available: <https://github.com/FRRouting/frr>
- [5] “Quagga software routing suite.” [Online]. Available: <https://www.nongnu.org/quagga/>
- [6] “The bird internet routing daemon project.” [Online]. Available: <https://bird.network.cz/>

Références II

- [7] “holo-routing/holo: Holo is a suite of routing protocols designed to support high-scale and automation-driven networks.” [Online]. Available: <https://github.com/holo-routing/holo>
- [8] “Gobgp.” [Online]. Available: <https://osrg.github.io/gobgp/>
- [9] “osrg/gobgp: Bgp implemented in the go programming language.” [Online]. Available: <https://github.com/osrg/gobgp>
- [10] “iproute2/iproute2: Iproute2 source code mirror - this is a publish-only repository. please follow readme.devel procedure for any changes.” [Online]. Available: <https://github.com/iproute2/iproute2>
- [11] “smoltcp-rs/smoltcp: a smol tcp/ip stack.” [Online]. Available: <https://github.com/smoltcp-rs/smoltcp>
- [12] “Home - dpdk.” [Online]. Available: <https://www.dpdk.org/>
- [13] “Dpdk repositories.” [Online]. Available: <https://git.dpdk.org/>

Références III

- [14] “What is the vector packet processor (vpp) — the vector packet processor v25.02-rc0-135-gc990aae85 documentation.” [Online]. Available: <https://s3-docs.fd.io/vpp/25.02/>
- [15] “Fdio/vpp: Mirror of vpp code base hosted at git.fd.io.” [Online]. Available: <https://github.com/FDio/vpp>
- [16] “Vyos universal router - multi-platform open-source network operating system.” [Online]. Available: <https://vyos.io/vyos-universal-router>
- [17] “vyos/vyos-build: Vyos image build scripts.” [Online]. Available: <https://github.com/vyos/vyos-build>
- [18] “[openwrt wiki] welcome to the openwrt project.” [Online]. Available: <https://openwrt.org/>
- [19] “Github : openwrt/openwrt.” [Online]. Available: <https://github.com/openwrt/openwrt>
- [20] “Sonic foundation – linux foundation project.” [Online]. Available: <https://sonicfoundation.dev/>

Références IV

- [21] “sonic-net/sonic: Landing page for software for open networking in the cloud (sonic).” [Online]. Available: <https://github.com/sonic-net/SONiC>
- [22] “Bsd router project: Open source router distribution [bsd router project].” [Online]. Available: <https://bsdrp.net/BSDRP>
- [23] “occohard/bsdrp: Bsd router project.” [Online]. Available: <https://github.com/occohard/BSDRP>
- [24] “Open network operating system (onos) sdn controller for sdn/nfv solutions.” [Online]. Available: <https://opennetworking.org/onos/>
- [25] “opennetworkinglab/onos: Open network operating system.” [Online]. Available: <https://github.com/opennetworkinglab/onos>
- [26] “Motor os — motūrus.” [Online]. Available: <https://motor-os.org/>
- [27] “moturus/motor-os: A simple, fast, and secure operating system for the cloud.” [Online]. Available: <https://github.com/moturus/motor-os>
- [28] “Osv - the operating system designed for the cloud.” [Online]. Available: <https://osv.io/>

Références V

- [29] “cloudius-systems/osv: Osv, a new operating system for the cloud.” [Online]. Available: <https://github.com/cloudius-systems/osv>
- [30] “Mikrotik routers and wireless.” [Online]. Available: <https://mikrotik.com/>
- [31] “Junos os — juniper networks us.” [Online]. Available: <https://www.juniper.net/us/en/products/network-operating-system/junos-os.html>
- [32] “Allied telesis alliedware plus operating system.” [Online]. Available: <https://www.alliedtelesis.com/white-paper/alliedware-plus-operating-system>
- [33] “Linux: Open network operating system — nvidia.” [Online]. Available: <https://www.nvidia.com/en-us/networking/ethernet-switching/cumulus-linux/>
- [34] “Redox - your next(gen) os - redox - your next(gen) os.” [Online]. Available: <https://www.redox-os.org/>
- [35] “redox-os / redox · gitlab.” [Online]. Available: <https://gitlab.redox-os.org/redox-os/redox>
- [36] “Debian – the universal operating system.” [Online]. Available: <https://www.debian.org/index.html>

Références VI

- [37] “Homepage - nebulous.” [Online]. Available: <https://nebulouscloud.eu/>
- [38] “Home - meta-os.” [Online]. Available: <https://meta-os.eu/>
- [39] “Fluidos.” [Online]. Available: <https://fluidos.eu/>
- [40] “fluidos-project/node: Fluidos node and its essential components.” [Online]. Available: <https://github.com/fluidos-project/node>
- [41] “Project icos.” [Online]. Available: <https://www.icos-project.eu/>
- [42] E. Androulaki, A. Barger, V. Bortnikov, S. Muralidharan, C. Cachin, K. Christidis, A. D. Caro, D. Enyeart, C. Murthy, C. Ferris, G. Laventman, Y. Manevich, B. Nguyen, M. Sethi, G. Singh, K. Smith, A. Sorniotti, C. Stathakopoulou, M. Vukolić, S. W. Cocco, and J. Yellick, “Hyperledger fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains,” in *Proceedings of the 13th EuroSys Conference, EuroSys 2018*, vol. 2018-January. Association for Computing Machinery, Inc, 4 2018.

Références VII

- [43] “hyperledger/fabric: Hyperledger fabric is an enterprise-grade permissioned distributed ledger framework for developing solutions and applications. its modular and versatile design satisfies a broad range of industry use cases. it offers a unique approach to consensus that enables performance at scale while preserving privacy.” [Online]. Available: <https://github.com/hyperledger/fabric>
- [44] “Mininet.” [Online]. Available: <https://mininet.org/>
- [45] “Gns3.” [Online]. Available: <https://www.gns3.com/>
- [46] “Slices fr.” [Online]. Available: <https://slices-fr.eu/>