
• • •

1

«

»

• •

,

• •

,

• •

«

,

»



,

. . .

. .
. .
. .

. . .

« ' »

:

- 7.092401 –
- 7.092402 –
- 7.092404 –
- 7.092405 –
- 7.092406 –
- 7.092407 –
- 7.050107 –
- 7.050201 –

' ;
' ;
' ,
;
;
' ;
' ;
;
;
.

681.324

«...», 1999. - 50 . (.
» , .1).

: . . , . .

, . . .

, . . .

.



		6
1.	OSI/ISO TCP/IP	7
2.	TCP/IP	7
3.	IP	9
3.1.	IP-	9
3.2.	IP-	13
3.3.	IP-	16
3.4.	IP-	18
4.	TCP	20
4.1.	TCP-	21
4.2.		24
4.3.	« »	26
4.4.		27
4.5.	TCP-	27
4.6.		30
4.6.1.		30
4.6.2.		31
4.6.3.	,	32
4.6.4.	,	32
4.7.		33
4.7.1.		33
4.7.2.		34
4.7.3.	TCP-	35
4.7.4.		35
5.	UDP	36
6.	ICMP	38
6.1.	ICMP-	38
6.2.	ICMP-	40
6.2.1.		40
6.2.2.		40
6.2.3.		41
6.2.4.		41
6.2.5.		41
6.2.6.		41
7.		41
7.1.	Ethernet	42
7.1.1.	Ethernet	44
7.1.2.		46
7.2.	SLIP	48
7.3.		49

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)

ARPANET.

ARPANET

BBN 1968 . 1971 . -

:

- ;
- ;
- .

NCP (Network Control Program),

1974 . ARPANET -

NCP

TCP/IP:

- ;
- -
- ;
- , -

4 TCP/IP

1981 . -

RFC (Request For Comment).

ARPANET 1982 . -

« »
TCP/IP.

Internet,
TCP/IP -

BSD4.2 BSD4.3 - -

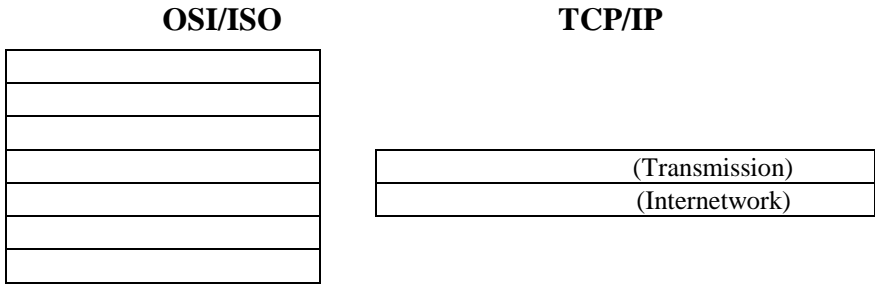
UNIX. («de facto»)

RFC -

nisc.sri.com (FTP (File Transfer Protocol)).

1. OSI/ISO TCP/IP

1984 . ISO - OSI (Open System Interconnection), . 1.1 TCP/IP OSI.



1.1

TCP/IP
(subnetworks). TCP/IP -

, « » -

, , . -

TCP/IP, OSI/ISO ().

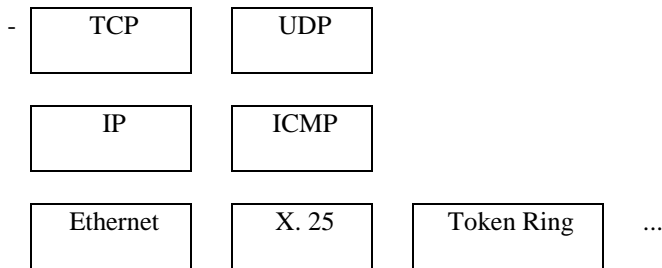
« »

« » (router), « » (bridge) , , « » (gateway).

2. TCP/IP

. 2.1

TCP/IP,



2.1

IP (Internet Protocol).

(Internet Control Message Protocol)

ICMP

ICMP

IP

TCP (Transmission

UDP

Control Protocol)

(User Datagram Protocol). TCP

UDP

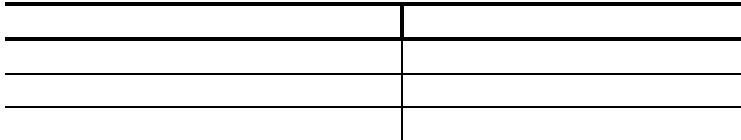
(,)

, , ,

TCP/IP

1.1

. 1.1.



3.

IP

IP

RFC 791.

;

IP- (IP-

- 65535);

;

4 ;

IP- IP- ;

IP- ;

IP- ;

IP-

(flow control);

IP-

,

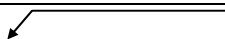
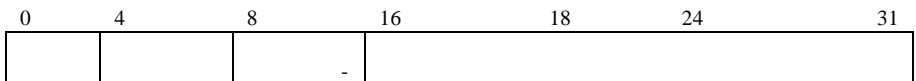
.

3.1.

IP-

. 3.1

IP-



		DF	MF	

3.1

(, 4); IP

32- () IP-

IP- :
 0...2 - (precedence -) IP-

; IP-
 3 - (delay) IP-
 (0 - , 1 -);
 4 - (throughput) -
 IP- (0 - , 1 - -
);
 5 - (reliability) IP-
 (0 - , 1 -);
 6...7 - .

IP «
 0, UNIX-
 .

() IP-

IP- () - 65535 . IP
 , -
 IP- , , 576
 (512 -
 64). -
 IP- , 576 (, -
 IP- ,) .
 ,
 , IP-
 (, IP-
) .

DF, MF

, IP-
 . DF (Don't Fragment) 1,
 , IP-
 (,) .
 MF (More Fragments) , - IP « »
 IP-« » (MF=0) -
 () IP- . MF=1 , -
 IP-« » . IP- » .

13- , IP- ,
 (IP-) (IP-) IP- .
 , IP- , -
 IP- . -
 , 13 -
 IP-

IP-
 IP-
 . RFC 791
 IP-
 1 (
 TTL (Time To Live)
 IP-
 IP-
 IP-
 « IP- »
 IP- , «
 »
 IP- ICMP-
 UNIX-
 IP- 15...30.

1
 (,)
 IP- . 1.2,

1.2

		,
1	ICMP	
2	IGMP	
3	GGP	« - »
6	TCP	
8	EGP	« »
17	UDP	

27	RDP	
28	IRTP	
29	ISO TP4	ISO 4
80	ISO IP	ISO
89	OSPF	« »

, IP-
 . , -
 : -
). IP- -
 « », ,
 IP- ,
 (, ,)
 , TCP/IP,
 Internet – , -
 , 16- , 16-
 .

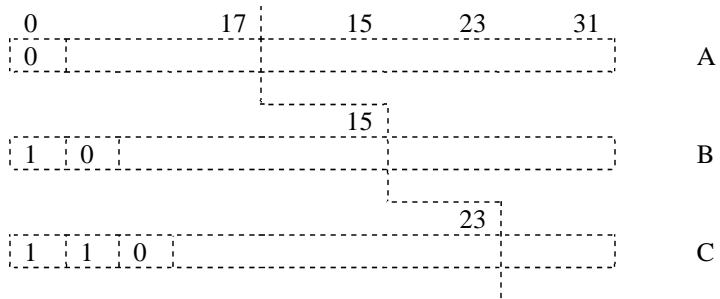
IP- IP-
 «IP- ».

, , -
 . -
 (,) -
 « IP- ».

3.2. IP-

IP- , (A, B C
) IP- . ()
 () -

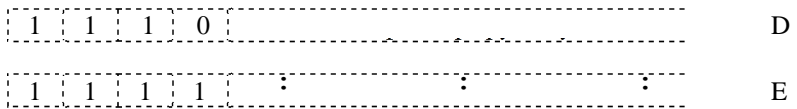
. 3.2.



3.2

A, B C

,
:
- IP-
- IP-
(broadcast)
IP- «
» -
(16- 0x) ,
, IP-
A, B C IP- - D E
(. . 3.3).



3.3

D
(multicast)

: IP- , -

IP- D,

RFC 1112.
TCP/IP

1985 .

« » (RFC 950),
A, B C

IP-

IP-

(netmask),

IP-

, IP- C 194.85.36.

IP- ,

« » IP-
255.255.255.192,
11000000. IP-

192 -

:

- (24);
- (2);
- (6).

62 -

1 62,

63

IP-

()

IP-

IP-

IP-

TCP/IP

« »

3.3. IP-

, IP- -

, -

Ethernet (, IP- , - 1526), -

X.25 (- 128). IP-

, IP-

. IP-

. IP-

: -

- IP- IP-

; - IP- IP-

. IP- IP-

IP- IP-

. IP-

IP- . IP-

, IP- . IP-

« »,

IP- .

IP-

, IP- -

, IP- .

, IP-

. IP-

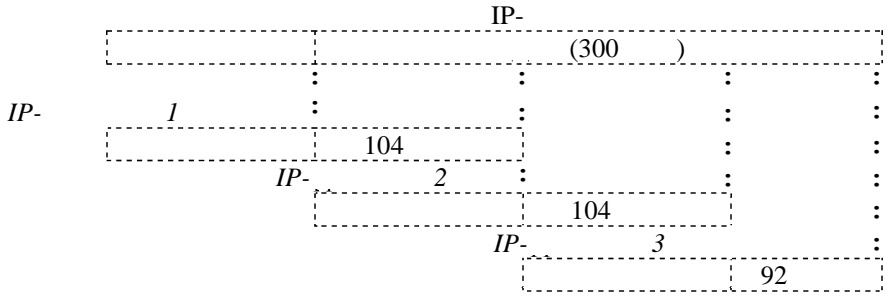
: IP- 9876 IP- -

300 .

0. IP-

DF

128 . . 3.4
 IP- 3 IP-



3.4

- IP- 1 :
- - 9876;
- - 5 ();
- - 124 ();
- MF - 1;
- - 0 ().
- IP- 2 :
- - 9876;
- - 5 ();
- - 124 ();
- MF - 1;
- ✧ - 13 ().
- IP- 3 :
- - 9876;
- - 5 ();
- - 112 ();
- MF - 0;
- - 26 ().

:
 , IP-
 (104) (13), 8.
 108, (128 - 20 = 108, 20 -), IP- 128
 , IP-
 IP-
 :
 - IP- ;
 - () IP-
 - IP- ;
 - IP- .
 IP- ,
 IP- (UNIX-
 - 30) .
 IP- ,
 IP- , IP-
 .

3.4. IP-

IP- .
 ,
 , IP- , -
 IP- .
 « » « ’ » . IP-
 , -
 , .

IP- - IP- , -
IP- , IP-
.

(time stamp)

- IP-
,

- IP-
(RFC 1038).

() TCP/IP.

IP- -
:

- (« »);
-

(,).

IP- (, « »),

IP- (, -
IP-)

RFC 1063 (1988 .) IP-
IP-

IP- , -
- probe MTU

(probe Maximum Transfer Unit). IP-
, MTU -

MTU, , -

IP-
IP-
IP-

MTU
».

4. TCP

TCP
IP. TCP -
6. TCP RFC 793.

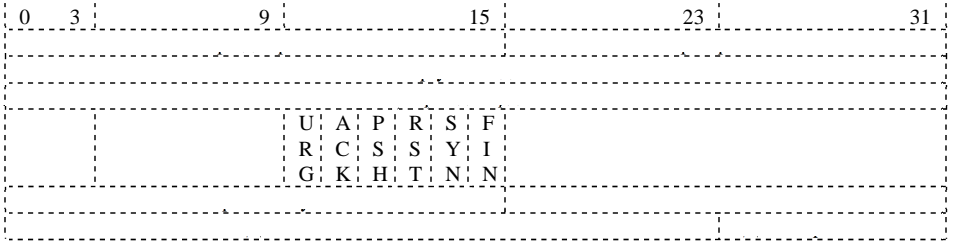
:
() ' ;
() ;
; , « »;
16- « »;
« » (sliding window);

TCP
«TCP- ».

4.1. TCP-

. 4.1

TCP-



4.1

16- , , -
 TCP- . « -
 » « ».

(sequence number)

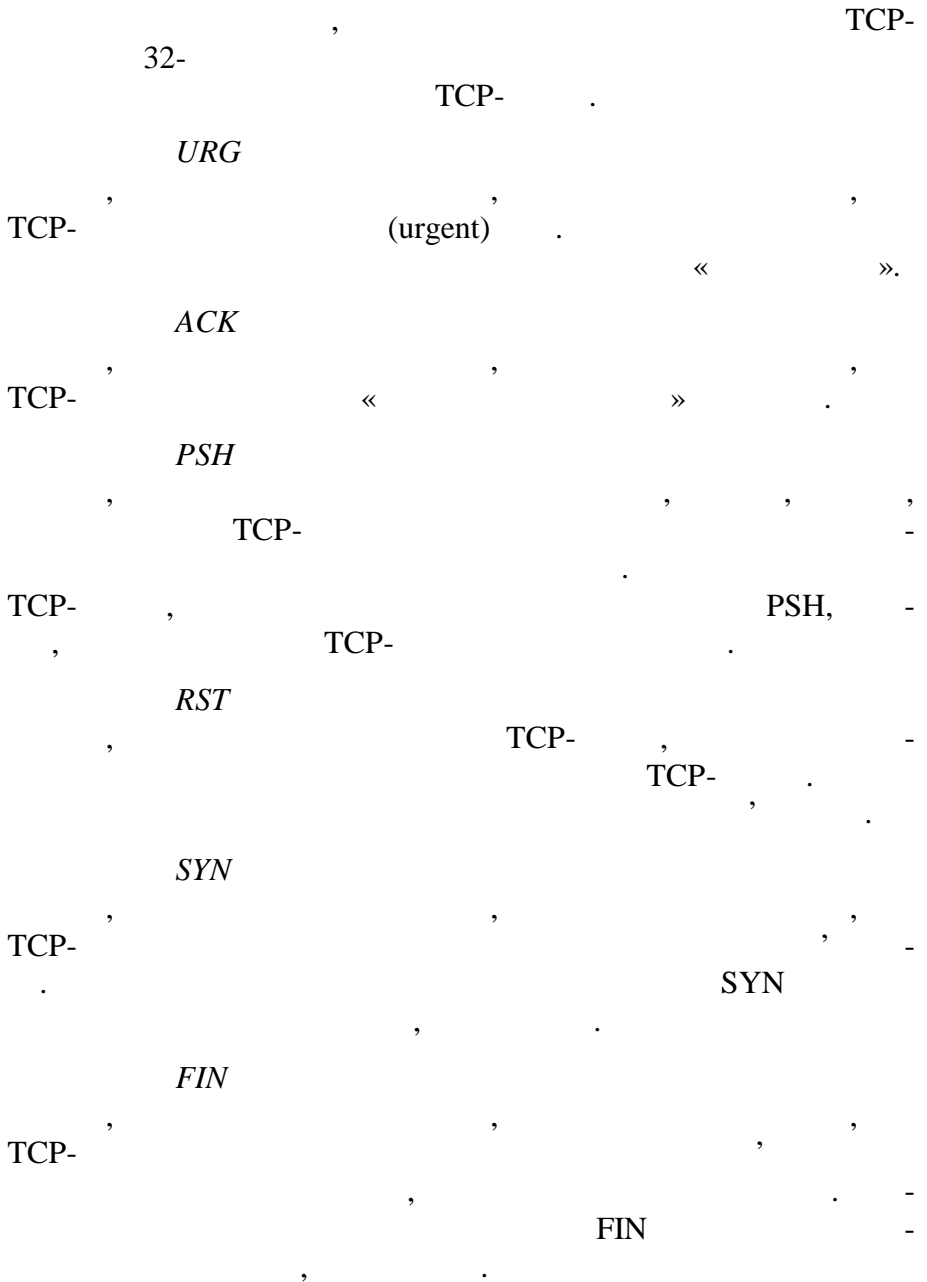
32- , TCP-

, , ,
 « », -
 - , -
 TCP- (,
 IP-).

TCP-

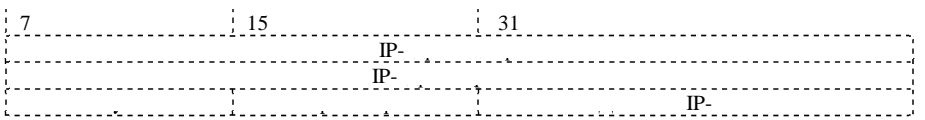
, « »
(acknowledgement number)

32- , () -
 TCP- , TCP-



16- , TCP- ,
 TCP- , TCP- . TCP- ,
 TCP- , : , 0,
 ,
 .
 .
 (- 4096). TCP (.
 « »).

16- , Internet- ,
 TCP- , IP-
 . 4.2 .



4.2

16- , () -
 TCP- ,
 .
 « ».

, TCP
 :

- ;
- (No Operation);
-

TCP-

TCP-

536

UNIX-

IP-

4.2.

UDP.

:

513

UDP.

TCP

UDP

513

TCP,

TCP

TCP-

TCP-

TCP-

TCP (UDP),

«

-

»,

«

»,

(

(

)

).

,

:

(TCP

UDP);

- IP-

;

-

;

- IP-

;

«
 »).
 TCP/IP,
 «
 » (well-known port numbers). UNIX-
 /etc/services. . 4.1
 () .

4.1

ftp-data	20	TCP
ftp	21	TCP
telnet	23	TCP
smtp	25	TCP
time	37	TCP
time	37	UDP
finger	79	TCP
portmap	111	TCP
portmap	111	UDP
exec	512	TCP
login	513	TCP
shell	514	TCP
who	513	UDP
talk	517	UDP
route	520	UDP
Xserver	6000	TCP

portmap (, ,
 111)
 TCP, UDP.
 «

»,
 ,
 (- (-)).
 - (-)
 -
 -

4.3. « »

,
 ,
 « » , ,
 , ,
 ,
 ,
 TCP
 , « » (sliding window).
 ,
 » TCP- , «
 . « » «
 » « »
 :
 « »
 , TCP-
 TCP- ,
 . ,
 TCP-

4.4.

TCP -

TCP- (urgent data) -

» TCP- -

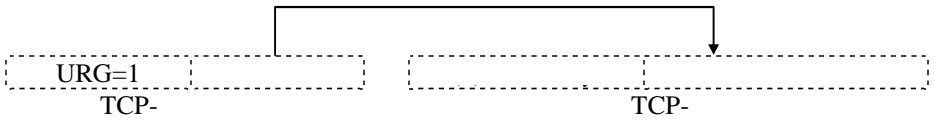
TCP- . 4.3 -

TCP- . -

TCP- -

URG TCP- . -

TCP- « -



4.3

TCP

(«in-band»).

((expedited) -

, ISO),

(«out-band»). -

4.5.

TCP-

TCP, -

,

:

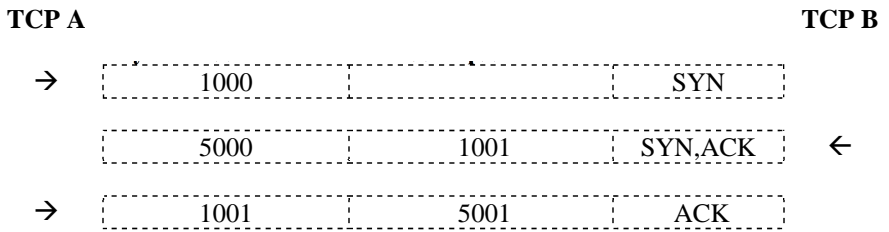
,

;

,

.

. 4.4,
 TCP-
 TCP- : A B. TCP-
 TCP- (« », « -
 », « »)
 TCP- . , -
 TCP- .

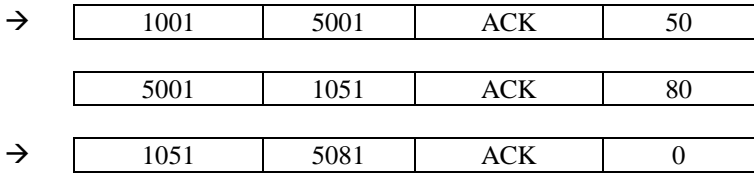


4.4

. 4.4
 « » (three-way handshake).
 TCP- A, TCP-
 B SYN
 B, 1000. TCP-
 TCP- ,
 (« » 1
 TCP- A
 1 ACK).
 (SYN
 () 5000.
 TCP- A TCP-
 B.
 (TCP)

TCP A

TCP B



4.5

. 4.5

TCP-

A B. TCP-

«

»

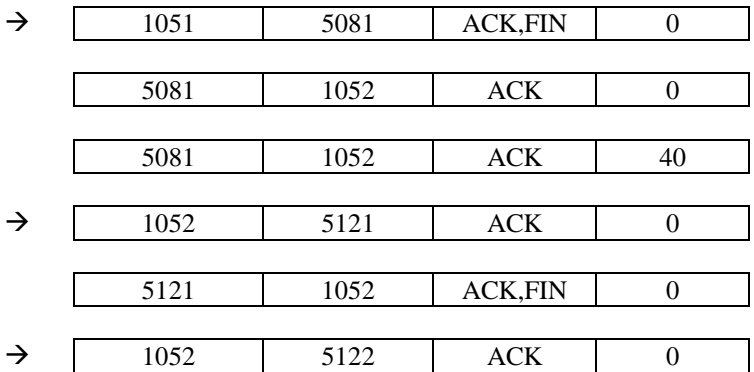
TCP-

«

»

TCP A

TCP B



4.6

. 4.6

TCP-

A,

TCP-

TCP-

B

FIN.

»,

(1052) 1

«

« TCP- A » (1051). B -
 , TCP- A -
 TCP- B ,
 FIN. ,
 , SYN FIN, TCP- , -
 » 1 « -
 », , TCP- , -
 , ,
 TCP- , , -

4.6.

4.6.1.

TCP-
 RTO (Retransmission Time Out - -
). -
 0 , RTO -
 , TCP- ,
 , RTO .
 , RFC 793. , -
 TCP- RTT (Round Trip Time - -
 TCP-) -
 SRTT (Smoothed RTT - RTT :
 RTT)

$$SRTT = k \times SRTT + (1 - k) \times RTT,$$

k - (, 0,9).
) RTT.
 RTO :

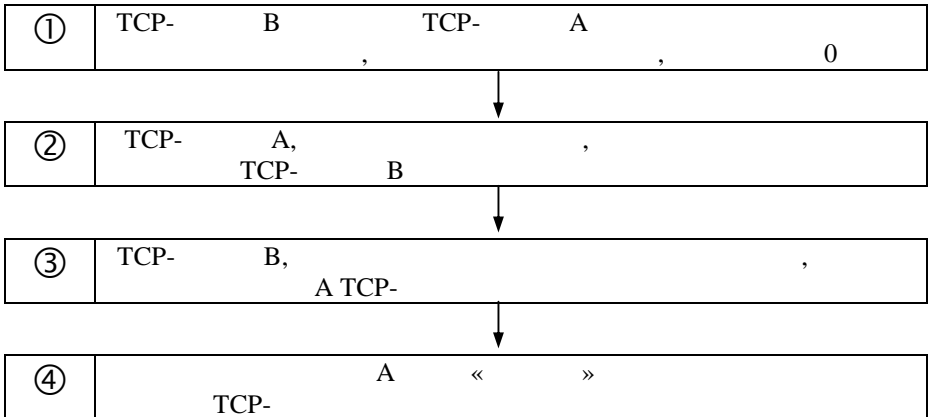
$$RTO = \min[U, \max(L, p \times SRTT)],$$

U - RTO (,
 30);
 L - RTO (, 1);
 p - « » (, 2).
 TCP- ,
 RTO,
 TCP- (12),
 RTO.

4.6.2.

TCP- (A B)

:



(persistence timer - « »).

TCP- -

« » (

- 5). -

, TCP- , , -

, 1 . -

, /

, TCP- .

4.6.3.

TCP

TCP- , : -

, , -

, , -

. TCP- ,

, (

). (

IP- (, 2×15=30).

UNIX -

, , -

TCP, .

4.6.4.

TCP- , TCP- . -

, ,

(keep-alive timer), 45

, ()

TCP- , -

, . -

(idle timer), 360 ,

TCP-

TCP

UNIX-

4.7.

TCP UNIX-
TCP.

4.7.1.

TCP-

telnet)

OC UNIX,

telnet -

TCP-

TCP-

TCP-

TCP- . : -
 TCP- TCP- -
 TCP- , . ,
 , . ,
 , 0,2 . , -
 , , -
 , , -
 35% () -
 TCP- .

4.7.2.

TCP- , « » , TCP- -
 , TCP- , TCP- -
 , TCP- « » . - « -
 » -
 . : TCP- , -
 ,
 : -
 - TCP- -
 ;
 -
 TCP- .

4.7.3.

TCP-

« » TCP-

 , , (-
- , X-Window
System). :

- TCP- « » TCP-

- TCP- ;

TCP- -

.

.

.

.

.

4.7.4.

 TCP/IP ,

 (,)

, , ,

.

 TCP- ,

.

 TCP- ,

TCP- ,

.

 TCP- -

- .

,

TCP-
 « » (congestion window).
 « »
 « »
 TCP- 50 %
 30 %.

5.

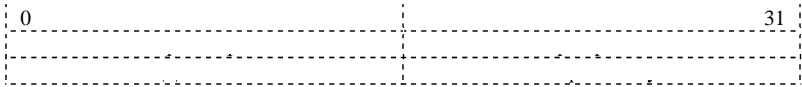
UDP

UDP (User Datagram
 Protocol)
 UDP , RFC 768.
 () ; (,)
 ;
 16- « »;
 ()
 UDP- ,);
 / UDP- ;

UDP-
 ;
 UDP-
 ;
 (,
 TCP).

UDP , , ,
 IP.

. 5.1 UDP- .



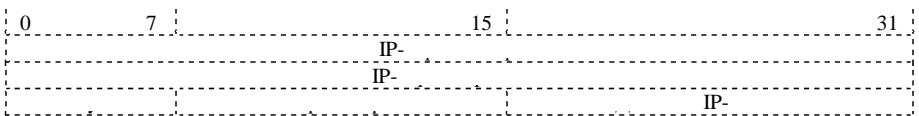
5.1

16- , , -
 UDP- . « »
 « TCP».

16- , () UDP-
 , .

16- , Internet- , -
 UDP- , -
 (, TCP-
) IP- , -

. 5.2.



5.2

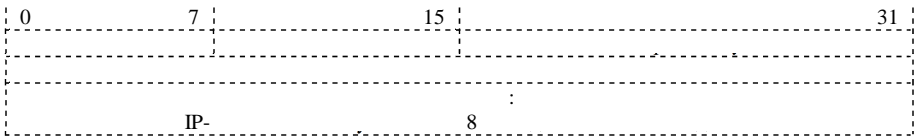
« » UDP-
 , , UDP-
 . UDP (, SunOS -
 UNIX Sun Microsystems)
 ,
 , Ethernet). (

6. ICMP

(Internet Control Message Protocol), ICMP RFC 792,
 , IP-, TCP- UDP-
 ICMP , IP- .

6.1. ICMP-

ICMP
 ,
 ICMP- ,
 . 6.1.



6.1

ICMP-
 . 6.1.

6.1.

«	»
0	
3	
4	
5	
8	
11	
12	
13	
14	

ICMP-

16-

ICMP-

Internet-

,
 , TCP- ICMP- , IP- . .). (-

ICMP-

ICMP-

TCP-

UDP-

, 8 IP- , TCP- UDP- .
 , , (, , , -
). ICMP- -
 IP- , .

IP-

TCP- UDP-

ICMP-

(.) .

ICMP-
ICMP- , -

ICMP- .

6.2. ICMP-

6 ICMP- ,
UNIX.

6.2.1.

ICMP- :

- , , -
;

- IP- -

DF, ;

- , , -

(IP- , -
()).

6.2.2.

, (,)

, -

ICMP- (source quench). - -

UNIX- TCP/IP ICMP-

. TCP- , -

« , -

». UDP-

,

/ -

6.2.3.

ICMP-

- ,
IP- . ICMP-
IP- .

6.2.4.

ICMP- « IP- A B
IP- ».
B, -
», , A ICMP- « -

6.2.5.

ICMP-

IP- ,
:
IP- ;
IP- .

6.2.6.

ICMP- IP-
,
- .

7.

7.1. Ethernet

Ethernet 1970-
 Xerox, DEC Intel. 1982 .
 IEEE 802.3.

TCP/IP Ethernet
 RFC 894.

Ethernet :

- ;
 - 10 / (
 Ethernet ,
 100 /);
 - -
 - ;
 - ;
 - CSMA/CD;
 - (broadcast)
 (multicast) .
 Ethernet -
 :
 - « » (10base5
 Ethernet);
 - ✧« » (10base2);
 - ;
 - (10base).
 , - « -
 ».

Ethernet

(10base)

).

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection -

)

:

①

(sense carrier)

;

②

;

③

47

(collisions)

④

Ethernet

:

(

)

);

(

, IP-

)

UNIX

« ».

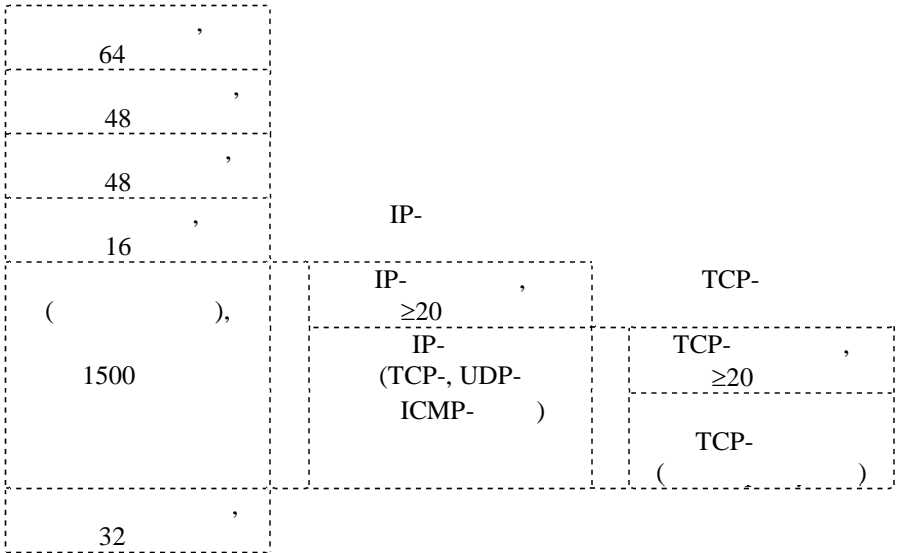
7.1.1. Ethernet

. 7.1

Ethernet.

IP-

(, , TCP-).



7.1

64- , -

48- , Ethernet-

Ethernet- 6-

. Ethernet-

« » -

16- , , f1:e2:d3:c4:b5:a6.
, Ethernet-

16- , Ethernet- .

Ethernet TCP/IP.
:

- 0x0800 - IP;
- 0x0806 - ARP.

IP- , (-
TCP-).

MTU (Maximum Transmission Unit) Ethernet
1500 .

32- , CRC- , -
Ethernet- 64 (512).
Ethernet- , CSMA/CD -
, 47 . -

470 (10 /).
512 - 470 , 2.

Ethernet- 64 , -

IEEE 802.3
16- Ethernet- (

(Logic Link Control - LLC ,)

Ethernet -
LLC UNIX (, -

«de facto» RFC 894. : -
(0x0800 -

1500). (-

7.1.2.

Ethernet -

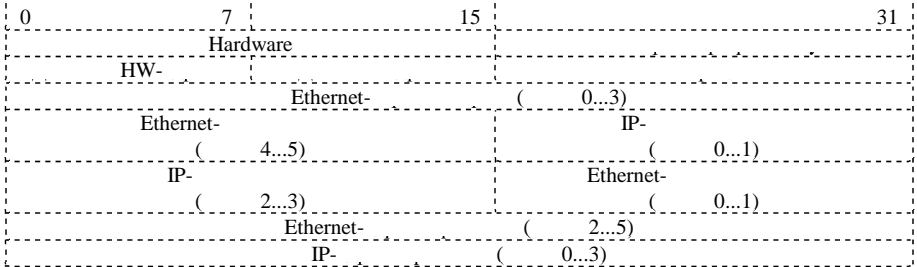
TCP/IP. , -
«IP- Ethernet- » .

UNIX- -

, -
.

Ethernet-
 ARP (Address Resolution Protocol), RFC 826.

ARP- . 7.2.



7.2

«Hardware»

(- Ethernet).

« »
 (- IP).

« HW- » 6, « »
 4).

« » ARP-
 ().

ARP- ,
 , ARP
 TCP/IP Ethernet,

ARP
 ()

:

① IP-
 (IP-).

Ethernet- . IP- ,

Ethernet- .

② ARP- , IP- -
Ethernet- . Ethernet- -

③ - ARP- . IP- ARP- Ethernet- -
, IP- , (-
) , Ethernet- -
ARP- .
④ ARP- , -
IP- ,

), (1...20 -
Ethernet- RARP -
(Reverse ARP), RFC 903 -
ARP. IP- -
Ethernet- -
ARP RARP -
. -
, ARP -
,

7.2. **SLIP**

SLIP (Serial Line Internet Protocol) , -
(, V.24).
SLIP RFC 1055.

SLIP- -
 ESC, -
 0xEB, -
 0xC0, END. -
 , -
 : {ESC, 0xEC} {ESC, 0xED}. -

ESC END. -
 RFC 1055 (MTU), -
 MTU, -

1006 . -
 , -

SLIP RFC 1144 , -

TCP- -
 IP- TCP- -
 , -

SLIP -
 IP- TCP- , -

7.3. PPP

PPP (Point-to-Point Protocol) -

PPP (RFC 1331) SLIP, -

SLIP, : -

- (-
 IP); -

PPP- -

0x7E.

PPP

LCP (Link

Control Protocol),

PPP. LCP

NCP (Network Control Protocol). -

NCP, NCP, , PPP, -
 (Internet Protocol Control Protocol). IP, IPCP

1. - /
 - , 1990. - 504 .
2. Halsall F. Data communications, computer networks and open systems. Addison-Wesley publishing company, 1992, 772 pp.
3. Santifaller M. TCP/IP and ONC/NFS: internetworking in a UNIX environment. Addison-Wesley (Deutschland) GmbH, 1994. - 288 pp.

. . .

. . .

