

Konstantin Agouros

# Software Defined Networking

---

SDN-Praxis mit Controllern und OpenFlow®

**DE GRUYTER  
OLDENBOURG**

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis — X

Vorwort — XI

## 1 SDN-Theorie — 1

- 1.1 Netzwerk Abstrakt — 1
- 1.2 Routing-Protokolle — 6
- 1.3 Configuration Management — 9
  - 1.3.1 SNMP — 10
  - 1.3.2 NETCONF — 12
- 1.4 Overlay-Netzwerke — 17
  - 1.4.1 Overlay mit GRE — 18
  - 1.4.2 Overlay mit VXLAN — 19
  - 1.4.3 MPLS — 21
- 1.5 Open vSwitch Database (OVSDB) — 22

## 2 OpenFlow — 26

- 2.1 Die Struktur — 26
  - 2.1.1 Ports — 28
  - 2.1.2 Switch-Typen — 30
  - 2.1.3 Anmerkungen zum Protokoll — 30
  - 2.1.4 Flows und Flow-Tabellen — 30
    - 2.1.4.1 Matches — 31
    - 2.1.4.2 Counter — 32
    - 2.1.4.3 Instructions — 36
    - 2.1.4.4 Actions Sets und Action Lists — 37
    - 2.1.4.5 Actions — 38
    - 2.1.4.6 Groups — 40
    - 2.1.4.7 Meters — 40
    - 2.1.4.8 Queues — 41
- 2.2 OpenFlow 1.0 — 41
- 2.3 OpenFlow 1.4 und 1.5 — 42
- 2.4 Flow Kochbuch — 42
  - 2.4.1 Layer 2 — 43
  - 2.4.2 Routing — 45
  - 2.4.3 Firewalling — 46
  - 2.4.4 Address Translation — 47
- 2.5 Fazit — 48

**3 OpenFlow-Implementierungen — 49**

- 3.1 Open vSwitch — 49
  - 3.1.1 Grundkonfiguration — 49
  - 3.1.2 STP — 51
  - 3.1.3 VLANs — 51
  - 3.1.4 Bonding/LAG — 52
  - 3.1.5 Overlay-Netze — 53
  - 3.1.6 „Interne Verkabelung“ — 53
  - 3.1.7 Verschiedenes — 54
  - 3.1.8 OpenFlow — 56
  - 3.1.9 Mininet — 59
- 3.2 PicOS — 64
- 3.3 Juniper — 65
- 3.4 Arista — 68
- 3.5 Zodiac FX — 69

**4 Project Floodlight — 71**

- 4.1 Die Installation — 71
- 4.2 Die grafische Weboberfläche — 73
- 4.3 REST APIs von FloodLight — 74
  - 4.3.1 Static Flow Pusher — 77
    - 4.3.1.1 Matches — 78
    - 4.3.2 Instruktionen und Aktionen — 83
      - 4.3.2.1 Aktionen — 83
    - 4.3.3 Groups und Meters — 90
  - 4.4 Eigene Module entwickeln — 90
    - 4.4.1 Die Entwicklungsumgebung — 90
    - 4.4.2 Hello World in Floodlight — 91
    - 4.4.3 Die zweite Applikation — 95
      - 4.4.3.1 Das REST API — 101
      - 4.4.4 Pakete Lesen und Schreiben — 109
        - 4.4.4.1 Pakete Empfangen — 109
        - 4.4.4.2 Pakete Senden — 114
        - 4.4.4.3 Pakete manipulieren und weiterschicken — 118
      - 4.4.5 Gruppen und Meters — 122
        - 4.4.5.1 Gruppen — 122
        - 4.4.5.2 Meters — 124

**5 OpenDaylight — 126**

- 5.1 Architektur — 126
- 5.2 Installation — 127
- 5.3 REST-API — 132

5.3.1	Flows für OpenFlow verwalten —	134
5.3.1.1	Das Datenmodell —	134
5.3.1.2	Filter / Matches —	139
5.3.1.3	Instruktionen und Aktionen —	145
5.3.1.4	Gruppen —	155
5.3.1.5	Meters —	156
5.3.2	BGP- und BGP-FlowSpec steuern —	158
5.3.2.1	Einfügen und Löschen einer IPv4-Route —	165
5.3.2.2	Einfügen und Löschen einer FlowSpec-Route —	166
5.4	Eigene Applikationen in OpenDaylight integrieren —	171
5.4.1	Hello World in OpenDaylight —	172
5.4.2	Die zweite Applikation —	179
5.4.2.1	Vorbereitende Arbeiten —	179
5.4.2.2	Nodes —	185
5.4.2.3	Flowverwaltung —	189
5.4.2.4	Ein RPC für die Firewall-Regeln —	197
5.4.2.5	MDSAL Data Store —	211
5.4.3	Pakete lesen und schreiben —	216
5.4.3.1	Pakete empfangen —	217
5.4.3.2	Pakete einfügen —	224
5.4.3.3	Pakete manipulieren und weiterschicken —	238
5.4.3.4	Abschlussbemerkungen zur Applikationsentwicklung —	249
A	Filter und Aktionen bei Open vSwitch —	251
A.1	Matches —	251
A.2	Actions und Instructions —	253
B	Vollständige Klassendefinitionen —	255
B.1	globalfirewall —	255
B.2	FlowManagement —	257
B.3	packetMagic erweiterte Version —	260
B.4	PacketMagicRestletRoutable erweiterte Version —	262
B.5	packetMagic.java finale Version —	263
C	Glossar —	266
	Literatur —	267
	Stichwortverzeichnis —	268