

Exam

Sticker mit SRID hier einkleben

Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur: IN0010 / Hausaufgabe 8

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Datum: Dienstag, 23. Juni 2020

Uhrzeit: 14:00 – 23:59

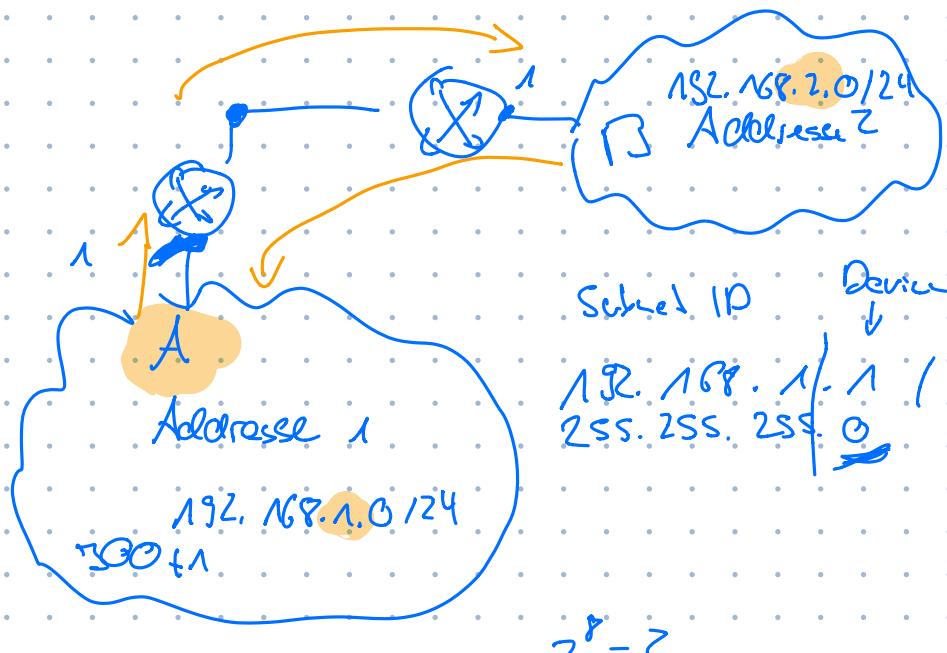
Bearbeitungshinweise

- Die erreichbare Gesamtpunktzahl beträgt 63.5 Punkte.
- Bitte geben Sie bis spätestens Montag, den **29. Juni um 23:59 CEST** über TUMexam ab.
Bitte haben Sie Verständnis, wenn das Abgabesystem noch nicht reibungslos funktioniert. Wir arbeiten daran!
- Ihren **persönlichen** Link zur Abgabe finden Sie auf Moodle. Geben Sie diesen **nicht** weiter.
- Bitte haben Sie Verständnis, falls die Abgabeseite zeitweilig nicht erreichbar ist.

Bitte nehmen Sie die Hausaufgaben dennoch ernst:

- Neben der Einübung des Vorlesungsstoffs und der Klausurvorbereitung dienen die Hausaufgaben auch dazu, den Ablauf der Midterm zu erproben.
- Finden Sie einen für sich selbst praktikablen und effizienten Weg, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Hinweise hierzu haben wir auf https://grnvs.net.in.tum.de/homework_submission_details.pdf für Sie zusammengestellt.

Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____



Schubel ID Device ID
~~192.168.1.1/24~~
~~255.255.255.0~~

2⁸-2

Schubel ID : 192.168.1.0 ↙ dürfen nicht
 Broadcast Adresse : 192.168.1.255 ↘ an Geräte
 vergeben werden

Aufgabe 1 Subnetting (Hausaufgabe) (24.5 Punkte)

Der TUMexam AG werden die Adressbereiche 131.159.32.0/22 und 131.159.36.0/24 zugewiesen. Für die Aufteilung dieses Adressbereichs ist die TUMexam AG selbst verantwortlich. Nach einer sorgfältigen Bedarfsanalyse ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Subnetze und die Mindestanzahl **nutzbarer** IP-Adressen:

Subnetz	NET 1	NET 2	NET 3	NET 4	NET 5
IPs	300	300	15	40	4

Bei der Erhebung dieser Zahlen wurde die an das jeweilige Router-Interface zu vergebende IP-Adresse bereits berücksichtigt.

- 0 a) Geben Sie jeweils die erste und letzte IP-Adresse der beiden vergebenen Adressbereiche an.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
5510
5511
5512
5513
5514
5515
5516
5517
5518
5519
5520
5521
5522
5523
5524
5525
5526
5527
5528
5529
5530
5531
5532
5533
5534
5535
5536
5537
5538
5539
55310
55311
55312
55313
55314
55315
55316
55317
55318
55319
55320
55321
55322
55323
55324
55325
55326
55327
55328
55329
55330
55331
55332
55333
55334
55335
55336
55337
55338
55339
55340
55341
55342
55343
55344
55345
55346
55347
55348
55349
55350
55351
55352
55353
55354
55355
55356
55357
55358
55359
55360
55361
55362
55363
55364
55365
55366
55367
55368
55369
55370
55371
55372
55373
55374
55375
55376
55377
55378
55379
55380
55381
55382
55383
55384
55385
55386
55387
55388
55389
55390
55391
55392
55393
55394
55395
55396
55397
55398
55399
553100
553101
553102
553103
553104
553105
553106
553107
553108
553109
553110
553111
553112
553113
553114
553115
553116
553117
553118
553119
553120
553121
553122
553123
553124
553125
553126
553127
553128
553129
553130
553131
553132
553133
553134
553135
553136
553137
553138
553139
553140
553141
553142
553143
553144
553145
553146
553147
553148
553149
553150
553151
553152
553153
553154
553155
553156
553157
553158
553159
553160
553161
553162
553163
553164
553165
553166
553167
553168
553169
553170
553171
553172
553173
553174
553175
553176
553177
553178
553179
553180
553181
553182
553183
553184
553185
553186
553187
553188
553189
553190
553191
553192
553193
553194
553195
553196
553197
553198
553199
553200
553201
553202
553203
553204
553205
553206
553207
553208
553209
553210
553211
553212
553213
553214
553215
553216
553217
553218
553219
553220
553221
553222
553223
553224
553225
553226
553227
553228
553229
5532210
5532211
5532212
5532213
5532214
5532215
5532216
5532217
5532218
5532219
55322110
55322111
55322112
55322113
55322114
55322115
55322116
55322117
55322118
55322119
553221110
553221111
553221112
553221113
553221114
553221115
553221116
553221117
553221118
553221119
5532211110
5532211111
5532211112
5532211113
5532211114
5532211115
5532211116
5532211117
5532211118
5532211119
55322111110
55322111111
55322111112
55322111113
55322111114
55322111115
55322111116
55322111117
55322111118
55322111119
553221111110
553221111111
553221111112
553221111113
553221111114
553221111115
553221111116
553221111117
553221111118
553221111119
5532211111110
5532211111111
5532211111112
5532211111113
5532211111114
5532211111115
5532211111116
5532211111117
5532211111118
5532211111119
55322111111110
55322111111111
55322111111112
55322111111113
55322111111114
55322111111115
55322111111116
55322111111117
55322111111118
55322111111119
553221111111110
553221111111111
553221111111112
553221111111113
553221111111114
553221111111115
553221111111116
553221111111117
553221111111118
553221111111119
5532211111111110
5532211111111111
5532211111111112
5532211111111113
5532211111111114
5532211111111115
5532211111111116
5532211111111117
5532211111111118
5532211111111119
55322111111111110
55322111111111111
55322111111111112
55322111111111113
55322111111111114
55322111111111115
55322111111111116
55322111111111117
55322111111111118
55322111111111119
553221111111111110
553221111111111111
553221111111111112
553221111111111113
553221111111111114
553221111111111115
553221111111111116
553221111111111117
553221111111111118
553221111111111119
5532211111111111110
5532211111111111111
5532211111111111112
5532211111111111113
5532211111111111114
5532211111111111115
5532211111111111116
5532211111111111117
5532211111111111118
5532211111111111119
55322111111111111110
55322111111111111111
55322111111111111112
55322111111111111113
55322111111111111114
55322111111111111115
55322111111111111116
55322111111111111117
55322111111111111118
55322111111111111119
553221111111111111110
553221111111111111111
553221111111111111112
553221111111111111113
553221111111111111114
553221111111111111115
553221111111111111116
553221111111111111117
553221111111111111118
553221111111111111119
5532211111111111111110
5532211111111111111111
5532211111111111111112
5532211111111111111113
5532211111111111111114
5532211111111111111115
5532211111111111111116
5532211111111111111117
5532211111111111111118
5532211111111111111119
55322111111111111111110
55322111111111111111111
55322111111111111111112
55322111111111111111113
55322111111111111111114
55322111111111111111115
55322111111111111111116
55322111111111111111117
55322111111111111111118
55322111111111111111119
553221111111111111111110
553221111111111111111111
553221111111111111111112
553221111111111111111113
553221111111111111111114
553221111111111111111115
553221111111111111111116
553221111111111111111117
553221111111111111111118
553221111111111111111119
5532211111111111111111110
5532211111111111111111111
5532211111111111111111112
5532211111111111111111113
5532211111111111111111114
5532211111111111111111115
5532211111111111111111116
5532211111111111111111117
5532211111111111111111118
5532211111111111111111119
55322111111111111111111110
55322111111111111111111111
55322111111111111111111112
55322111111111111111111113
55322111111111111111111114
55322111111111111111111115
55322111111111111111111116
55322111111111111111111117
55322111111111111111111118
55322111111111111111111119
553221111111111111111111110
553221111111111111111111111
553221111111111111111111112
553221111111111111111111113
553221111111111111111111114
553221111111111111111111115
553221111111111111111111116
553221111111111111111111117
553221111111111111111111118
553221111111111111111111119
5532211111111111111111111110
5532211111111111111111111111
5532211111111111111111111112
5532211111111111111111111113
5532211111111111111111111114
5532211111111111111111111115
5532211111111111111111111116
5532211111111111111111111117
5532211111111111111111111118
5532211111111111111111111119
55322111111111111111111111110
55322111111111111111111111111
55322111111111111111111111112
55322111111111111111111111113
55322111111111111111111111114
55322111111111111111111111115
55322111111111111111111111116
55322111111111111111111111117
55322111111111111111111111118
55322111111111111111111111119
553221111111111111111111111110
553221111111111111111111111111
553221111111111111111111111112
553221111111111111111111111113
553221111111111111111111111114
553221111111111111111111111115
553221111111111111111111111116
553221111111111111111111111117
553221111111111111111111111118
553221111111111111111111111119
5532211111111111111111111111110
5532211111111111111111111111111
5532211111111111111111111111112
5532211111111111111111111111113
5532211111111111111111111111114
5532211111111111111111111111115
5532211111111111111111111111116
5532211111111111111111111111117
5532211111111111111111111111118
5532211111111111111111111111119
55322111111111111111111111111110
55322111111111111111111111111111
55322111111111111111111111111112
55322111111111111111111111111113
55322111111111111111111111111114
55322111111111111111111111111115
55322111111111111111111111111116
55322111111111111111111111111117
55322111111111111111111111111118
55322111111111111111111111111119
553221111111111111111111111111110
5532211111111111111111111111111111
5532211111111111111111111111111112
5532211111111111111111111111111113
55322111111111111111

- 0010 0000 0000 /22



- 0010 0010 0000 /23



0010 0000 0000 /23

- 0010 0010 0010 0000 0010 /24

0010 0000 0000 0000 0000 /24

d) Teilen Sie nun die beiden Adressbereiche gemäß der Bedarfsanalyse auf, so dass Subnetze der passenden Größe entstehen. Gehen Sie mit den Adressen so sparsam wie möglich um. Es soll am Ende ein möglichst großer zusammenhängender Adressbereich für zukünftige Nutzung frei bleiben. Für jedes Subnetz ist anzugeben:

- die Größe des Subnetzes
- die Anzahl nutzbarer Adressen
- das Subnetz in Präfixschreibweise
- die Subnetzmaske in Dotted-Decimal-Notation
- die Netz- und Broadcastadresse

$131.159.200.0/24$
Broadcast-Adresse:
 $131.159.200.255$
 $131.159.35.255$

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

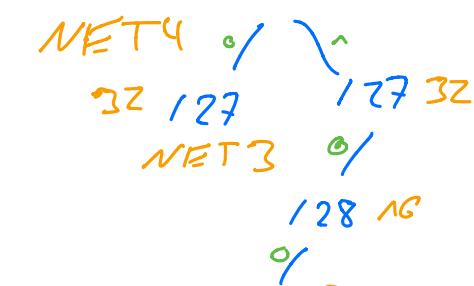
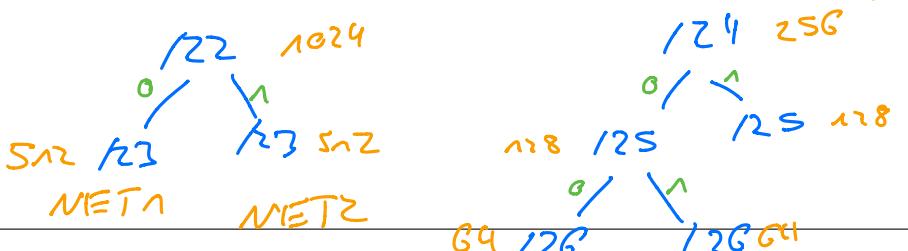
Subnetz	NET 1	NET 2	NET 3
Bedarf	300	300	
Größe	512	512	
Nutzbar	510	510	
Präfixnotation	$131.159.32.0/23$	$131.159.34.0/23$	
Subnetzmaske	$255.255.111.1110.0$ $255.255.254.0$	$255.255.254.0$	
Netzadresse	$131.159.32.0$	$131.159.34.0$	
Broadcast	$131.159.33.255$	$131.159.35.255$	

Subnetz	NET 4	NET 5
Bedarf	40	
Größe	64	
Nutzbar	62	
Präfixnotation	$131.159.36.0/26$	
Subnetzmaske	$255.255.255.192$	
Netzadresse	$131.159.36.0$	
Broadcast	$131.159.36.63$	

$00111111111111111111111111111111$
 2^{6-1}

Der TUMexam AG werden die Adressbereiche $131.159.32.0/22$ und $131.159.36.0/24$ zugewiesen. Für die Aufteilung dieses Adressbereichs ist die TUMexam AG selbst verantwortlich. Nach einer sorgfältigen Bedarfsanalyse ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Subnetze und die Mindestanzahl **nutzbarer IP-Adressen**:

Subnetz	NET 1	NET 2	NET 3	NET 4	NET 5
IPs	300+2	300+2	15+2	40+2	4+2
	512	512	32	64	8



Aufgabe 2 IPv6 & Supernetting (8 Punkte)

Der TUMexam AG wurden nun die IPv6 Adressbereiche $2001:0db8:0001:000d:0000:0000:0000:0000/64$ (NET1) und $2001:0db8:0001:000e:0000:0000:0000:0000/64$ (NET2) zugeteilt.

- 0 a)* Geben Sie die in NET1 enthaltenen IPv6 Adresse $2001:0db8:0001:000d:0000:00f0:0000:0000$ in kompakter Schreibweise an.

1
 ① In jedem Block führende wegs lassen
 ② Den längsten aufeinanderfolgenden Block an dem durch $::$ abkürzen.

Leng.: $2001:0db8:0001:000d:0000:00f0:0000:0000$

lurz.: $2001:db8:1:d:0:f0::$

- 0 b)* Wieviele Adressen enthält jedes Präfix?

$$2^{128-64} = 2^{64} \approx 10^{19}$$

$$2^{128} \approx 3 \cdot 10^{38}$$

- 0 c) Wie oft kann der gesamte IPv4 Adressbereich ($0.0.0.0/0$) in NET1 abgebildet werden?

1 0.0.0.0/0 hat 2^32 Adressen.

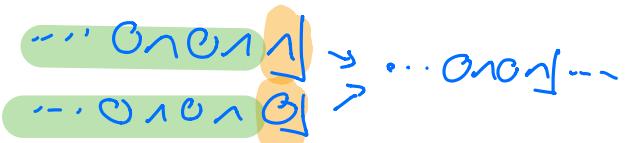
$$\Rightarrow 2^{64}/2^{32} = 2^{32}$$

- 0 d)* Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit 2 Subnetze aggregiert werden können?

1 ① Präfixlänge muss gleich sein

2 ② Netze müssen benachbart sein

Unterscheiden sich nur im letzten Bit des Präfix



- 0 e)* Können die beiden Subnetze NET1 und NET2 in ein /63 Subnetz aggregiert werden?

1 $2001:0db8:0001:000d:0000:0000:0000:0000/64$
 $2001:0db8:0001:000e:0000:0000:0000:0000/64$

2 $\text{Prefix}_{(1)} = 11011$ \Rightarrow Unterscheiden sich nicht nur im letzten Bit
 $\text{Prefix}_{(2)} = 11010$ \Rightarrow Nicht zusammenfassbar

Aufgabe 3 Neighbor Discovery Protocol und IP-Fragmentierung bei IPv6 (31 Punkte)

In Abbildung 3.1 ist eine Anordnung von Netzkomponenten mit ihren MAC-Adressen dargestellt. PC1 und PC2 seien mittels SLAAC sowohl Link-Local (LL) als auch Global-Unique (GU) Adressen zugewiesen. Für letztere werde das Präfix 2001:db8:1::/64 (PC1/R1) bzw. 2001:db8:2::/64 (PC2/R2) verwendet.

PC1 sendet ein IP-Paket mit 1400 B Nutzdaten an PC2. Die MTU auf dem WAN-Link zwischen R1 und R2 betrage 1280 B¹. Innerhalb der lokalen Netzwerke gelte die für Ethernet übliche MTU von 1500 B.

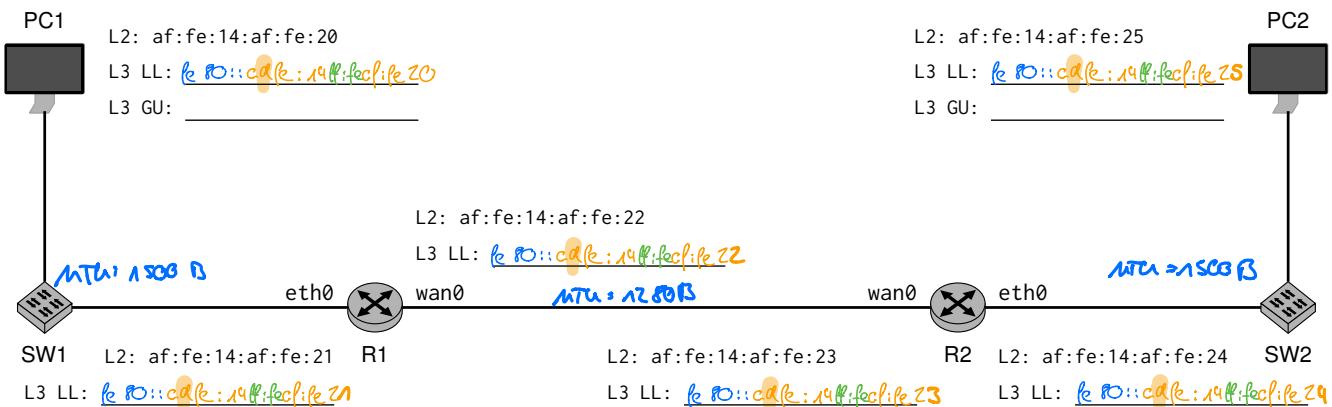


Abbildung 3.1: Netztopologie

Zunächst soll die Adressvergabe mittels SLAAC nachvollzogen werden.

a)* Bestimmen Sie die Link-Local Adressen aller Interfaces.

	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6

① Präfix fe80::/10

② Subnet ID (Scbit) auf 0 setzen

③ Subnet ID + 3 B Mac + 11 B MAC

④ Das verletzte Lit im ersten Byte der Mac OUI wird invertiert.

MAC: 0 → global unique
n → locally administered

IPv6: 0 → Locally administered
n → global unique

fe80::c0fe:14ff:fe20

① fe80::/10 → fe80::/64

② fe80::c0fe:14ff:fe20

af(neg) = 1010 min → 1010 max = adns

④ fe80::c0fe:14ff:fe20

¹ Dies entspricht der minimalen MTU, die laut RFC 2460 Schicht 2 für IPv6 unterstützen muss.

- 0 b) Bestimmen Sie die Global-Unique Adressen von PC1 und PC2. Nehmen Sie dazu an, dass Router R1 mit dem Präfix 2001:db8:1::/64 und Router R2 mit 2001:db8:2::/64 konfiguriert ist.

1
2
PC1: $(L: \text{fe80::c0fe:14ff:fecl:fe20}) \rightarrow GU: 2001:db8:1::c0fe:14ff:$
 Pcap: fe20
 PC2: $(L: \text{fe80::c0fe:14ff:fecl:fe25}) \rightarrow GU: 2001:db8:2::c0fe:14ff:$
 Pcap: fe25

- 0 c)* An welcher Stelle im Netzwerk wird die Fragmentierung stattfinden?

1 Be: IPoC findet Fragmentierung inner beim Sender statt

- 0 d)* In wie viele Fragmente muss das Paket mindestens aufgeteilt werden?

$$\frac{1400B}{1280B - 40B - 8B} = 2$$

Mit IPoC Header Fragmentation Header

- 0 e) Bestimmen Sie die Größe der L3-SDU für jedes Fragment.

Net. Datengröße: $1280B - 40B - 8B = 1232B$		
Fragmet	Fragmet Größe	L3-SDU
#1	1280B	1232B
#2	216B	168B

⚠️ Fragmente müssen noch ein Vielfaches von 8B sein.

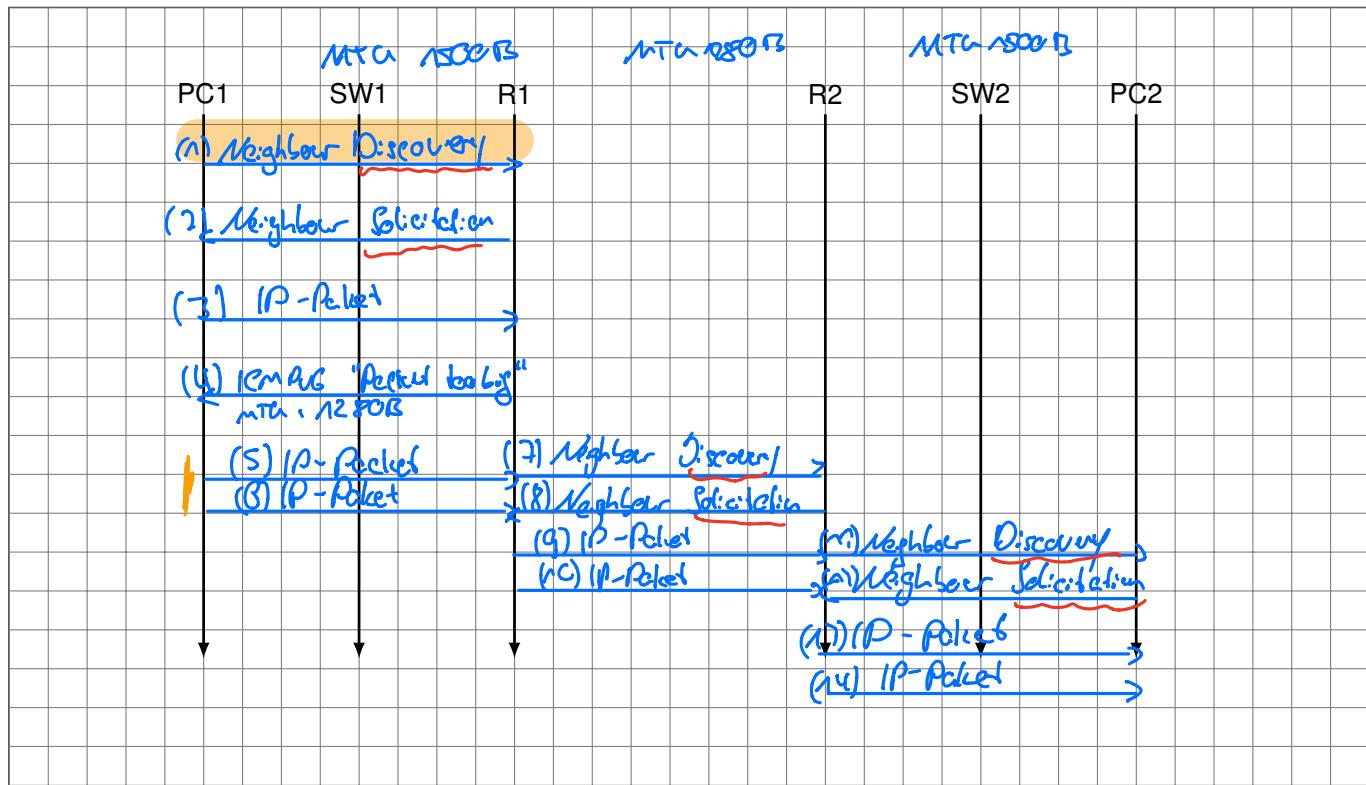
- 0 f)* Begründen Sie, an welcher Stelle im Netzwerk werden die Fragmente reassembliert werden.

1 Inner nur beim Empfänger da nur dieser alle Fragmente erhält.

g) Skizzieren Sie ein einfaches Weg-Zeit-Diagramm, welches alle Rahmen berücksichtigt, die auf den jeweiligen Verbindungen übertragen werden müssen. Nennen Sie die Art der ausgetauschten Rahmen und geben Sie den Rahmen Nummern (1,2,3,...). (Das Diagramm muss nicht maßstabsgetreu sein. Serialisierungszeiten und Ausbreitungsverzögerungen sind zu vernachlässigen.)

Gehen Sie davon aus, dass derzeit keinerlei Mappings zwischen IP- und MAC-Adressen gecached sind.

Nummerieren Sie die einzelnen Pakete Spaltenweise (Spalte \triangleq Bereich z. B. zwischen R1 und R2).



h) Bestimmen Sie die Destination-MAC-Adresse des ersten übertragenen Rahmens.

Selicated Node Address: (IPv6 to MAC Address)

- ① Prefix: ff02::1:ff00:0/104
- ② Letzte 24 Bit wurden gefüllt mit den letzten 3B (Zuletzt) der Ziel IP

Result: fe 80::c0fe:14ff:fe21

Selicated Node IP: ff02::1:ff01:fe21
Selicated Node MAC: 33:33:ff:0f:fe:21

Am Ende dieses Übungsblatts finden Sie Vordrucke für Ethernet-Header, ICMPv6 und IP-Header (mehr als benötigt). Es ist nicht notwendig, den Header binär auszufüllen. Achten Sie lediglich darauf, dass Sie die Zahlenbasis deutlich kennzeichnen, z. B. 0x10 für hexadezimal oder 63₍₁₀₎ für dezimal.

i) Füllen Sie für die ersten beiden Rahmen aus Teilaufgabe g) jeweils einen Ethernet- und einen IP-Header sowie die passende Payload aus. Beschriften Sie die gestrichelte Box neben dem jeweiligen Header/Paket mit der jeweiligen Rahmennummer.

Hinweis: Nutzen Sie den Cheatsheet zum bestimmen der Werte (z. B. Next Header). Sollte ein Wert nicht eindeutig bestimmt sein, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

j) Füllen Sie für die ersten beiden Rahmen aus Teilaufgabe g) jeweils einen Ethernet- und einen IP-Header sowie die passende Payload aus. Beschriften Sie die gestrichelte Box neben dem jeweiligen Header/Paket mit der jeweiligen Rahmennummer.

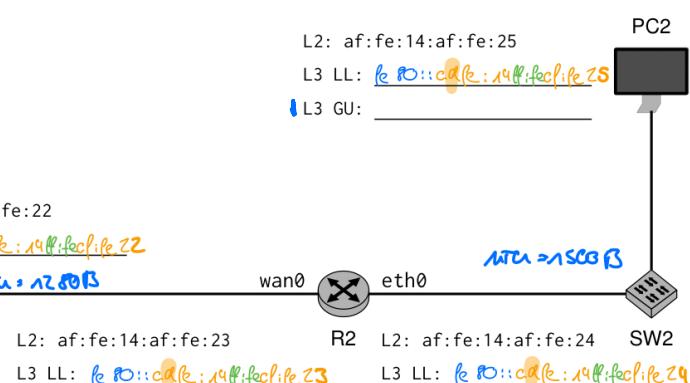
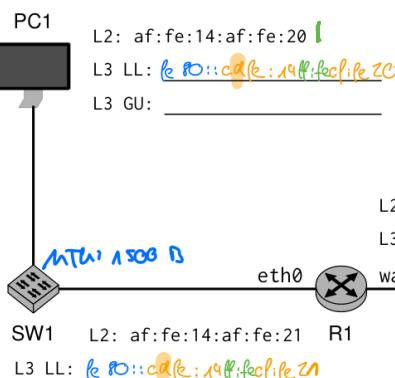


Abbildung 3.1: Netztopologie

Vordrucke für Protokoll-Header:

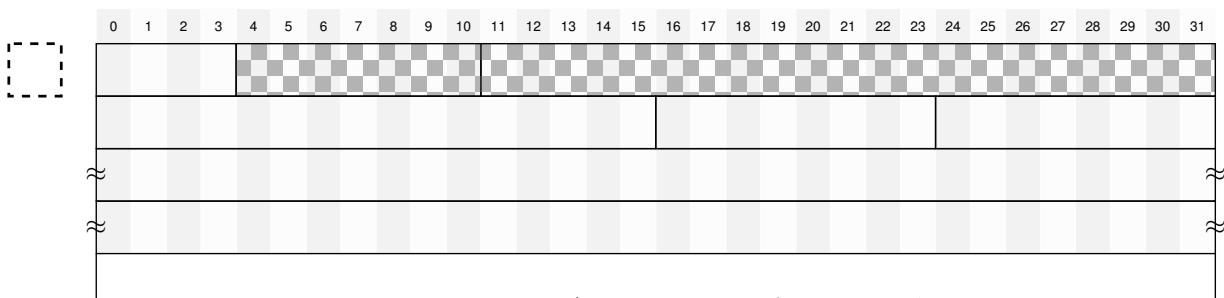
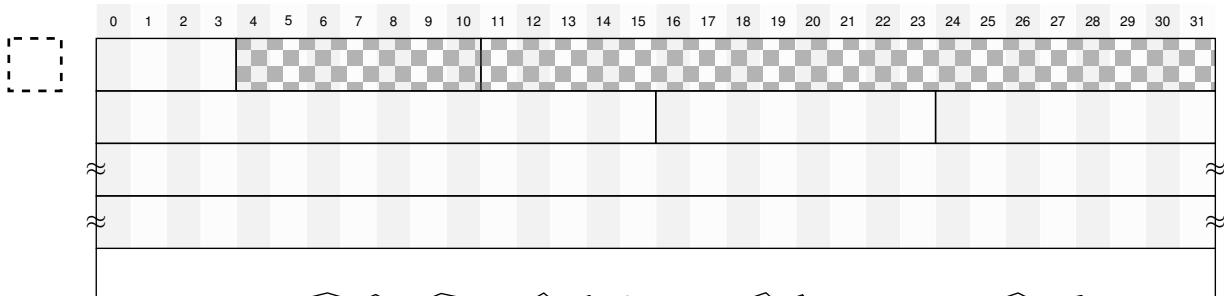
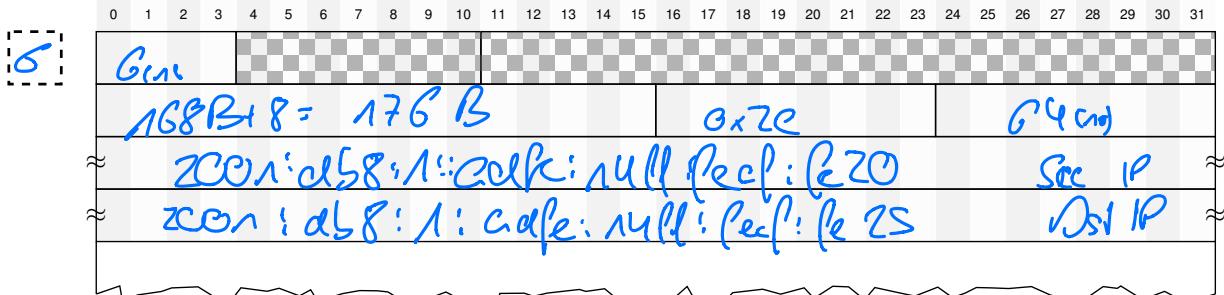
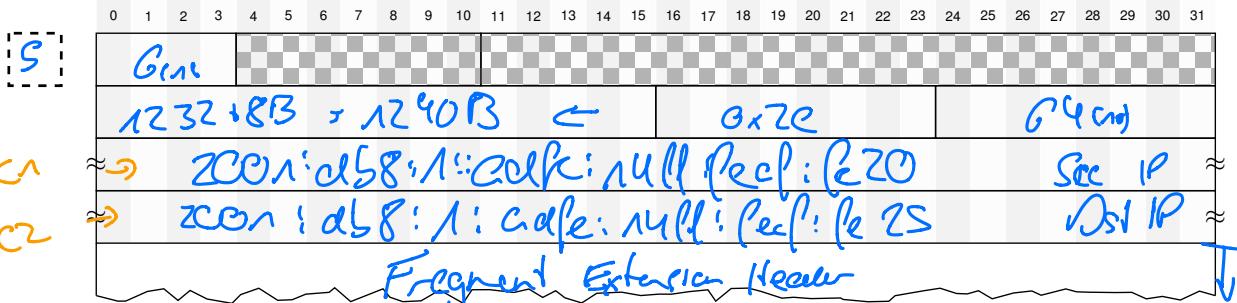
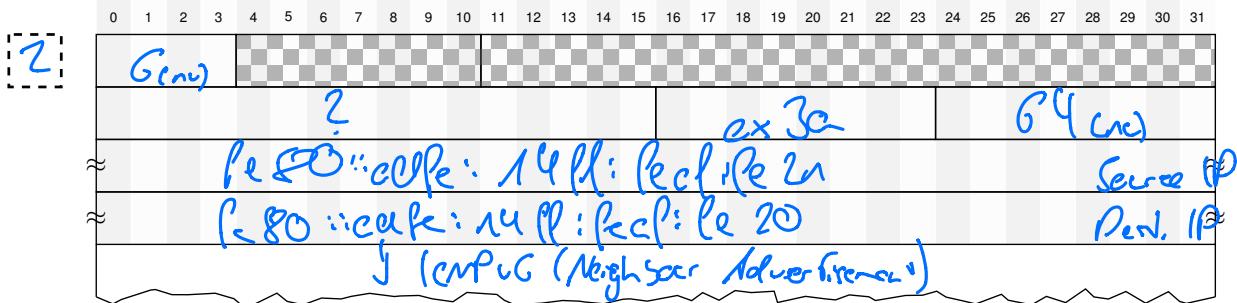
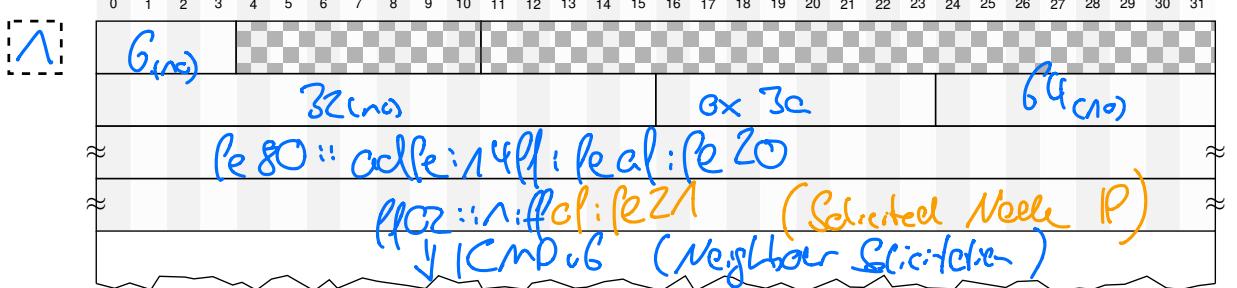
Ethernet-Frames

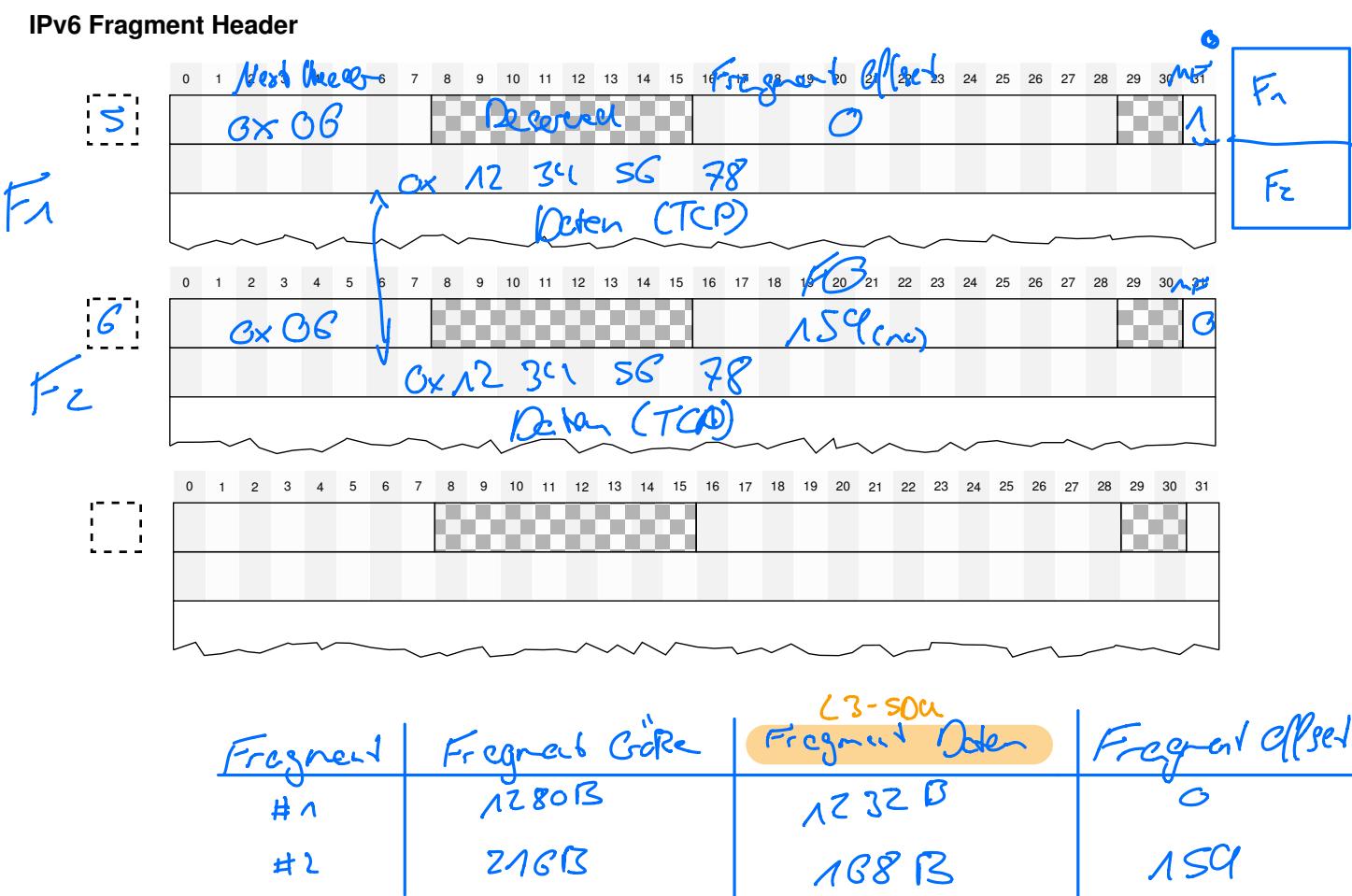
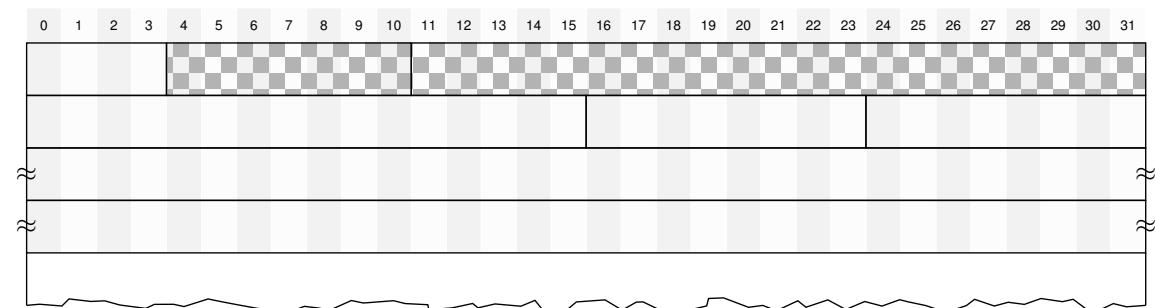
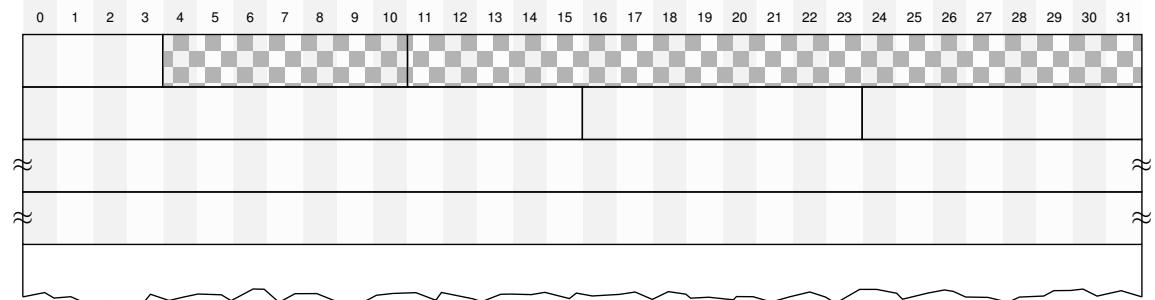
an Selected Node MAC

1	53:33:ff:cf:fe:21	01:fe:14:cf:fe:20		Payload	FCS
2	0f:fe:14:cf:fe:20	01:fe:14:cf:fe:21		Payload	FCS
3	cf:fe:14:0d:fe:21	01:fe:14:cf:fe:20		Payload	FCS
4	cf:fe:14:0d:fe:21	01:fe:14:cf:fe:20		Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS
				Payload	FCS

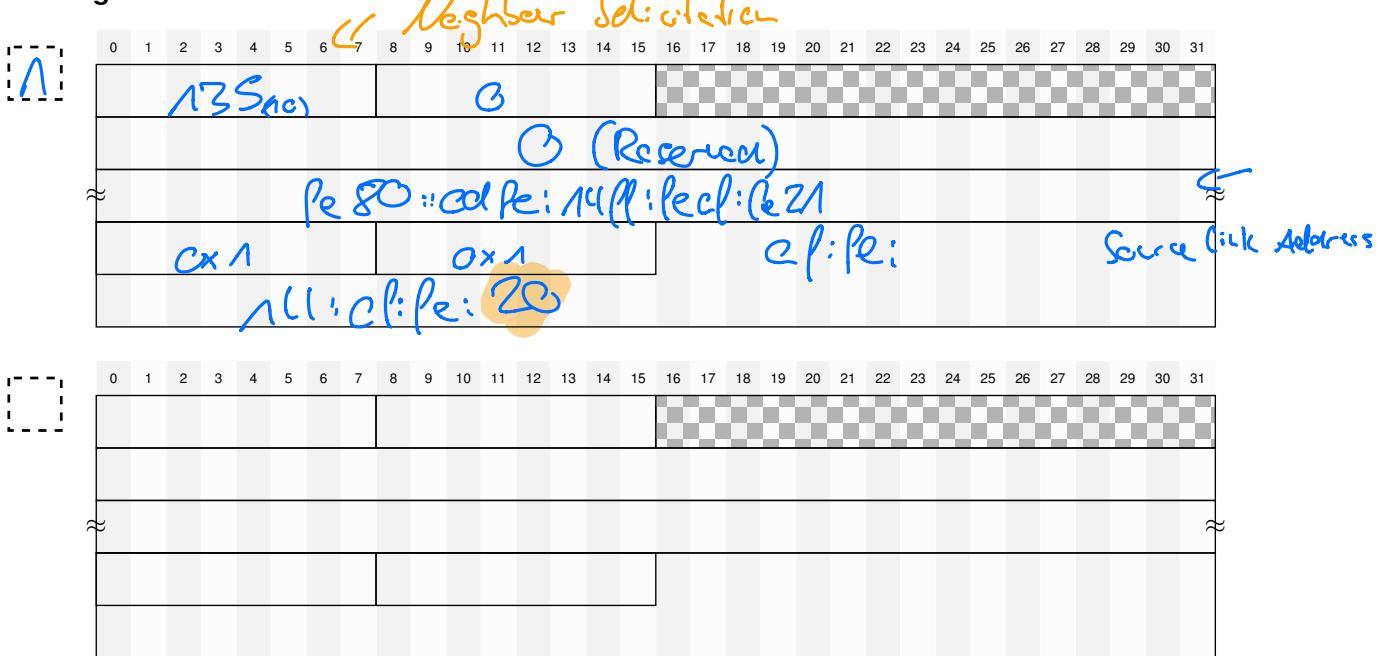
> GU: 2001:db8:1::adfe:14ff!
 Real: fe20
 GU: 2001:db8:2::adfe:14ff!
 Real: fe25

IPv6 Header





ICMPv6 Neighbor Solicitation



ICMPv6 Neighbor Advertisement

