

# Περιεχόμενα

Πρόλογος	19
Λίγα λόγια για τον συγγραφέα	26
<b>1 Τα κίνητρα για μια νέα αρχιτεκτονική δικτύων</b>	27
Το ανακάτεμα εφαρμογής-δικτύου	27
Ο σχεδιασμός δικτύων μετά την αλλαγή του αιώνα	31
Η γοητεία της γεφύρωσης	33
Κατασκευή κλιμακώσιμων δικτύων γεφύρωσης	36
Το πρόβλημα με το σχέδιο δικτύου πρόσβασης-συνάθροισης-κορμού	41
Έλλειψη κλιμάκωσης	41
Πολυπλοκότητα	43
Πεδίο αστοχίας	44
Έλλειψη προβλεψιμότητας	44
Έλλειψη ευελιξίας	45
Έλλειψη ευκινησίας	46
Οι ιστορίες που δεν ειπώθηκαν	46
Περίληψη	47
<b>2 Clos: Τοπολογία δικτύου για έναν νέο κόσμο</b>	49
Παρουσίαση της τοπολογίας Clos	50
Βουτιά στα βαθιά της τοπολογίας Clos	52
Χρήση ομοιογενούς εξοπλισμού	52
Η δρομολόγηση ως το θεμελιώδες μοντέλο διασύνδεσης	52
Υπερκάλυψη σε τοπολογία Clos	55
Ταχύτητες ζεύξεων διασύνδεσης	56
Πρακτικοί περιορισμοί	57
Πεδίο αστοχίας μεγάλης λεπτομέρειας	59
Κλιμάκωση της τοπολογίας Clos	61
Σύγκριση των δύο μοντέλων τριών επιπέδων	63
Ταίριασμα εφαρμογών	64
Βηματική κατασκευή κέντρου δεδομένων	64
Επιπλοκές της τοπολογίας Clos	65
Αναθεώρηση αστοχιών και αντιμετώπιση προβλημάτων	65
Καλωδίωση	66
Απλοποιημένη διαχείριση αποθεμάτων	66
Αυτοματοποίηση δικτύου	66
Βέλτιστες πρακτικές για ένα δίκτυο Clos	67
Χρήση πολλαπλών ζεύξεων μεταξύ μεταγωγέων	67

Χρήση κεντρικών μεταγωγέων αποκλειστικά ως συνδέσμων	68
Χρήση μεταγωγέα πλαισίου ως κεντρικού μεταγωγέα	69
Μοντέλα σύνδεσης ξένων υπολογιστών	70
Περίληψη	71
Αναφορές	72
<b>3 Διαχωρισμός δικτύου</b>	73
Τι είναι ο διαχωρισμός δικτύου;	73
Γιατί είναι σημαντικός ο διαχωρισμός δικτύου;	76
Έλεγχος κόστους	76
Αποφυγή εγκλωβισμού σε έναν προμηθευτή	77
Τυποποίηση των χαρακτηριστικών	78
Πώς κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός δικτύου τώρα;	78
Διαφορές στις λειτουργίες του δικτύου με τον διαχωρισμό	79
Αγορά και υποστήριξη	79
Πρώτη εκκίνηση	80
Ανοιχτό περιβάλλον εγκατάστασης δικτύου	81
Πώς λειτουργεί το ONIE;	82
Οι παράγοντες στον διαχωρισμό δικτύου: υλικό	84
Κύκλωμα μεταγωγής πακέτων	84
ODM	85
Συγκρότημα επεξεργαστή	85
Οι οργανισμοί προτύπων	85
Κοινοί μύθοι για τον διαχωρισμό δικτύου	86
Κάποιες βέλτιστες πρακτικές για την εφαρμογή του διαχωρισμού δικτύου	88
Περίληψη	89
Αναφορές	89
<b>4 Επιλογές λειτουργικού συστήματος δικτύου</b>	91
Απαιτήσεις μιας συσκευής δικτύου	92
Η άνοδος της οριζόμενης από λογισμικό δικτύωσης και του OpenFlow	93
Περισσότερες λεπτομέρειες για το SDN και το OpenFlow	95
Το πρόβλημα με το OpenFlow	97
OVS	99
Η επίδραση του SDN και του OpenFlow στον διαχωρισμό δικτύου	100
Μοντέλα σχεδιασμού NOS	101
Η θέση της κατάστασης δικτύου μεταγωγέα	104
Προγραμματισμός στο κύκλωμα μεταγωγής	106
API	111
Γιατί υπάρχουν διαφορετικές απαντήσεις;	111
Διεπαφή χρήστη	113
Σύγκριση των μοντέλων NOS με τις απαιτήσεις υπολογιστικής νέφους του NOS	114

Παρουσίαση των μοντέλων με ένα παράδειγμα	114
Τι άλλο μένει στο NOS να κάνει;	119
Περίληψη	120
Αναφορές	120
<b>5 Επιλογές πρωτοκόλλων δρομολόγησης</b>	121
Επισκόπηση δρομολόγησης	122
Πώς λειτουργούν οι αναζητήσεις στον πίνακα δρομολόγησης	123
Πώς επιλέγονται οι διαδρομές	125
Τύποι καταχωρίσεων πίνακα δρομολόγησης	126
RIB και FIB	127
Επισκόπηση πρωτοκόλλων δρομολόγησης	131
Πρωτόκολλα διανυσμάτων απόστασης έναντι πρωτοκόλλων κατάστασης ζεύξης	132
Ανάλυση του πρωτοκόλλου διανυσμάτων απόστασης	133
Ανάλυση του πρωτοκόλλου κατάστασης ζεύξης	134
Σύνοψη της ανταλλαγής διαδρομών μέσω διανυσμάτων απόστασης και μέσω κατάστασης ζεύξης	136
Σύγκριση πρωτοκόλλων διανυσμάτων απόστασης και κατάστασης ζεύξης	137
Κλιμάκωση στα πρωτόκολλα κατάστασης ζεύξης και διανυσμάτων απόστασης	137
Πολλαπλές διαδρομές σε πρωτόκολλα διανυσμάτων απόστασης και κατάστασης ζεύξης	138
Αν δεν έχεις νέα ευχάριστα να πεις καλύτερα να μην πεις τίποτα	139
Καθυστέρηση διάδοσης σε πρωτόκολλα κατάστασης ζεύξης και διανυσμάτων απόστασης	139
Υποστήριξη πολλαπλών πρωτοκόλλων	140
Μη αριθμημένες διεπαφές	141
Πολυπλοκότητα διαμόρφωσης δρομολόγησης	142
Πρωτόκολλα δρομολόγησης σε δίκτυα Clos	145
Πρωτόκολλα κατάστασης ζεύξης έναντι πρωτοκόλλων διανυσμάτων απόστασης όπου οι ζεύξεις ή οι κόμβοι παρουσιάζουν βλάβη	145
Σύνοψη δρομολόγησης σε δίκτυα Clos	148
Ασφάλεια και μέτρα προστασίας	149
Ανίχνευση αμφίδρομης προώθησης	151
Απαιτήσεις ενός πρωτοκόλλου δρομολόγησης σε κέντρο δεδομένων	152
Βασικές απαιτήσεις	152
Προχωρημένες απαιτήσεις	152
Σπάνιες ή φουτουριστικές απαιτήσεις	153
Επιλογή του πρωτοκόλλου δρομολόγησης για το δίκτυό σας	153
Περίληψη	154
Αναφορές	154

<b>6</b>	<b>Εικονικοποίηση δικτύου</b>	155
	Τι είναι η εικονικοποίηση δικτύου;	155
	Χρήσεις εικονικοποίησης δικτύου στο κέντρο δεδομένων	157
	Εξώθηση της κυκλοφορίας προς μια συγκεκριμένη διαδρομή	157
	Εφαρμογές που απαιτούν ομορία με το L2	159
	Υπολογιστικό νέφος	159
	Διαχωρισμός του δικτύου διαχείρισης μεταγωγών από τη μεταφορά δεδομένων	159
	Μοντέλα εικονικοποίησης δικτύου	160
	Αφαίρεση υπηρεσιών: L2 ή L3	160
	Εικονικά δίκτυα σε σειρά έναντι εικονικών δικτύων επικάλυψης	161
	Σηράγγες δικτύων: η βασική δομή της επικάλυψης	162
	Τα οφέλη των σηράγγων δικτύων	164
	Τα μειονεκτήματα των σηράγγων δικτύων	165
	Λύσεις εικονικοποίησης δικτύου για κέντρο δεδομένων	168
	VLAN	168
	VRF	168
	VXLAN	168
	Άλλες λύσεις εικονικοποίησης δικτύου	170
	Πρακτικά όρια στον αριθμό των εικονικών δικτύων	171
	Μέγεθος αναγνωριστικού εικονικού δικτύου στην κεφαλίδα πακέτου	171
	Περιορισμοί που επιβάλλονται από το υλικό	172
	Κλιμακοθετησιμότητα επιπέδου ελέγχου και λογισμικού	172
	Μοντέλο υλοποίησης	173
	Πρωτόκολλα ελέγχου για την εικονικοποίηση δικτύου	174
	Σχέση εικονικού και φυσικού επιπέδου ελέγχου	174
	Το μοντέλο κεντρικού ελέγχου	174
	Το μοντέλο ελέγχου βάσει πρωτοκόλλου	175
	Υποστήριξη προμηθευτών για την εικονικοποίηση δικτύου	175
	Εμπορικά κυκλώματα	176
	Λογισμικό	176
	Πρότυπα	176
	Παρουσίαση γεφύρωσης και δρομολόγησης VXLAN	177
	Παράδειγμα γεφύρωσης VXLAN: H1 έως H5	179
	VXLAN και δρομολόγηση: H1 έως H6	183
	Σύνοψη γεφύρωσης και δρομολόγησης VXLAN	185
	Περίληψη	186
<b>7</b>	<b>Δικτύωση περιεκτών</b>	187
	Εισαγωγή στους περιέκτες	188
	Χώροι ονομάτων	190
	Χώροι ονομάτων δικτύου	191

Εικονικές διεπαφές Ethernet	193
Δικτύωση περιεκτών: ανάλυση	195
Δικτύωση περιεκτών με έναν ξένιο υπολογιστή	196
Δικτύωση περιεκτών πολλαπλών ξένιων υπολογιστών	202
Σύγκριση διαφορετικών λύσεων για δίκτυα περιεκτών	206
Δικτύωση Kubernetes	208
Περίληψη	209
<b>8 Δρομολόγηση πολυεκπομπής</b>	211
Δρομολόγηση πολυεκπομπής: επισκόπηση	212
Οι χρήσεις της δρομολόγησης πολυεκπομπής	214
Προβλήματα που λύνει η δρομολόγηση πολυεκπομπής	214
Κατασκευή δέντρου πολυεκπομπής	215
Πρωτόκολλο δρομολόγησης πολυεκπομπής	216
PIM πυκνού τρόπου	219
Σημείο συνάντησης	219
Κατασκευή δέντρου διανομής πολυεκπομπής	219
Πολλαπλά RP και MSDP	230
PIM-SM στο κέντρο δεδομένων	231
PIM-SM και μη αριθμημένα στοιχεία	234
Περίληψη	234
<b>9 Η ζωή στις παρυφές του κέντρου δεδομένων</b>	235
Τα προβλήματα	235
Μοντέλα συνδεσιμότητας	236
Γιατί συνδεόμαστε με τον εξωτερικό κόσμο;	236
Απαιτήσεις εύρους ζώνης για εξωτερική συνδεσιμότητα	236
Σύνδεση της τοπολογίας Clos με τον εξωτερικό κόσμο	237
Δρομολόγηση στις παρυφές	240
Υπηρεσίες	240
Συνδεσιμότητα στο υβριδικό υπολογιστικό νέφος	242
Περίληψη	246
<b>10 Αυτοματοποίηση δικτύου</b>	247
Τι είναι η αυτοματοποίηση δικτύου;	248
Ποιος χρειάζεται την αυτοματοποίηση δικτύου;	249
Η αυτοματοποίηση δικτύου σημαίνει εκμάθηση προγραμματισμού;	250
Γιατί είναι δύσκολη η αυτοματοποίηση δικτύου;	251
Το πρόβλημα με τις διευθύνσεις IP και τις διεπαφές	253
Κλίμακα	254
Πολυπλοκότητα διαμόρφωσης πρωτοκόλλου δικτύου	254
Έλλειψη προγραμματικής πρόσβασης	255

Οι περιορισμοί του παραδοσιακού λειτουργικού συστήματος δικτύου	256
Τι μπορούν να κάνουν οι προγραμματιστές για να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση δικτύου;	256
Εργαλεία για αυτοματοποίηση δικτύου	257
Βέλτιστες πρακτικές αυτοματοποίησης	260
Ansible: μια επισκόπηση	262
Κατάλογος υλικών	264
Playbook	266
Ad hoc εντολές	270
Δημιουργία των playbook	272
Ένα τυπικό ταξίδι στην αυτοματοποίηση	274
Εξιδικευμένη αντιγραφή αρχείων	275
Αυτοματοποίηση διαμόρφωσης όχι ειδικά για συγκεκριμένες συσκευές	276
Προτυποποίηση της διαμόρφωσης της δρομολόγησης και της διεπαφής	278
Περισσότερη προτυποποίηση και ρόλοι	280
Κάποιες παρατηρήσεις από φίλους ταξιδιώτες	282
Επαλήθευση της διαμόρφωσης	285
Μία μοναδική πηγή της αλήθειας	285
Εκτέλεση/επαναφορά στην εποχή της αυτοματοποίησης	286
Vagrant και δοκιμή δικτύου	288
Αυτοματοποίηση της επαλήθευσης	289
Περίληψη	290
Αναφορές	290
<b>11 Παρατηρησιμότητα δικτύου</b>	291
Τι είναι η παρατηρησιμότητα;	292
Η τρέχουσα κατάσταση της παρατηρησιμότητας δικτύου	293
Οι απογοητεύσεις του SNMP	294
Προσέγγιση κουτί προς κουτί για την παρατηρησιμότητα δικτύου	296
Γιατί είναι δύσκολη η παρατηρησιμότητα με τη δικτύωση;	296
Παρατηρησιμότητα σε δίκτυα κέντρου δεδομένων: ειδικά χαρακτηριστικά	297
Αποσύνθεση της παρατηρησιμότητας	299
Η μηχανική της τηλεμετρίας	300
Τι συγκεντρώνουμε;	300
Πώς συγκεντρώνουμε;	301
Πότε συγκεντρώνουμε;	303
Αποθήκευση των δεδομένων	304
Οι χρήσεις πολλαπλών πηγών δεδομένων	304
Περί ειδοποιήσεων και πινάκων ελέγχου	305
Περίληψη	307
Αναφορές	307

<b>12</b>	<b>Αναθεώρηση του σχεδιασμού δικτύων</b>	309
	Τυπικά, απλά δομικά στοιχεία	310
	Διαχωρισμός δικτύου	312
	Αστοχία: κοιτάμε το δέντρο και χάνουμε το δάσος	312
	Το μοντέλο αστοχίας στο L2 έναντι του μοντέλου αστοχίας στο L3	313
	Απλές έναντι πολύπλοκων αστοχιών	314
	Χειρισμός αναβαθμίσεων	314
	Η επιδίωξη του λιγότερου	315
	Πώς βοηθά η σωστή αρχιτεκτονική	316
	Η ουσιοκρατία του συνόλου χαρακτηριστικών	317
	Περιορισμοί στις αρχές σχεδιασμού δικτύων υπολογιστικής νέφους	318
	Περίληψη	318
<b>13</b>	<b>Διάταξη του OSPF</b>	321
	Γιατί το OSPF;	322
	Τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν	323
	Προσδιορισμός τομέων πλημμυρίσματος κατάστασης ζεύξης	324
	Αριθμημένο έναντι μη αριθμημένου OSPF	325
	Υποστήριξη για το IPv6	326
	Υποστήριξη για VRF	327
	Απαιτήσεις για την εκτέλεση του OSPF σε διακομιστές	327
	Τύποι δρομολόγησης OSPF	328
	Η ακαταστασία της πολυστελέχωσης	330
	Χρονομετρητές OSPF	331
	Ανάλυση μιας διαμόρφωσης OSPF	334
	Διαμόρφωση τελικού-κεντρικού μεταγωγέα σε μια τοπολογία Clos	
	δύο επιπέδων: IPv4	335
	Διαμόρφωση για μοντέλο τελικών-κεντρικών μεταγωγέων	
	σε μια τοπολογία Clos δύο επιπέδων: IPv6	345
	Διαμόρφωση με Clos τριών επιπέδων που εκτελεί το OSPF	348
	Διαμόρφωση με διακομιστές που εκτελούν το OSPF: IPv4	348
	Σύνοψη διαδρομών στο OSPF	353
	OSPF και αναβαθμίσεις	353
	Βέλτιστες πρακτικές	354
	Περίληψη	355
<b>14</b>	<b>Το BGP στο κέντρο δεδομένων</b>	357
	Βασικές έννοιες του BGP	358
	Επισκόπηση πρωτοκόλλου BGP	358
	Επικοινωνία μεταξύ ομότιμων με το BGP	359
	Μηχανή κατάστασης BGP	360
	Αριθμός αυτόνομου συστήματος	360

Δυνατότητες του BGP	361
Ιδιότητες, κοινότητες, εκτεταμένες κοινότητες του BGP	362
Υπολογισμός βέλτιστης διαδρομής στο BGP	363
Υποστήριξη πολλαπλών πρωτοκόλλων	364
Μηνύματα BGP	364
Προσαρμογή του BGP στο κέντρο δεδομένων	366
eBGP εναντίον iBGP	366
eBGP: ένα και καλό	367
Ιδιωτικά ASN	367
Το σχήμα αρίθμησης ASN του BGP	368
Επιλογή πολλαπλών διαδρομών	370
Διόρθωση του χρόνου σύγκλισης του BGP	371
Περίληψη	373
<b>15 Υλοποίηση του BGP</b>	375
Βασικές έννοιες διαμόρφωσης του BGP	375
Παραδοσιακή διαμόρφωση για μια τοπολογία Clos δύο επιπέδων: IPv4	377
Ομάδα ομότιμων	382
Πολιτική δρομολόγησης	383
Χάρτες διαδρομών: υλοποίηση πολιτικής δρομολόγησης	385
Παροχή σωστών προεπιλογών για το κέντρο δεδομένων	390
Μη αριθμημένο BGP: εξάλειψη ενοχλητικών διευθύνσεων IP διεπαφών	392
Ένα remote-as με οποιοδήποτε όνομα	393
Πώς λειτουργούν οι μη αριθμημένες διεπαφές με το BGP	394
Τελικές παρατηρήσεις για τη διαμόρφωση του BGP στη FRR	401
Υποστήριξη μη αριθμημένου BGP σε στοίβες δρομολόγησης	402
Περίληψη	402
Διαμόρφωση του IPv6	403
BGP και VRF	403
Ομότιμη επικοινωνία με ομιλητές BGP στον ξένιο υπολογιστή	406
Δυναμικοί γείτονες BGP	408
BGP και αναβαθμίσεις	409
AS_PATH Prepend	410
Κοινότητα GRACEFUL_SHUTDOWN	410
Max-MED	411
Βέλτιστες πρακτικές	411
Περίληψη	412
<b>16 Το EVPN στο κέντρο δεδομένων</b>	413
Γιατί είναι δημοφιλές το EVPN;	414
Τα προβλήματα που πρέπει να λύσει ένα επίπεδο ελέγχου εικονικοποίησης δικτύου	415



Πού βρίσκεται το VTEP;	416
Ένα πρωτόκολλο για όλα ή...;	416
Χαρακτηριστικά του iBGP	417
Ξεχωριστά πρωτόκολλα υποκείμενου και υπερκείμενου επιπέδου	419
Μόνο eBGP	420
Δομές του BGP για την υποστήριξη διαδρομών εικονικού δικτύου	421
Διακριτικό διαδρομής	422
Στόχος διαδρομής	423
Χρήση των RD και RT στη FRR	424
Τύποι διαδρομών EVPN	424
Κοινοποίηση της επιλογής χειρισμού BUM	425
EVPN και γεφύρωση	425
Γεφύρωση EVPN με αναπαραγωγή εισόδου	427
Γεφύρωση EVPN με υποκείμενο επίπεδο δρομολογημένης πολυεκπομπής	430
Χειρισμός κινήσεων MAC	433
Υποστήριξη για ξένιους υπολογιστές διπλής σύνδεσης	435
Μοντέλο διασύνδεσης ξένιου υπολογιστή-μεταγωγέα	437
Μοντέλο VXLAN για ξένιους υπολογιστές διπλής σύνδεσης	437
Επιλογές ομότιμης επικοινωνίας μεταξύ μεταγωγέων	438
Χειρισμός αστοχιών ζεύξεων	439
Αποφυγή διπλότυπων πλαισίων πολλαπλών προορισμών	441
Καταστολή ARP/ND	441
EVPN και δρομολόγηση	443
Κεντρική έναντι καταναμεμημένης δρομολόγησης	443
Συμμετρική έναντι ασύμμετρης δρομολόγησης	445
Κοινοποίηση διαδρομών	445
Η χρήση των VRF	446
Υλοποίηση του EVPN σε μεγάλα δίκτυα	446
Περίληψη	448
<b>17 Υλοποίηση εικονικοποίησης δικτύου</b>	449
Τα σενάρια διαμόρφωσης	449
Διαμόρφωση τοπικής συσκευής	451
Μία μόνο σύνοδος eBGP	454
Υποκείμενο επίπεδο OSPF, υπερκείμενο επίπεδο iBGP	464
Το allow-as-in σε σχέση με ξεχωριστά ASN	470
Ρύθμιση παραμέτρων PIM/MSDP	471
EVPN στον ξένιο υπολογιστή	474
Βέλτιστες πρακτικές	475
Περίληψη	475

<b>18</b>	<b>Επαλήθευση διαμόρφωσης δικτύου</b>	477
	Επαλήθευση της κατάστασης δικτύου	479
	Επαλήθευση συστήματος	480
	Επαλήθευση καλωδίωσης	483
	Χρήση του Ansible για επαλήθευση της καλωδίωσης	486
	Επαλήθευση διαμόρφωσης διεπαφών	489
	Αυτοματοποίηση επαλήθευσης διαμόρφωσης διεπαφών	494
	Επαλήθευση διαμόρφωσης δρομολόγησης	495
	Επαλήθευση διαμόρφωσης OSPF	496
	Επαλήθευση μιας διαμόρφωσης BGP	504
	Αφαίρεση των ιδιωτικών ASN	515
	Επαλήθευση εικονικοποίησης δικτύου	521
	Επαλήθευση δικτύου εφαρμογής	527
	Επαλήθευση επιπέδου δεδομένων	529
	Περίληψη	530
<b>19</b>	<b>Επίλογος</b>	531
	Ακρωνύμια και βραχυγραφίες	533