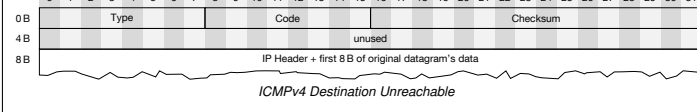
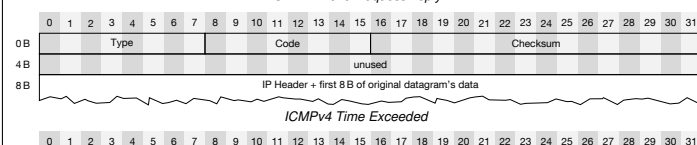
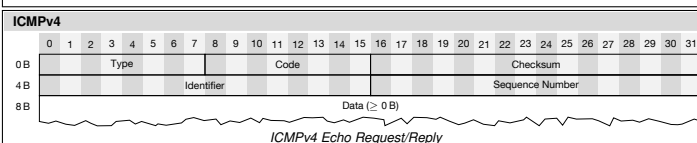
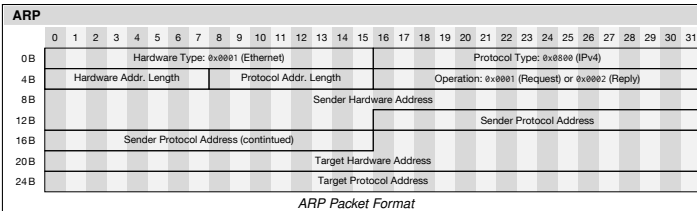
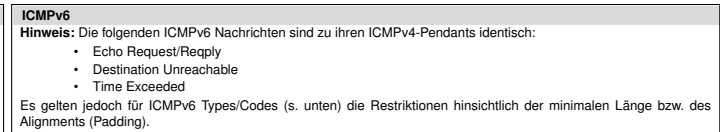


Port	Service Name	Port	Service Name
20/21	ftp	68	bootpc
22	ssh	80	http
23	telnet	110	pop3
25	smtp	443	https
53	domain (dns)	546	dhcpv6-client
67	bootps	547	dhcpv6-server

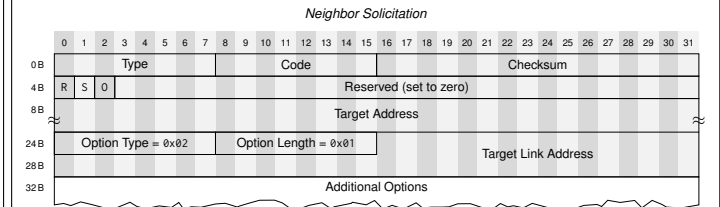
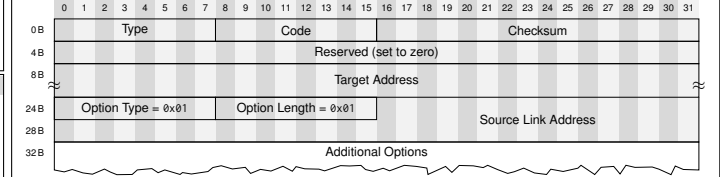


Type	Code	Description
0 – Echo Reply	0	Echo reply
1 and 2		Reserved
3 – Destination Unreachable	0	Destination network unreachable
	1	Destination host unreachable
	2	Destination protocol unreachable
	3	Destination port unreachable
	4	Fragmentation required, and DF flag set
	5	Source route failed
	6	Destination network unknown
	7	Destination host unknown
	8	Source host isolated
	9	Network administratively prohibited
	10	Host administratively prohibited
	11	Network unreachable for TOS
	12	Host unreachable for TOS
	13	Communication administratively prohibited
	14	Host Precedence Violation
	15	Precedence cutoff in effect
4 – Source Quench	0	Source quench (congestion control)
5 – Redirect Message	0	Redirect Datagram for the Network
	1	Redirect Datagram for the Host
	2	Redirect Datagram for the TOS & network
	3	Redirect Datagram for the TOS & host
8 – Echo Request	0	Echo request
11 – Time Exceeded	0	TTL expired in transit
	1	Fragment Reassembly Time Exceeded

Ausgewählte ICMPv4 Types/Codes



Es gelten jedoch für ICMPv6 Types/Codes (s. unten) die Restriktionen hinsichtlich der minimalen Länge bzw. des Alignments (Padding).



Flags: R = Router, S = Solicited, 0 = Override

Neighbor Advertisement

Type	Code	Description
0		Reserved
1 – Destination Unreachable	0	No route to destination
	1	Communication administratively prohibited
	2	Beyond scope of source address
	3	Address unreachable
	4	Port unreachable
	5	Source address failed ingress/egress policy
	6	Reject route to destination
	7	Error in source routing header
2 – Packet too big	0	Packet too big
3 – Time Exceeded	0	Hop limit exceeded in transit
	1	Fragment reassembly time exceeded
128 – Echo Request	0	Echo Request
129 – Echo Reply	0	Echo Reply
133 – Router Solicitation	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
134 – Router Advertisement	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
135 – Neighbor Solicitation	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
136 – Neighbor Advertisement	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
137 – Redirect Message	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)

Ausgewählte ICMPv6 Types/Codes



Physikalische Schicht
Physikalische Konstanten/Zusammenhänge:
 Lichtgeschwindigkeit: $c_L \approx 3 \cdot 10^8$ m/s
 Relative Ausbreitungsgeschwindigkeit in Cu: $\nu = 2/3$
 Relative Ausbreitungsgeschwindigkeit in Lichtwellenleiter: $\nu = 0.9$
 Wellenlänge: $\lambda = c/f$

Informationsgehalt und Entropie: Gedächtnislose Quelle emittiert Zeichen $x \in \mathcal{X}$, ausgedrückt durch ZV X sei:
 Informationsgehalt von $x \in \mathcal{X}$: $I(x) = -\log_2(\Pr[X=x])$
 Entropie der Quelle: $H(X) = -\sum_{x \in \mathcal{X}} \Pr[X=x] \log_2(\Pr[X=x])$

Fourierreihe: Kreisfrequenz $\omega = 2\pi/T$

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)$$
 mit $a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(k\omega t) dt$, $b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin(k\omega t) dt$.

Fouriertransformation: $s(t) \leftrightarrow S(f)$, $\omega = 2\pi f$ bzw. $\omega = 2\pi/T$, falls normiert auf Periode eines Grundimpulses.

$$S(f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) (\cos(\omega t) - j \sin(\omega t)) dt$$

Abtastung, Quantisierung und Rekonstruktion:
 Abtasttheorem (Nyquist): $f_N = 2B$ (B ist die einseitige Grenzfrequenz im Basisband)
 Abgetastetes Signal: $\hat{s}(t) = s(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_a)$, mit $\delta(t - nT_a) = \begin{cases} 1 & \text{für } t = nT_a \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$
 Abtastwerte: $\hat{s}[n] = s(nT_a)$
 Stufenbreite: $\Delta = \frac{a-b}{M}$, mit $M = 2^N$ Stufen bei N bit Genauigkeit
 Quantisierungsstufen: $Q = \{a + \Delta/4, a + \Delta(1+1/4), \dots, a + \Delta(M-1+1/4)\}$
 $\mathbb{R} \rightarrow Q, \hat{s}[n] \rightarrow \bar{s}[n]$ (Runden)
 Quantisiertes Signal: $\bar{s}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \hat{s}[n] \cdot \text{rect}(t - nT_a)$, $\text{rect}(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } -T_a/2 \leq t \leq T_a/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$
 Quantisierungsfehler: $q_e(t) = s(t) - \bar{s}(t) \leq \Delta/2$, wenn $a \leq s(t) \leq b$
 Rekonstruktion $\tilde{s}(t) \approx \sum_{n=-\infty}^{\infty} \hat{s}[n] \cdot \text{sinc}\left(\frac{t-nT_a}{T_a}\right)$, $\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$

Kanalbandbreite: C_{max} ist eine obere Schranke für die erzielbare Netto-Datenrate in bit/second, d.h. Übertragung redundanzfreier Daten. Dazu kann es notwendig sein, Redundanz hinzuzufügen (Kanalkodierung), was jedoch am Informationsgehalt der Nachricht nichts ändert.
 Hartley: $C_H = 2B \log_2(M)$ (B = einseitige Grenzfrequenz im Basisband)
 Shannon/Hartley: $C_S = B' \log_2(1 + \text{SNR})$ (B' = Bandbreite im Passband, d.h. $B' = 2B$)
 Signal-to-Noise Ratio: $\text{SNR} = \frac{P_S}{P_N} = \frac{\text{Signalleistung}}{\text{Rauschleistung}}$
 Signal-to-Noise Ratio dB: $\text{SNR dB} = 10 \log_{10}(\text{SNR})$ dB
 Obere Schranke: $C \leq \min\{C_H, C_S\}$

Kanalkodierung: Beispiel Blockcodes: Block der Länge k bit wird n lange Kanalwörter abgebildet ($n > k$). Pro Kanalwort können dafür je nach Code $m < n - k$ bit korrigiert werden.

$$x \xrightarrow{k} C \xrightarrow{n} x'$$
 Coderate: $R = k/n$

Modulation:

$$s(t) = \left(\sum_{n=0}^{\infty} d_n [g_T(t - nT)] \right) \cos(2\pi f_c t)$$

$$- \left(\sum_{n=0}^{\infty} d_n [g_T(t - nT)] \right) \sin(2\pi f_c t)$$

 Basisband, Modulation, Passband

Sicherungsschicht und Graphen
Serialisierungszeit, Ausbreitungsverzögerung, Übertragungszeit, Bandbreitenverzögerungsprodukt:
 Serialisierungszeit: $t_s = L/r$
 Ausbreitungsverzögerung: $t_p = d/(vc)$
 Übertragungszeit: $t_d = t_s + t_p$
 Bandbreitenverzögerungsprodukt: $C = t_p r$

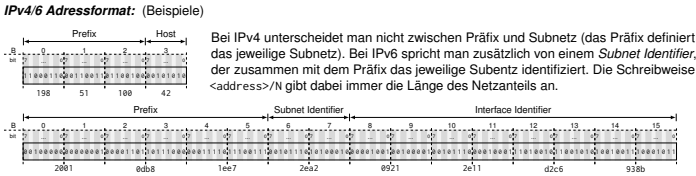
Cyclic Redundancy Check (CRC): Addition = XOR
 Checksumme: $c(x) = m(x)x^n \bmod r(x)$, mit $n = \text{grad } r(x)$
 Gesendete Nachricht: $s(x) = m(x)x^n + c(x)$
 Überprüfung: $c'(x) = (s(x) + e(x)) \bmod r(x)$, mit Fehlermuster $e(x)$

Adjazenz- und Distanzmatrix:
 Adjazenzmatrix: $A = (a)_{ij} = \begin{cases} 1 & \exists(i,j) \in A \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$ Distanzmatrix: $D = (d)_{ij} = \begin{cases} c_{ij} & \exists(i,j) \in A \\ \infty & \text{wenn } i = j \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$
 min-plus-Produkt: $D^n = D^{n-1} \otimes D$, mit $d_{ij}^n = \min_{k \in \mathcal{N}} \{d_{ik}^{n-1} + d_{kj}\}$, $n \geq 1$

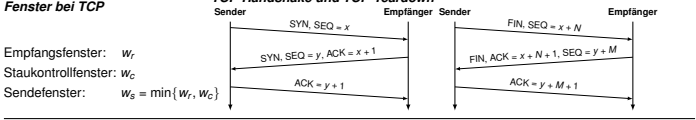
Vermittlungsschicht
Vermittlungsarten: Übertragungszeit einer Nachricht der Länge L über n Zwischenstationen mit jeweils identischer Datenrate r über die Gesamtdistanz d :
 Leitungsvermittlung: $T_{LV} = t_s + 4t_p = \frac{L}{r} + \frac{4d}{vc}$
 Nachrichtenvermittlung: $T_{NV} = (n+1)t_s + t_p = (n+1)\frac{L_H + L}{r} + \frac{d}{vc}$, $L_H =$ Länge des Nachrichtenheaders
 Paketvermittlung: $T_{PV} = \frac{1}{r} \left(\frac{L}{\rho_{max}} L_H + L + n(L_H + \rho_{max}) \right) + \frac{d}{vc}$, $L_H =$ Länge der Paketheader
Round Trip Time (RTT): RTT zwischen den Knoten $s, t \in \mathcal{N}$ über den Pfad $\mathcal{P} = \{(s, 1), (1, 2), \dots, (n, t)\}$:
 RTT (allgemein): $\text{RTT}(s, t) = \sum_{(i,j) \in \mathcal{P}} (t_s(i,j) + t_p(i,j)) + \sum_{(i,j) \in \mathcal{P}} (t_s(i,j) + t_p(j,i))$
 RTT (symmetrische Pfade): $\text{RTT}(s, t) = 2 \sum_{(i,j) \in \mathcal{P}} (t_s(i,j) + t_p(i,j))$

Spezielle IP-Adressen/Adressbereiche:

Adressbereich	Funktion	Adressbereich	Funktion
0.0.0.0/8	Hosts in diesem Netzwerk	::/128	nicht-spezifizierte Adresse
127.0.0.0/8	Loopback, speziell 127.0.0.1	::1/128	Loopback
10.0.0.0/8		fe80::/10	Link-Local Adressen
172.16.0.0/12	private Adressen	fc00::/7	Unique-Local Unicast Adressen
192.168.0.0/16		ff00::/8	Multicast Adressen
169.254.0.0/16	Automatic Private IP Addressing	All Nodes	
255.255.255.255/32	Global Broadcast	ff02::1:ff00:0/104	Solicited Node Address



Transportschicht
Schiebensterprotokolle
 Kardinalität Sequenznummernraum: N .
 Maximale Größe des Sendefensters w_s um Verwechslungen zu vermeiden:
 Go-Back-N: $w_s \leq N - 1$
 Selective Repeat: $w_s \leq \lfloor \frac{N-1}{2} \rfloor$



TCP Durchsatz in der Congestion Avoidance Phase. Annahme: Segmentverlust im Netzwerk ab $w_s \geq x$ - MSS.
 Zeit zwischen Segmentverlust: $T = \left(\frac{x}{2} + 1 \right) \cdot \text{RTT}$
 Anzahl gesendeter Segmente in T : $n = \frac{3}{2}x^2 + \frac{3}{2}x$
 Verlustrate: $\theta = \frac{1}{n}$
 Durchsatz: $r_{TCP} = \frac{n \cdot \text{MSS}}{T} \cdot (1 - \theta)$

Anwendungsschicht
Präfixfreie Codes
 Gültige Codewörter eines präfixfreien Codes sind niemals Präfix eines anderen Codeworts desselben Codes.
 Ein optimaler präfixfreier Code minimiert die mittlere Codewortlänge

$$\sum_{i \in \mathcal{A}} p(i) \cdot |c(i)|$$

wobei $p(i)$ die Auftretenswahrscheinlichkeit für $i \in \mathcal{A}$ und $c(i)$ die Abbildung auf ein entsprechendes Codewort bezeichnen.

DNS Resource Records

Record-Typ	Funktion
SOA	(Start of Authority) markiert die Wurzel einer Zone
NS	geben die FQDNs der für die Zone autoritativen Nameserver an
A	assoziiieren einen FQDN mit einer IPv4-Adresse
AAAA	assoziiieren einen FQDN mit einer IPv6-Adresse
CNAME	Alias, verweist auf ein „Canonical Name“, welcher wiederum ein FQDN ist
MX	geben den Mailserver als FQDN einer Domain an
TXT	assoziiieren einen FQDN mit einem String (Text)
PTR	assoziiieren eine IPv4- oder IPv6-Adresse mit einem FQDN (Reverse DNS)

Reverse DNS Zonen
 IPv4: in-addr.arpa., IPv6: ip6.arpa.

Wahrscheinlichkeitsverteilungen
Diskrete Gleichverteilung: $X \sim U(a, b)$:
 Drückt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten von mehreren gleichwahrscheinlichen Ereignissen aus, z.B. fairer Würfel.
 $\Pr[X = k] = \frac{1}{b-a+1}$
 $\Pr[X \leq k] = \frac{k-a+1}{b-a+1}$
 $E[X] = \frac{a+b}{2}$
 $\text{Var}[X] = \frac{(b-a+1)^2 - 1}{12}$

Geometrische Verteilung: $X \sim \text{Geo}(p)$:
 Drückt ein zeitdiskretes Warteproblem aus, z.B. zählt die Anzahl der Versuche bis zum Erfolg (bzw. die Anzahl erfolgloser Versuche bis zum Erfolg, wenn der Exponent entsprechend verschoben wird).
 $\Pr[X = k] = (1-p)^{k-1} p$
 $\Pr[X \leq k] = 1 - (1-p)^k$
 $E[X] = \frac{1}{p}$
 $\text{Var}[X] = \frac{1-p}{p^2}$

Binomialverteilung: $X \sim \text{Bin}(n, p)$:
 Drückt die Wahrscheinlichkeit für $0 \leq k \leq n$ Erfolge bei konstanter Erfolgswahrscheinlichkeit p aus, z.B. Lotto. Für $n \rightarrow \infty$ und $p \rightarrow 0$ erhöht man die Poissonverteilung. Für $n \geq 10$ und $p < 0.5$ kann man die Poissonverteilung als Näherung für die Binomialverteilung verwenden.
 $\Pr[X = k] = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$
 $\Pr[X \leq k] = \text{keine geschlossene Form}$
 $E[X] = np$
 $\text{Var}[X] = np(1-p)$

Poissonverteilung: $X \sim \text{Po}(\lambda)$:
 Zählt das Auftreten unabhängiger und gleich verteilter Ereignisse mit Rate λ . Stellt für $\lambda = np$ den Grenzwert der Binomialverteilung ($n \rightarrow \infty, p \rightarrow 0$) dar.
 $\Pr[X = k] = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$
 $\Pr[X \leq k] = \text{keine geschlossene Form}$
 $E[X] = \lambda$
 $\text{Var}[X] = \lambda$

Zahlensysteme

Dez	Hex	Oktal	Binär	ASCII	Dez	Hex	Oktal	Binär	ASCII	Dez	Hex	Oktal	Binär				
0	00	000	00000000	NUL	64	40	100	01000000	@	128	80	200	10000000	192	c0	300	10000000
1	01	001	00000001	SOH	65	41	101	01000001	A	129	81	201	10000001	193	c1	301	10000001
2	02	002	00000010	STX	66	42	110	01000010	B	130	82	202	10000010	194	c2	302	10000010
3	03	003	00000011	ETX	67	43	101	01000011	C	131	83	203	10000011	195	c3	303	10000011
4	04	004	00000100	OT	68	44	100	01000100	D	132	84	204	10000100	196	c4	304	10000100
5	05	005	00000101	ENQ	69	45	101	01000101	E	133	85	205	10000101	197	c5	305	10000101
6	06	006	00000110	ACK	70	46	100	01000110	F	134	86	206	10000110	198	c6	306	10000110
7	07	007	00000111	BEL	71	47	101	01000111	G	135	87	207	10000111	199	c7	307	10000111
8	08	008	00001000	BS	72	48	110	01001000	H	136	88	210	10001000	200	c8	310	10001000
9	09	009	00001001	HT	73	49	111	01001001	I	137	89	211	10001001	201	c9	311	10001001
10	0a	010	00001010	LF	74	4a	110	01001010	J	138	8a	212	10001010	202	ca	312	10001010
11	0b	011	00001011	VT	75	4b	111	01001011	K	139	8b	213	10001011	203	cb	313	10001011
12	0c	012	00001100	FF	76	4c	110	01001100	L	140	8c	214	10001100	204	cc	314	10001100
13	0d	013	00001101	CR	77	4d	111	01001101	M	141	8d	215	10001101	205	cd	315	10001101
14	0e	014	00001110	SO	78	4e	110	01001110	N	142	8e	216	10001110	206	ce	316	10001110
15	0f	015	00001111	SI	79	4f	111	01001111	O	143	8f	217	10001111	207	cf	317	10001111
16	10	016	00010000	DLE	80	50	100	01010000	P	144	90	220	10010000	208	d0	320	10010000
17	11	017	00010001	DC1	81	51	101	01010001	Q	145	91	221	10010001	209	d1	321	10010001
18	12	018	00010010	DC2	82	52	110	01010010	R	146	92	222	10010010	210	d2	322	10010010
19	13	019	00010011	DC3	83	53	111	01010011	S	147	93	223	10010011	211	d3	323	10010011
20	14	020	00010100	DC4	84	54	110	01010100	T	148	94	224	10010100	212	d4	324	10010100
21	15	021	00010101	NAK	85	55	111	01010101	U	149	95	225	10010101	213	d5	325	10010101
22	16	022	00010110	SYN	86	56	100	01010110	V	150	96	226	10010110	214	d6	326	10010110
23	17	023	00010111	ETB	87	57	101	01010111	W	151	97	227	10010111	215	d7	327	10010111
24	18	024	00011000	CAN	88	58	100	01011000	X	152	98	228	10011000	216	d8	328	10011000
25	19	025	00011001	EM	89	59	101	01011001	Y	153	99	231	10011001	217	d9	331	10011001
26	1a	026	00011010	END	90	5a	110	01011010	Z	154	9a	230	10011010	218	da	330	10011010
27	1b	027	00011011	ESC	91	5b	111	01011011	[155	9b	233	10011011	219	db	333	10011011
28	1c	028	00011100	FS	92	5c	110	01011100	\	156	9c	236	10011100	220	dc	336	10011100
29	1d	029	00011101	GS	93	5d	111	01011101]	157	9d	235	10011101	221	dd	335	10011101
30	1e	030	00011110	RS	94	5e	110	01011110	^	158	9e	238	10011110	222	de	338	10011110
31	1f	031	00011111	US	95	5f	111	01011111	_	159	9f	237	10011111	223	df	337	10011111
32	20	032	00100000	SPACE	96	60	100	01000000	`	160	a0	240	10100000	224	e0	340	10100000
33	21	033	00100001	!	97	61	101	01000001	~	161	a1	241	10100001	225	e1	341	10100001
34	22	034	00100010	"	98	62	100	01000010	~	162	a2	242	10100010	226	e2	342	10100010
35	23	035	00100011	#	99	63	101	01000011	~	163	a3	243	10100011	227	e3	343	10100011
36	24	036	00100100	\$	100	64	100	01000100	~	164	a4	244	10100100	228	e4	344	10100100
37	25	037	00100101	%	101	65	101	01000101	~	165	a5	245	10100101	229	e5	345	10100101
38	26	038	00100110	&	102	66	100	01000110	~	166	a6	246	10100110	230	e6	346	10100110
39	27	039	00100111	'	103	67	101	01000111	~	167	a7	247	10100111	231	e7	347	10100111
40</																	