ネットワークプログラミング

千代浩司
高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所

内容

- プログラムを書かないで済ますには
- クライアントアプリケーションの書き方
  - socket()
  - connect()
  - read(), write()
  - ネットワークバイトオーダー
- ユーティリティー
  - gettimeofday()
  - tcpdump
  - wireshark

プログラムを書かないで済ますには(1)

- リードアウトモジュールがTCPでデータを出す場合には nc コマンド が使える
- 読む : nc 192.168.0.16 24
- 読んで書く: nc 192.168.0.16 24 > datafile
- モニター: nc 192.168.0.16 24 | monitor_prog
- モニターしながら書く:

  nc 192.168.0.16 | tee datafile | monitor_prog

プログラムを書かないで済ますには(2)

- サーバー側もできることがある
  - nc -l 1234 (port 24で接続を待つ)
  - nc -l 1234 < datafile

アルファベットのエル
（数字の1ではない

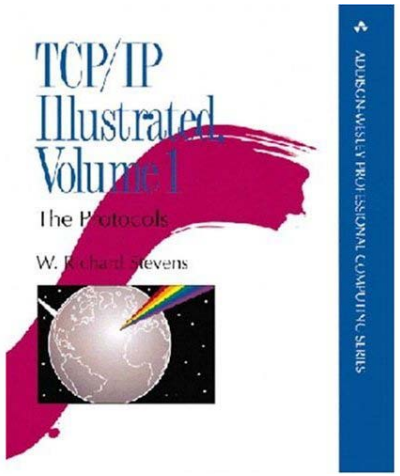
参考書 (軽量型)

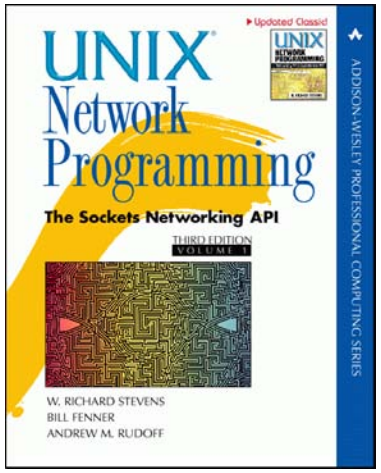
TCP/IP ソケットプログラミングC言語編
Michael J. Donahoo, L. Calvert
小高知宏監訳
オーム社
ISBN4-274-06519-7

http://ssl.ohmsha.co.jp/cgi-bin/menu.cgi?ISBN=4-274-06519-7
38ページまで読めばクライアントが書けるようになる。

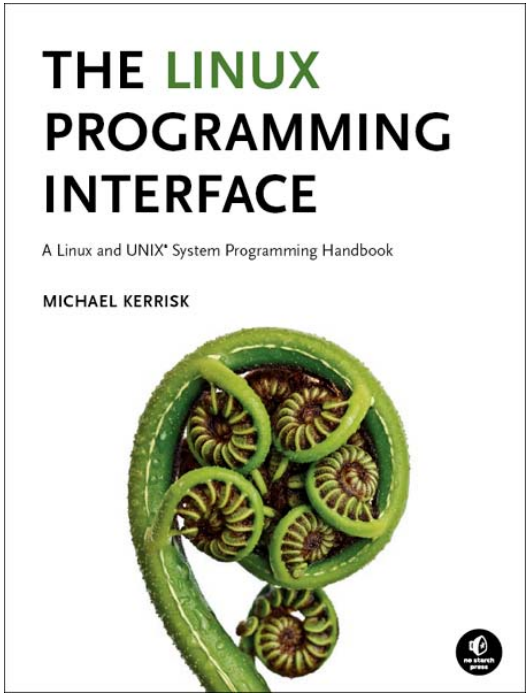
参考書 (本格的)

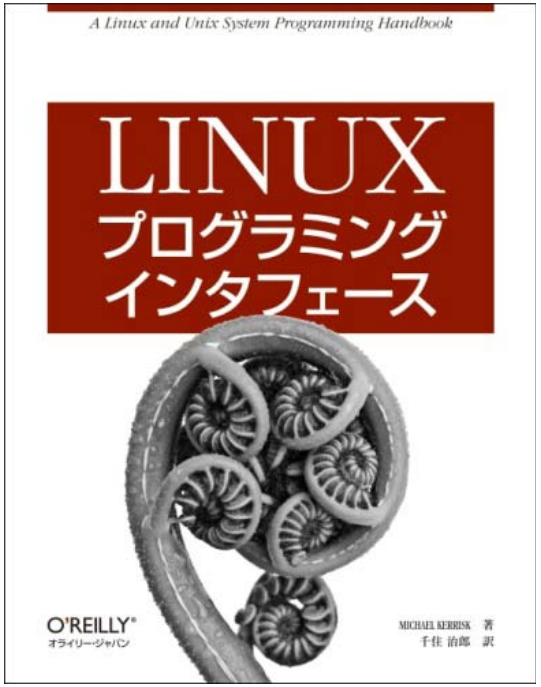
- Protocol
  - TCP/IP Illustrated, Volume 1　2nd edition (Fall, Stevens)
- Programming
  - Unix Network Programming Volume 1 (3rd edition) (Stevens, Fenner, Rudoff)





Linux System Programming



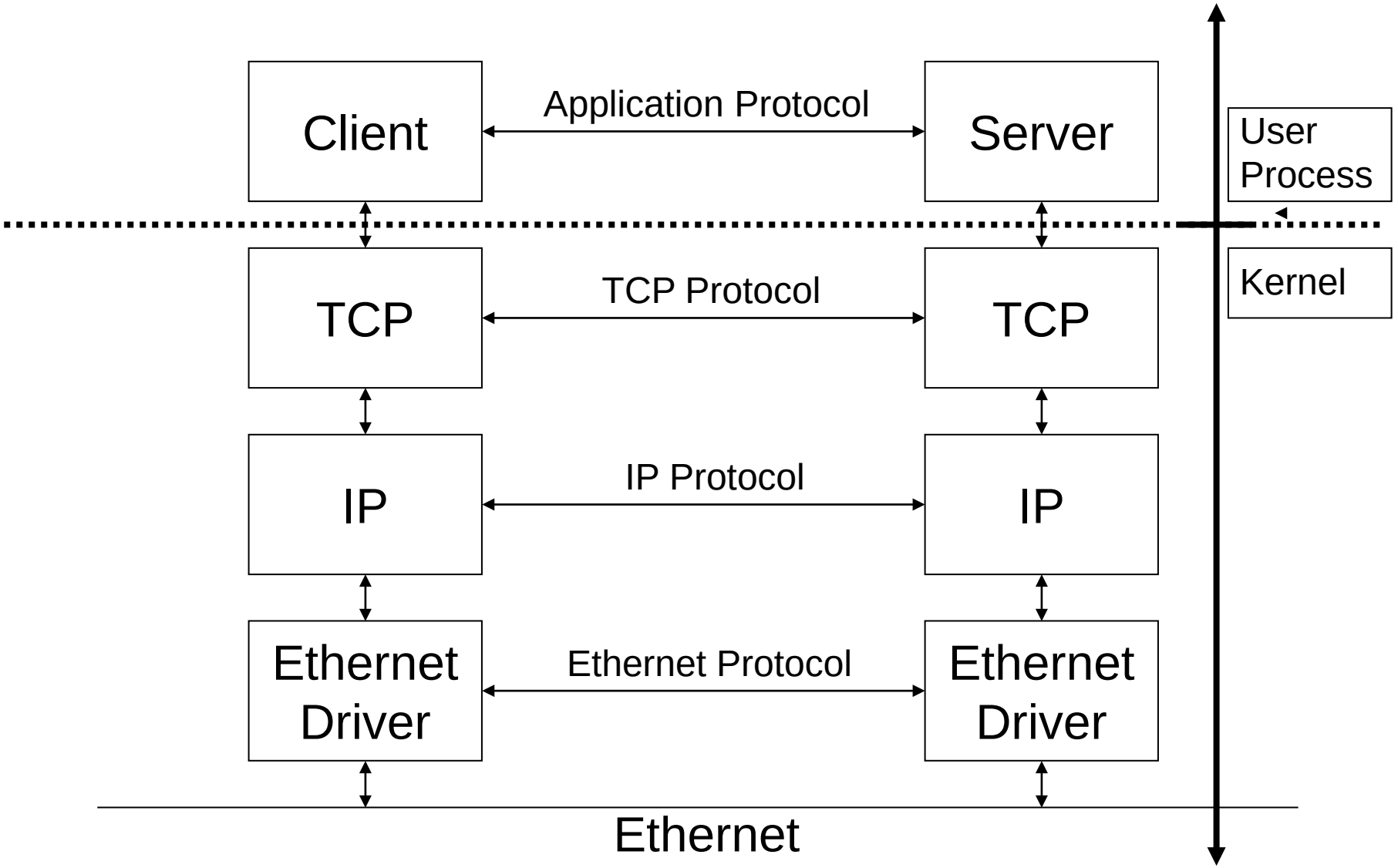


The Linux Programming Interface
Michael Kerrisk
No Starch Press
ISBN 978-1-59327-220-3
1552 pages
published in October 2010
http://man7.org/tlpi/

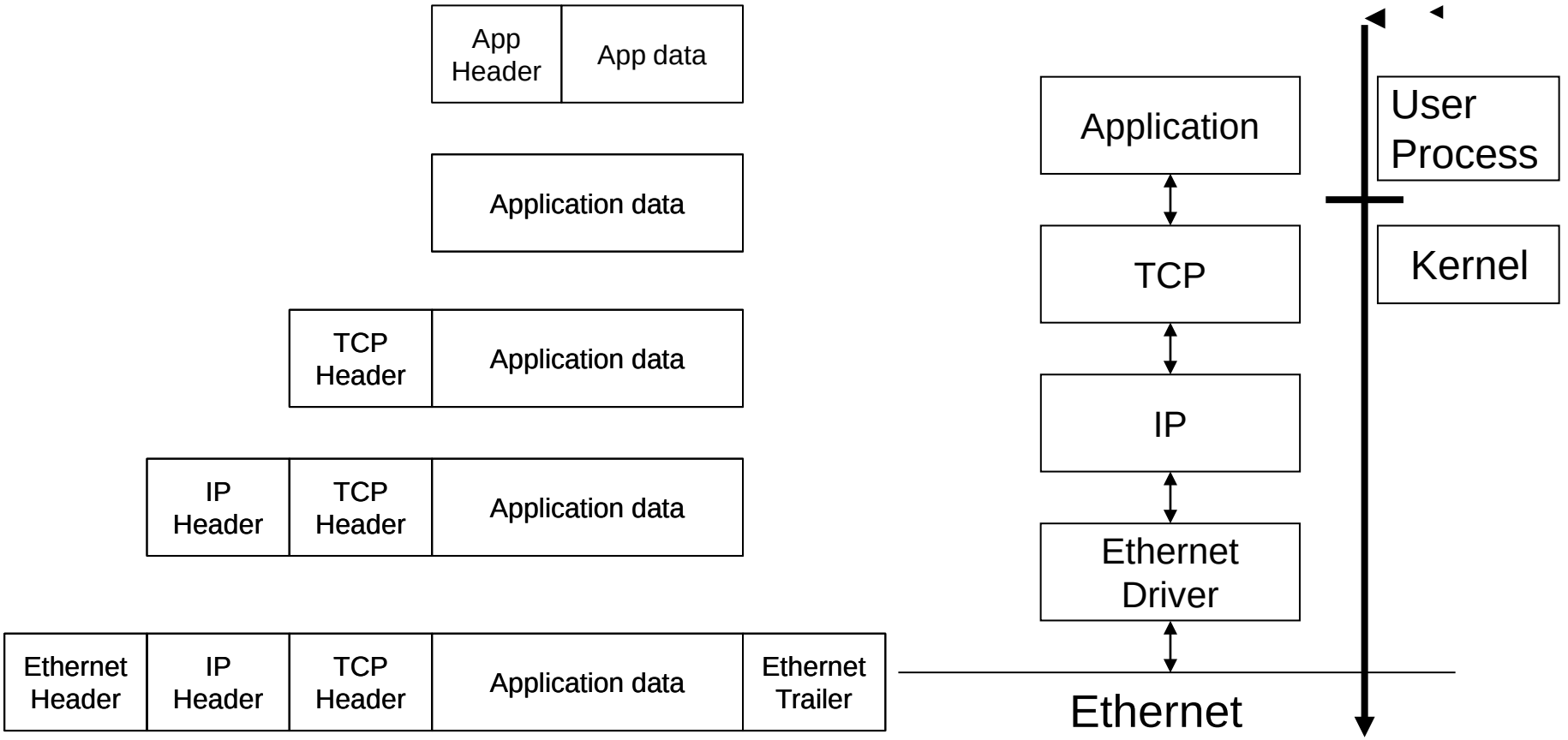
翻訳
Linuxプログラミングインターフェイス
Michael Kerrisk 著、千住 治郎 訳
ISBN978-4-87311-585-6
1604 ページ

システムコールプログラミングの話だけではなくたとえばシェアードライブラリの作り方およびsonameなどの話も書かれています。

Ethernet Using TCP



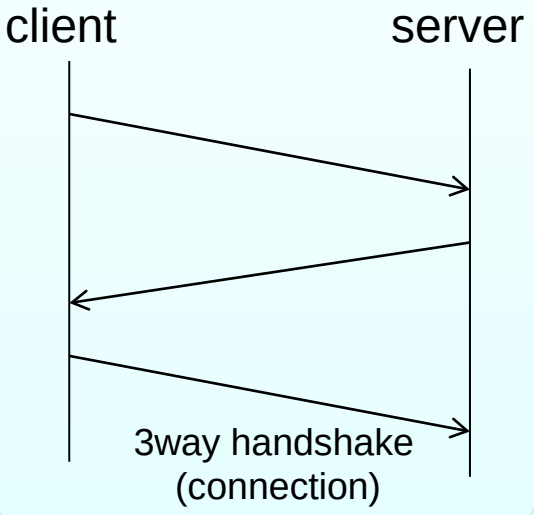
プロトコルスタック縦断

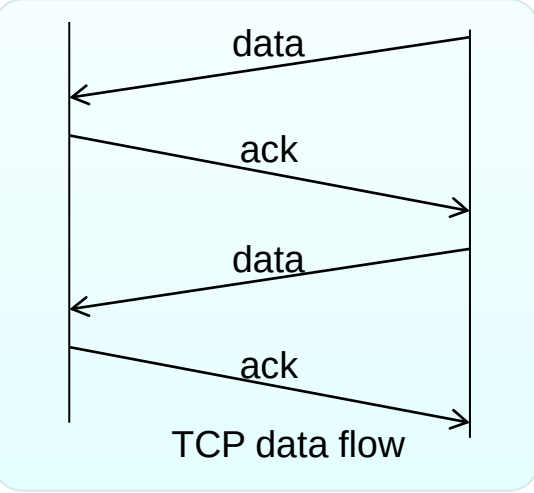


TCPとUDP

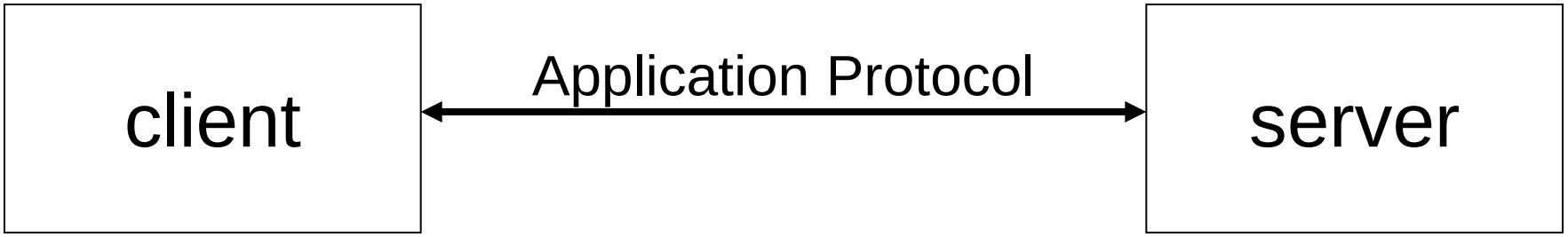
- TCP (Transmission Control Protorol)
  - コネクション型通信(まず最初に接続を確立)
  - データが届いたか確認しながら通信する
    - 届いていなければ再送する
  - SiTCPではデータ転送に使う

- UDP (User Datagram Protocol)
  - コネクションレス型通信(接続を確立せずデータを送る)
  - データが届いたかどうかの確認が必要ならそれはユーザーが行う
  - SiTCPではスローコントロールに使う





Network Application: Client - Server



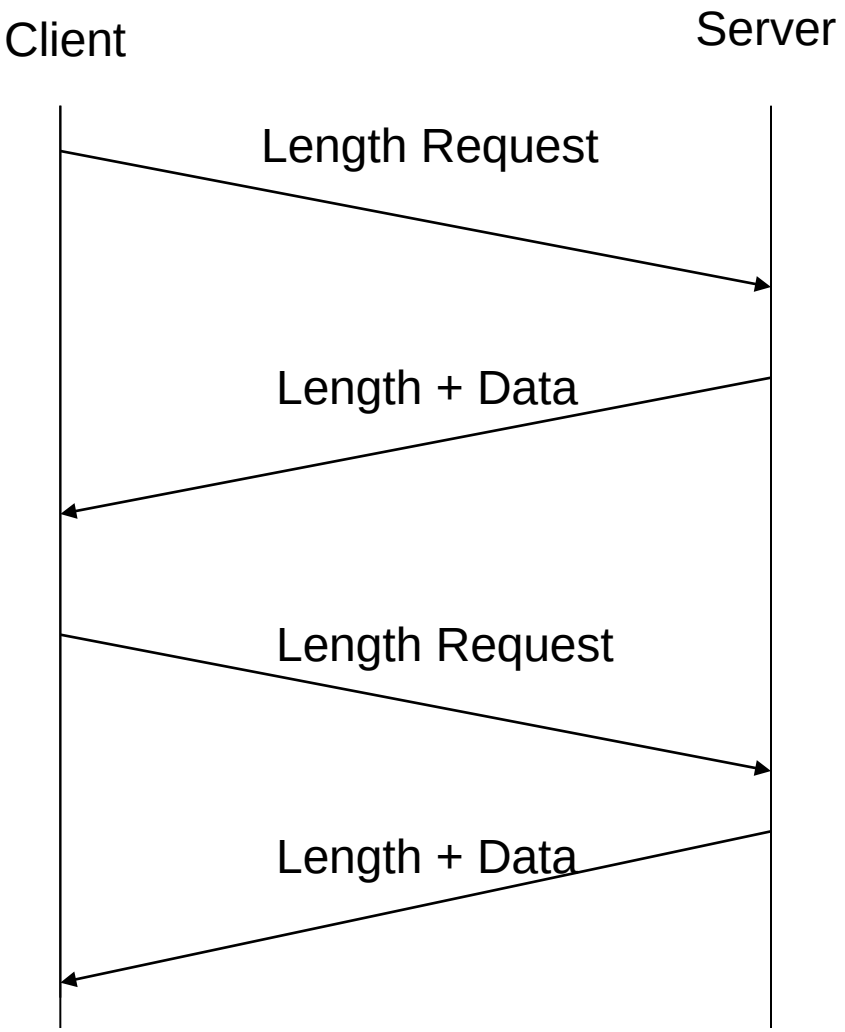
ネットワークを通じて通信するにはまずクライアントおよびサーバー間で通信プロトコルを策定する必要がある。

通信プロトコルの例

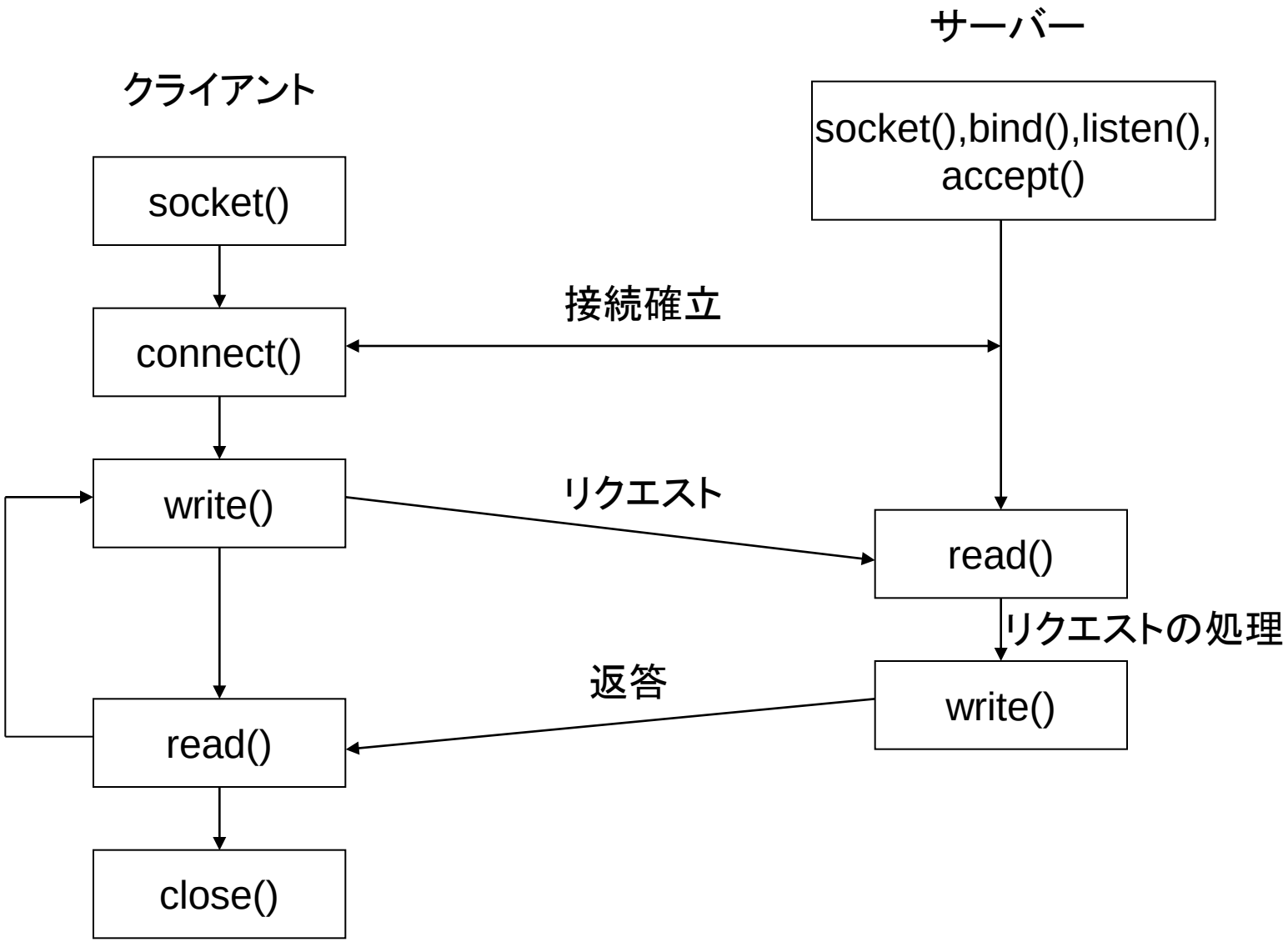
- SMTP (メール）
- HTTP （ウェブ）
- その他いろいろ

通信プロトコルの例：実験システム

- 垂れ流し
- ポーリングで読み取り



TCPクライアント、サーバーの流れ



クライアントプログラム

```
int sockfd;
sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
connect(sockfd, (struct sockaddr *)&servaddr, sizeof(servaddr));
```

接続を確保できればあとはファイルディスクリプタを使って
read()したりwrite()すれば通信できる
（普通のファイルの読み書きと同様）。

```
FILE *fp;
fp = fopen("my_file",  "r")
```

システムコールのエラーの捕捉（1）

- エラーの捕捉は必須
  - さぼるとあまりよいことはない
- 大部分のシステムコールはエラーだと -1 を返す
- 大域変数errnoが設定される
  - #include <errno.h>
  - エラーが起きたときに設定される。エラーがおこる前は前のerrnoが残っている
- どんなエラーがあるかはマニュアルページのERRORSに書いてある。

man socketで出てくる例:

RETURN VALUE

On success, a file descriptor for the new socket is returned. On error, -1 is returned, and errno is set appropriately.

ERRORS

EACCES Permission to create a socket of the specified type and/or protocol is denied.

EAFNOSUPPORT

The implementation does not support the specified address family.

EINVAL Unknown protocol, or protocol family not available.

EMFILE Process file table overflow.

ENFILE The system limit on the total number of open files has been reached.

ENOBUFS or ENOMEM

Insufficient memory is available. The socket cannot be created until sufficient resources are freed.

EPROTONOSUPPORT

The protocol type or the specified protocol is not supported within this domain.

Other errors may be generated by the underlying protocol modules.

システムコールのエラーの捕捉(2)

- errnoから文字列へ変換する関数
  - perror()
  - err()

```
if ( (sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("socket error");
    exit(1);
}
```

エラー時にはperror()で指定した文字列 + ": " と、errnoに対応する文字列が表示される。

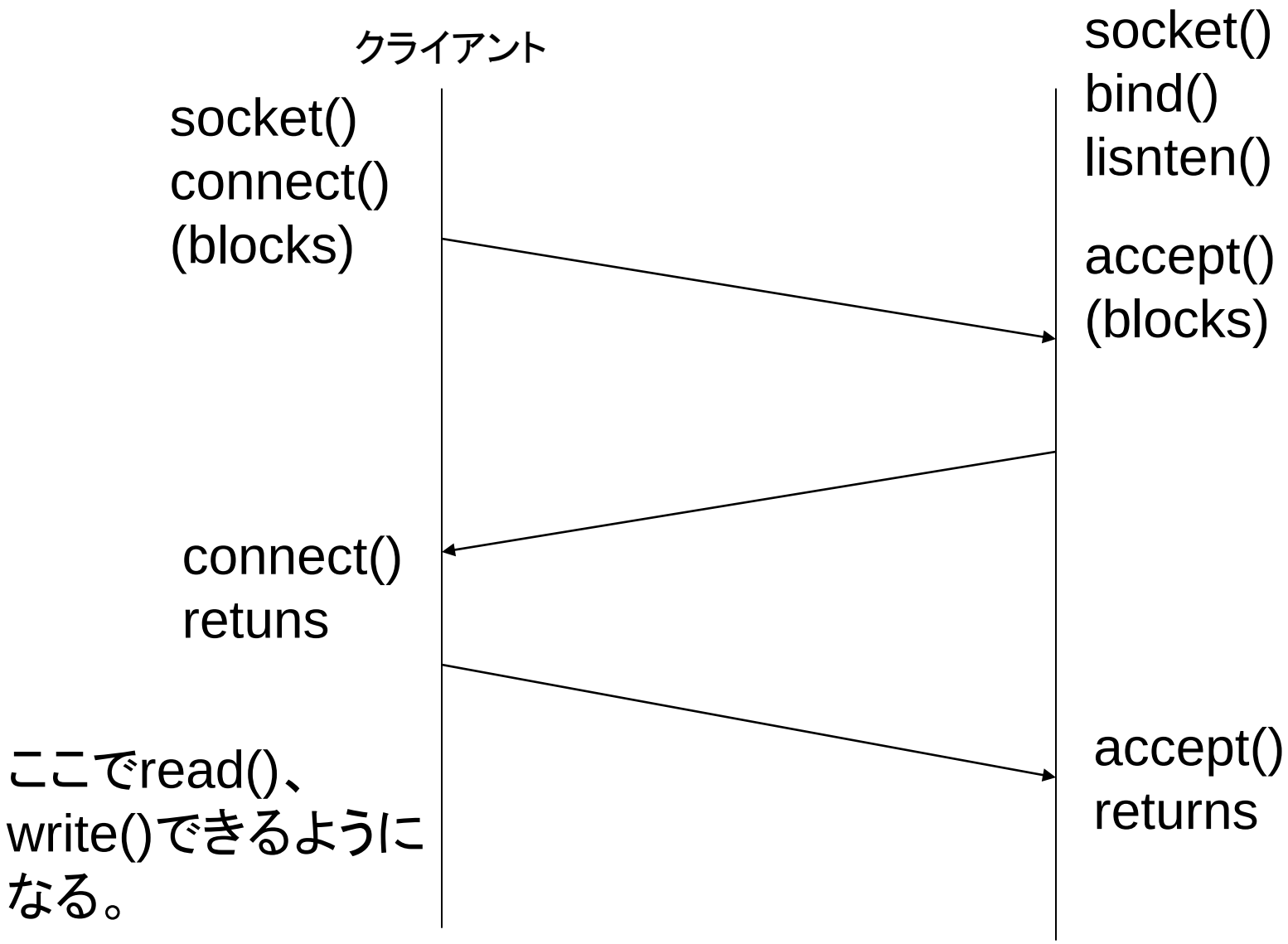
システムコールのエラーの捕捉(3)

```
#include <err.h>
err(int eval, const char *fmt, ...)
```

progname: fmtの文字列 : errnoに対応する文字列と表示してexit(eval)する。
fmtはprintf()と同じ感じで書ける

```
char *ip_address = "192.168.0.16";
if ( (sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    err(1, "socket error for %s", ip_address);
}
```

TCP接続


クライアント
サーバー
socket()
connect()
(blocks)
socket()
bind()
lisnten()
accept()
(blocks)
connect()
retuns
accept()
returns
ここでread()、
write()できるようになる。

socket()

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int socket(int domain, int type, int protocol);
```

domain
- IPv4: AF_INET
- Unix: AF_UNIX (X11などで使われている)

type
- SOCK_STREAM (TCP)
- SOCK_DGRAM (UDP)

protocol
- 0
- その他

```
int sockfd;
if ( (sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("socket error");
    exit(1);
}
```

connect()　(1)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

int    connect ( int    sockfd, const    struct sockaddr *serv_addr,   socklen_t addrlen);
```

struct sockaddr: 総称ソケットアドレス構造体
　　アドレス、ポートの情報を格納する構造体

```
struct sockaddr {
    uint8_t         sa_len;
    sa_family_t     sa_family;          /* address family: AF_XXX value */
    char            sa_data[14];        /* protocol-specific address
};
```

connect()では通信相手を指定するためにsockaddrを使用する。

connect() (2)（IPv4の場合）

```
#include   <netinet/in.h>
struct sockaddr_in {
    sa_family_t      sin_family;          /* AF_INET */
    in_port_t        sin_port;            /* 16 bit TCP or UDP port number
    struct  in_addr  sin_addr;            /* 32 bit IPv4 address */
    char             sin_zero[8]          /* unused */
};
struct  in_addr {
    in_addr_t   s_addr;
};
```

Example:

```
struct   sockaddr_in   servaddr;
char    *ip_address    = "192.168.0.16";
int      port          = 13;                  /* daytime */
servaddr . sin_family = AF_INET;
servaddr . sin_port    = htons(port);
inet_pton(AF_INET,  ip_address,  &servaddr.sin_addr); /* need error check */
```

socket() + connect()

```
struct sockaddr_in servaddr;
int     sockfd;
char    *ip_address = "192.168.0.16";
int     port = 13;  /* daytime */

if ( (sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    peror("socket");
    exit(1);
}

servaddr.sin_family = AF_INET;
servaddr.sin_port   = htons(port);
if (inet_pton(AF_INET, ip_address, &servaddr.sin_addr) <=0) {
    fprintf(stderr, "inet_pton error for %s¥n", ip_address);
    exit(1);
}

if (connect(sockfd, (struct sockaddr *) &servaddr,
        sizeof(servaddr)) < 0) {
    perror("connect");
    exit(1);
}
```

長過ぎるので普通はなにかしたいところ

connect_tcp()

```
if (   (sockfd = connect_tcp(ip_address, port)) < 0) {
    fprintf("connect error");
    exit(1);
}
```

と書けるようにまとめておくと使いまわしがきく（かもしれない）。

その他
　ソケットアドレス構造体の取り扱いにgetaddrinfo()を使う。

DAQ-Middleware Sockライブラリでは

```
try {
        // Create socket and connect to data server.
        m_sock = new DAQMW::Sock();
        m_sock->connect(m_srcAddr, m_srcPort);
} catch (DAQMW::SockException& e) {
        std::cerr << "Sock Fatal Error : " << e.what() << std::endl;
        fatal_error_report(USER_DEFINED_ERROR1, "SOCKET FATAL ERROR");
} catch (...) {
        std::cerr << "Sock Fatal Error : Unknown" << std::endl;
        fatal_error_report(USER_DEFINED_ERROR1, "SOCKET FATAL ERROR");
}
```

パケットの流れを見てみる

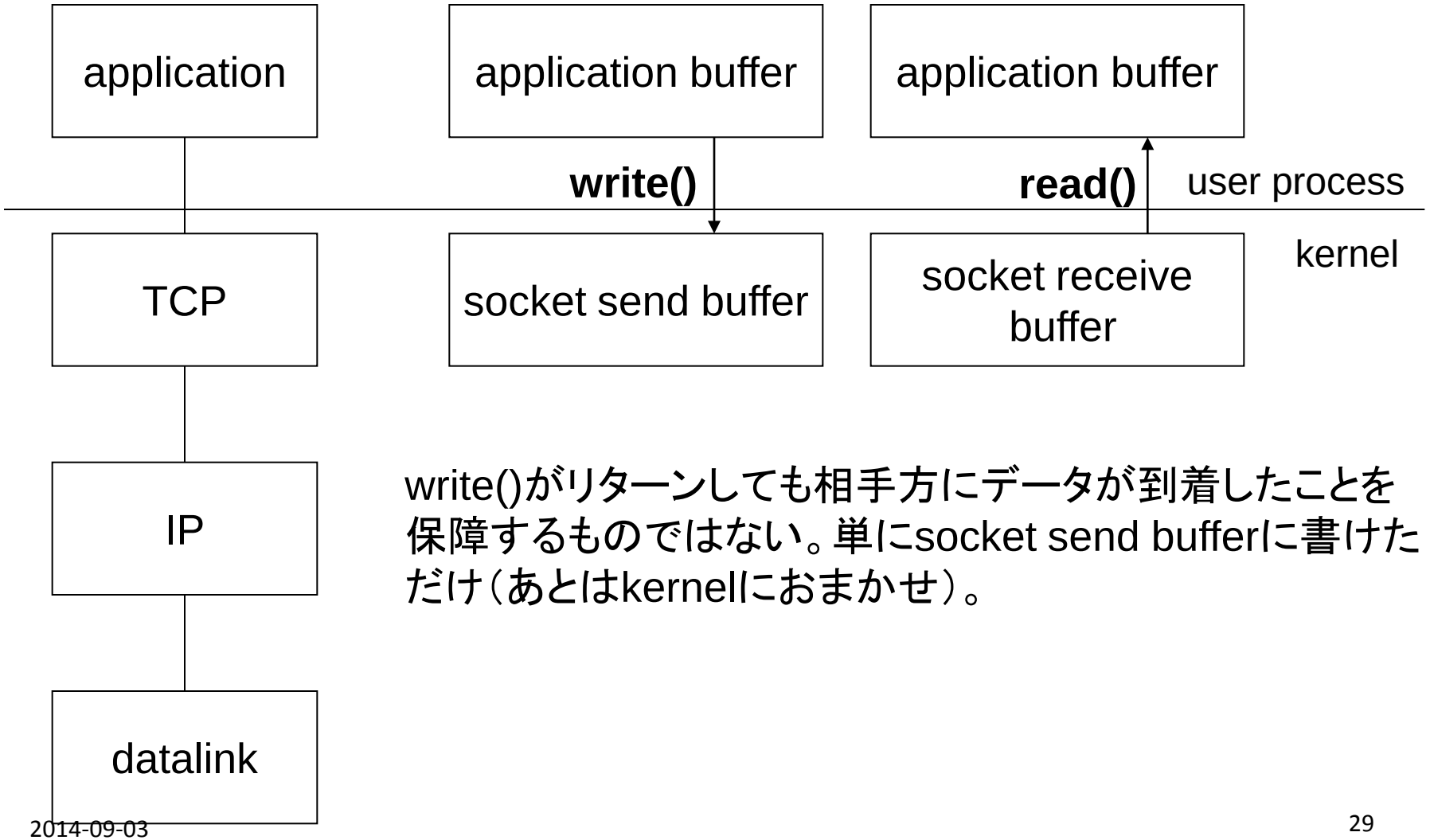
```
0.000000   0.000000   connect start (プログラムの出力)
0.000363   0.000363   IP 192.168.0.100.35005 > 192.168.0.101.13: S
0.000489   0.000126   IP 192.168.0.101.13    > 192.168.0.100.35005: S
0.000536   0.000047   IP 192.168.0.100.35005 > 192.168.0.101.13: . ack 1 win 1460
0.000583   0.000047   connect returns (プログラムの出力)

0.004302   0.003719   IP 192.168.0.101.13    > 192.168.0.100.35005: FP 1:27(26) ack 1
0.004718   0.000416   IP 192.168.0.100.35005 > 192.168.0.101.13: F 1:1(0) ack 28
0.004917   0.000199   IP 192.168.0.101.13    > 192.168.0.100.35005: . ack 2 win 33303
```

read()、write()

- ソケットファイルディスクリプタをread(), write()するとデータの受信、送信ができる。

- read()
  - 通信相手方からのデータがソケットレシーブバッファに入っている。そのデータを読む。
- write()
  - ソケットセンドバッファにデータを書く。書いたデータが通信相手方に送られる。

TCP Input/Output



write()がリターンしても相手方にデータが到着したことを保障するものではない。単にsocket send bufferに書けただけ（あとはkernelにおまかせ）。

read() (1)

```
#include <unistd.h>
ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

```
#define MAX_BUF_SIZE 1024

ssize_t n;
unsigned char buf[MAX_BUF_SIZE];
n = read(sockfd, buf, sizeof(buf));
if (n < 0) {
    perror("read error");
    exit(1);
}
```

戻り値
n > 0: 読んだバイト数
n==0: EOF
n== -1: エラー

read() (2)

```
#include <unistd.h>
ssize_t    read(int fd, void *buf, size_t count);
```

注意点

read()がリターンしたときにbufにcountバイトのデータが
入っているとは限らない。
(データが要求したぶんだけまだ到着していないなど）
必ずcountバイト読んだあとリターンするようにしたければ
そのようにプログラムする必要がある。

デフォルトでは読むデータがない場合は読めるまでブロックする
（そこでプログラムの動作が止まる）

ブロックと無限ループ

```
int ch;
ch = getchar();
/* CPU を消費しない */
```

```
for ( ; ; ) {
    ;
}
/* CPU を消費する */
```

readn()

```
int readn(int sockfd, unsigned char *buf, int nbytes)
{
        int nleft;
        int nread;
        unsigned char *buf_ptr;

        buf_ptr = buf;
        nleft   = nbytes;

        while (nleft > 0) {
                nread = read(sockfd, buf_ptr, nleft);
                if (nread < 0) {
                        if (errno == EINTR) {
                                nread = 0; /* read again */
                        }
                        else {
                                return -1;
                        }
                 }
                 else if (nread == 0) { /* EOF */
                        break;
                 }
                 nleft   -= nread;
                 buf_ptr += nread;
          }
          return (nbytes - nleft);
}
```

ソケットレシーブバッファに
何バイトのデータがあるか調べる方法

- nbytes = recv(sockfd,　buf,　sizeof(buf),
  MSG_PEEK|MSG_DONTWAIT);

  データはbufにコピーされる

- ioctl(sockfd,　FIONREAD ,　&nbytes);
  使えるOSは限られる（Linuxでは使える）

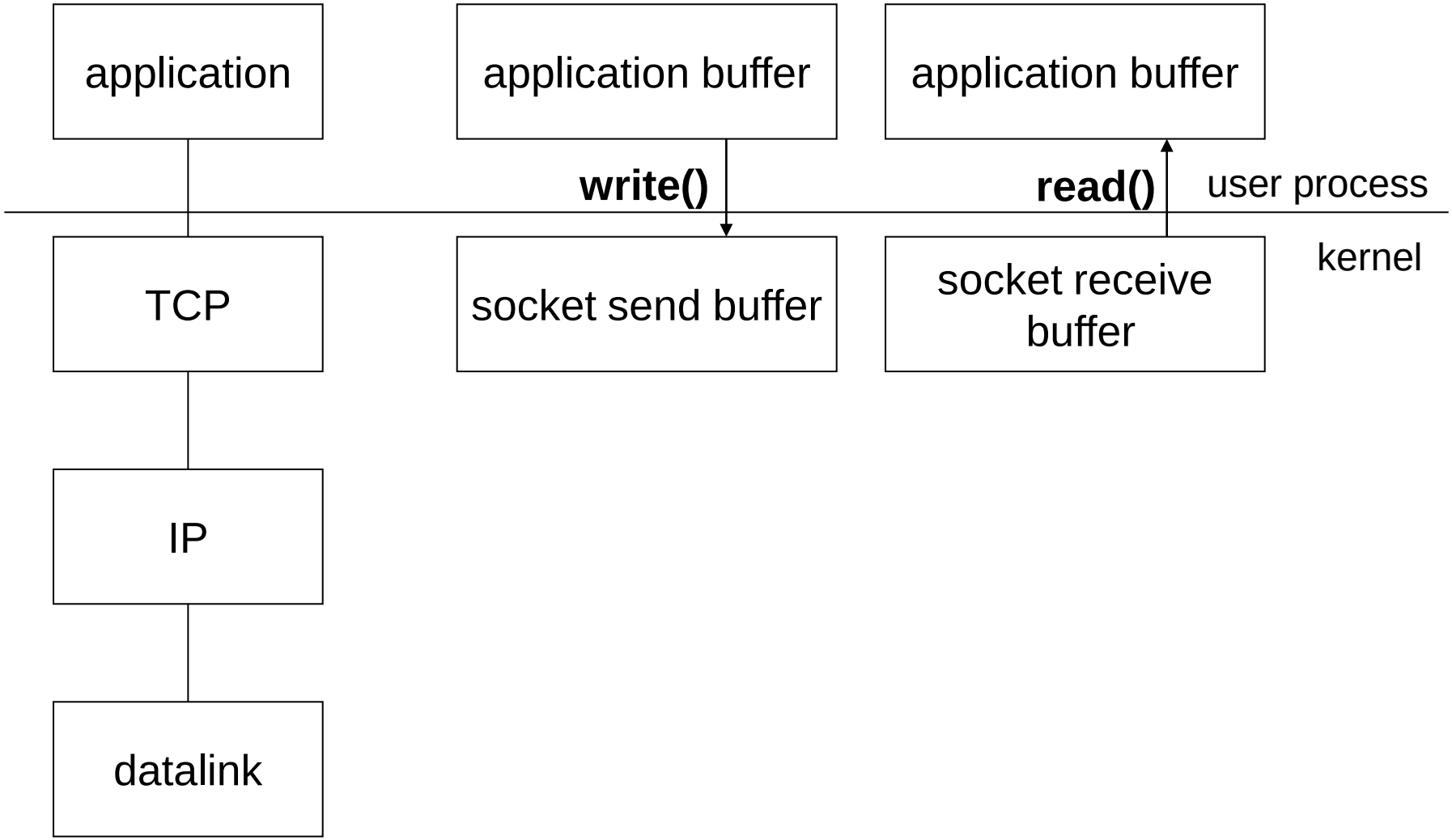
write()

```
#include <unistd.h>
ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count);
```

```
unsigned char buf[4];
ssize_t n;

buf[0] = 0x5a;
buf[1] = 0x5b;
buf[2] = 0x5c;
buf[3] = 0x5b;

if (write(sockfd, buf, 4) == -1) {
    perror("write error");
    exit(1);
}
```

ソケットセンドバッファに余裕がないときにはブロックする（エラーにはならない）。
ブロックしないようにするにはノンブロックキグソケットオプションを使う（ノンブロッキングにするとエラー処理とかでだいぶ行数が増える）。

socket send/receive bufferの大きさ



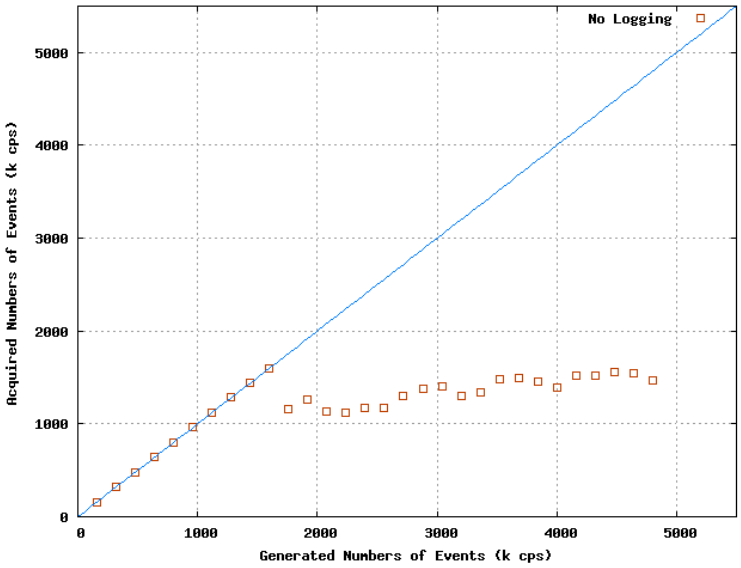
socket send/receive bufferの大きさの調整

- 受信に関してはLinuxでは自動調節機能がある
- 多重読み出しを行うときにはあらかじめ大きくしておかないと性能がでないことが多い

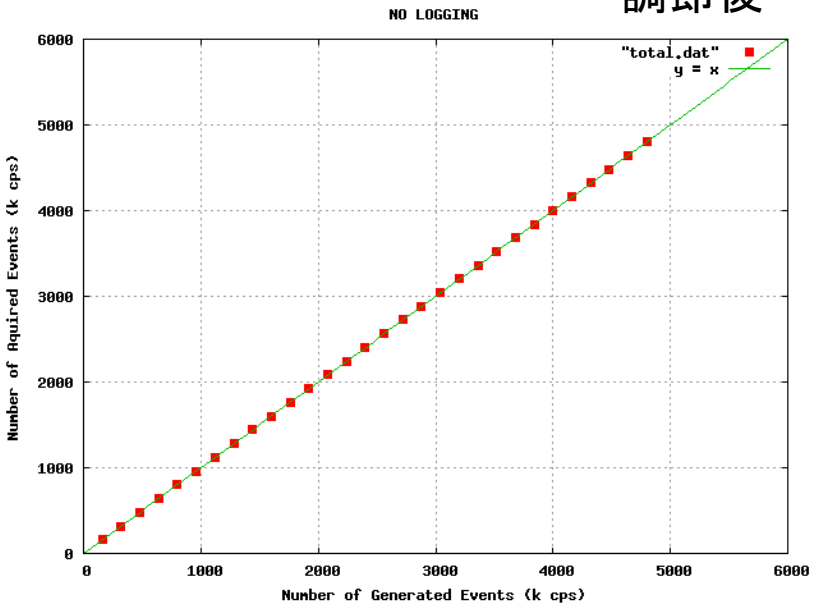
```
echo 0       > /proc/sys/net/ipv4/tcp_timestamps
echo 1       > /proc/sys/net/ipv4/tcp_moderate_rcvbuf
echo 4194304 > /proc/sys/net/core/wmem_max
echo 4194304 > /proc/sys/net/core/rmem_max
echo 4194304 > /proc/sys/net/core/wmem_default
echo 4194304 > /proc/sys/net/core/rmem_default
echo 4096  131072  4194304 > /proc/sys/net/ipv4/tcp_rmem
echo 4096  131072  4194304 > /proc/sys/net/ipv4/tcp_wmem
# 131072 128kB がデフォルト値。もっと大きくしておかないとだめな場合もある
# あるいはソケット個別に大きくすることもできる（setsockopt()）
```

ソケットレシーブバッファの大きさ調節による改善例

調節前



調節後



多重読み出しで複数モジュールから読み出し
各モジュールは同一レートでデータを送ってくるようにセット
読むモジュール数を1, 2, 3, と増加させていった。

ここまでのまとめ

- ソケットファイルディスクリプタを取得するとあとは通常のファイルの読み書きと同様
- ファイルを読むときとは違って指定したサイズが必ずしも読めるとは限らない。指定したサイズ必ず読みたければそのような関数を作る必要がある。

ネットワークバイトオーダー (1)

- unsigned char buf[10];
  アドレスはbuf[0], buf[1], buf[2]の順に大きくなる
- unsigned char buf[10];
  write(sockfd, buf, 10);
  とするとbuf[0], buf[1], buf[2] …の順に送られる。
- read(sockfd, buf, 10);
  きた順にbuf[0], buf[1], buf[2]に格納される。

ネットワークバイトオーダー (2)

// intがどういう順番でメモリーに
// 入っているか調べるプログラム

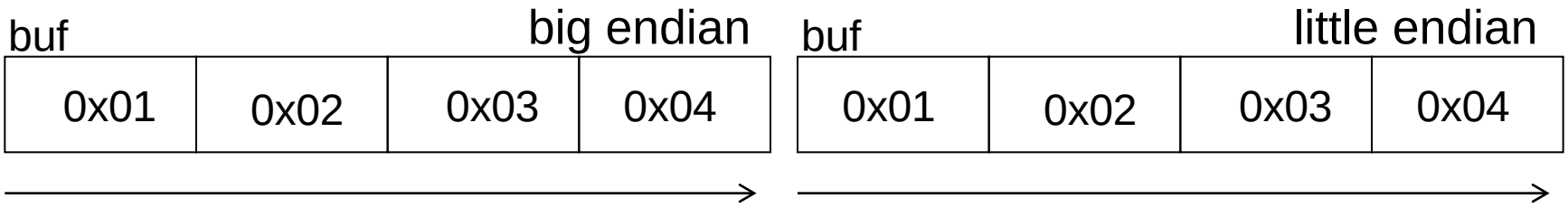
```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
        int i;

        union num_tag {
                unsigned char c[sizeof(int)];
                unsigned int    num;
        } u_num;

        u_num.num = 0x01020304;

        for (i = 0; i < sizeof(int); i++) {
                printf("u_num.c[%d]: %p 0x%02x ¥n", i, &u_num.c[i], u_num.c[i]);
        }
        return 0;
}
```

出力 (i386)

```
u_num.c[0]: 0xbfbfe850 0x04
u_num.c[1]: 0xbfbfe851 0x03
u_num.c[2]: 0xbfbfe852 0x02
u_num.c[3]: 0xbfbfe853 0x01
```

ネットワークバイトオーダー(3)

0x 01 02 03 04 の順に送られてきたデータをread(sockfd, buf, 4)で読んだ場合



big endianでは 0x 01020304 = 16909060

little endianでは 0x 04030201 = 67305985

ネットワークバイトオーダーはbig endian

ネットワークバイトオーダー(4)

- ホストオーダー⇔ネットワークバイトオーダー変換関数
  - htonl (host to network long)
  - htons (host to network short)
  - ntohl (network to host long)
  - ntohs (network to host short)

daytime client (1)

- xinetd内蔵サーバー daytime (port 13)
- セットアップ
  - rpm –q xinetd で入っているかどうか確認
  - yum install xinetd でインストール
  - /etc/xinetd.d/daytime-streamにて

    disable = no

    に変更して service xinetd restart
- telnet localhost 13

  すると現在日時が表示される

```
#include <sys/socket.h>
#include <sys/types.h>

#include <arpa/inet.h>
#include <netinet/in.h>

#include <errno.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

#define MAXLINE 1024

int main(int argc, char *argv[])
{
    unsigned char line[MAXLINE + 1];
    struct sockaddr_in servaddr;
    char *ip_address = "127.0.0.1";
    int port = 13;
    int sockfd, n;
```

```
servaddr.sin_family = AF_INET;
servaddr.sin_port   = htons(port);

n = inet_pton(AF_INET, ip_address, &servaddr.sin_addr);
if (n < 0) {
    perror("inet_pton");
    exit(1);
}
else if (n == 0) {
    fprintf(stderr, "invalid address %s", ip_address);
    exit(1);
}

if ( (sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("socket");
    exit(1);
}

if (connect(sockfd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr)) < 0) {
    perror("connect");
    exit(1);
}
```

```
    for ( ; ; ) {
        n = read(sockfd, line, MAXLINE);
        if (n < 0) {
            perror("read");
            exit(1);
        }
        else if (n == 0) {
            printf("EOF¥n");
            break;
        }
        line[n] = '¥0'; /* string termination */
        printf("%s¥n", line);
    }

    if (close(sockfd) < 0) {
        perror("close");
        exit(1);
    }

    return 0;
}
```

ここでは1回のread()で全部読めると仮定して書いている

```
012345678901234567890123 4 5 6
07 AUG 2012 13:02:10 JST¥r¥n¥0
```

```
[daq@localhost daytimeclient]$ ./daytimeclient | hexdump -vC
00000000  30 37 20 41 55 47 20 32  30 31 32 20 31 33 3a 30  |07 AUG 2012 13:0|
00000010  32 3a 31 30 20 4a 53 54  0d 0a 0a 45 4f 46 0a     |2:10 JST...EOF.|
```

情報のありか

- Manual Page
- 本

Manual Pages

- セクション
  - 1 (Utility Program)
  - 2 (System call)
  - 3 (Library)
  - 4 (Device)
  - 5 (File format)
  - 6 (Game)
  - 7 (Misc.)
  - 8 (Administration)

Linuxだとこの他

- 3P (Posix)

Manual Pages

- manコマンド
- Linuxのマニュアルページは
  - http://www.kernel.org/doc/man-pages/
  - 最新のマニュアルはここで読める。
  - 利用しているkernel、library等のバージョンに注意する必要がある。

Manual Pages

- Header

  READ(3P) POSIX Programmer's Manual READ(3P)

  READ(2) Linux Programmer's Manual READ(2)

- SYNOPSIS
- DESCRIPTION
- RETURN VALUE
- SEE ALSO

- EXAMPLE

Manual Pages(例題)

READ(2) Linux Programmer's Manual READ(2)

NAME

read - read from a file descriptor

SYNOPSIS

#include <unistd.h>

ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);

DESCRIPTION

read() attempts to read up to count bytes from file descriptor fd into the buffer starting at buf.

:

RETURN VALUE

:

ERRORS

:

CONFORMING TO

SVr4, 4.3BSD, POSIX.1-2001.

NOTES

:

SEE ALSO

Manual Pages(例題)

READ(2) Linux Programmer's Manual READ(2)

NAME

read - read from a file descriptor

SYNOPSIS

#include <unistd.h>

ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);

DESCRIPTION

read() attempts to read up to count bytes from file descriptor fd into the buffer starting at buf.

:

RETURN VALUE

:

ERRORS

:

CONFORMING TO

SVr4, 4.3BSD, POSIX.1-2001.

NOTES

:

SEE ALSO

Utility

- gettimeofday()
- nc
- tcpdump、wireshark (ex. ethereal)

gettimeofday()で現在時刻の取得

```
#include <sys/time.h>
int gettimeofday(struct timeval *tv, struct timezone *tz);
```

```
struct timeval start, end, diff;
if (gettimeofday(&start, NULL) < 0) {
    err(1, "gettimeofday");
}
/* ... */
if (getimeofday(&end, NULL) < 0) {
    err(1, "gettimeofday");
}
/* 時間差をとるには引き算してもよいし、timersub()関数を使ってもよい
timersub(&end, &start, &diff);
printf("%ld.%06ld¥n",  result.tv_sec,  result.tv_usec);
```

```
struct timeval {
        time_t          tv_sec;     /* seconds */
        suseconds_t tv_usec;    /* microseconds */
};
```

Linuxではgettimeofday()を1,000,000回繰り返して1秒以下（CPUに依存する）

ナノ秒まで必要なとき

clock_gettime(CLOCK_REALTIME, &ts);

コンパイル時に-lrtが必要

```
struct timespec {
   time_t   tv_sec;         /* seconds */
   long     tv_nsec;        /* nanoseconds */
};
```

余談： 最近のファイルシステムのタイムスタンプはナノ秒まで記録されている

```
% touch X
% ls -l --full X
-rw-rw-r-- 1 sendai sendai 0 2012-08-02 15:02:55.362116699 +0900 X
```

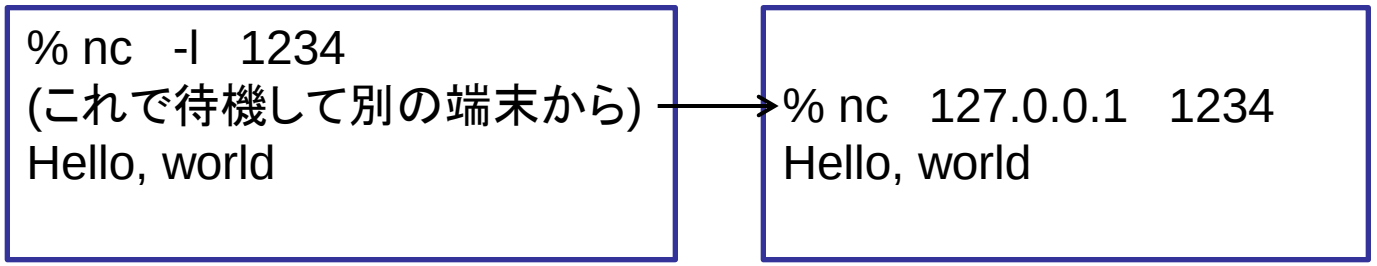
ナノ秒までとれるものなのか？

Intel CPUにはclock1回ごとにカウントアップしているカウンタがある（Time Stamp Counter)．クロックはGHz以上なので1nsはだいじょうぶそう

```
% cat /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/current_clocksource
tsc
```

nc (netcat)

- nc - arbitrary TCP and UDP connections and listens



- nc 192.168.0.16 > datafile で接続してデータをとってみる
- nc 192.168.0.16 | tee log.dat | prog_histo

tcpdump

- ネットワーク上を流れているパケットを見るコマンド
  - 接続できないんだけどパケットはでているのか？
  - データが読めないんだけど向こうからパケットはきているんでしょうか？
- rootにならないと使えない
- 起動方法

  # tcpdump -n -w dumpfile -i eth0

  # tcpdump -n -r dumpfile
- Selector

  # tcpdump -n -r host 192.168.0.16

  # tcpdump -n -r src 192.168.0.16 and dst 192.168.0.17

tcpdump出力例

TCPの3wayハンドシェイク付近:

11:27:55.137827 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http:** S 153443204: 153443204(0) win 5840 <mss 1460,sackOK,timestamp 587094474 0,nop,wscale 7>
11:27:55.139573 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: S 4091282933: 4091282933(0) ack 153443205 win 65535 <mss 1460,nop,wscale 1,nop,nop,timestamp 3029380287 587094474,sackOK,eol>
11:27:55.139591 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: . ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 587094479 3029380287>
11:27:55.139751 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: P 1:103(102) ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 587094479 3029380287>
11:27:55.143520 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: P 1:252(251) ack103 win 33304 <nop,nop,timestamp 3029380290 587094479>

tcpdump - 時刻情報

- 絶対時刻ではなくて相対的な時間に変換するプログラムを作っておくと便利なことがある。

0.000000 0.000000 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: S 153443204:1534432
0.001746 0.001746 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: S 4091282933:409128
0.001764 0.000018 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: . ack 1 win 46 <nop
0.001924 0.000160 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: P 1:103(102) ack 1
0.005693 0.003769 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: P 1:252(251) ack 10
0.005703 0.000010 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: . ack 252 win 54 <n
1.107822 1.102119 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: F 103:103(0) ack 25
1.108482 0.000660 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: . ack 104 win 33304
1.109608 0.001126 IP **192.168.0.17.http > 192.168.0.16.59448**: F 252:252(0) ack 10
1.109618 0.000010 IP **192.168.0.16.59448 > 192.168.0.17.http**: . ack 253 win 54 <n

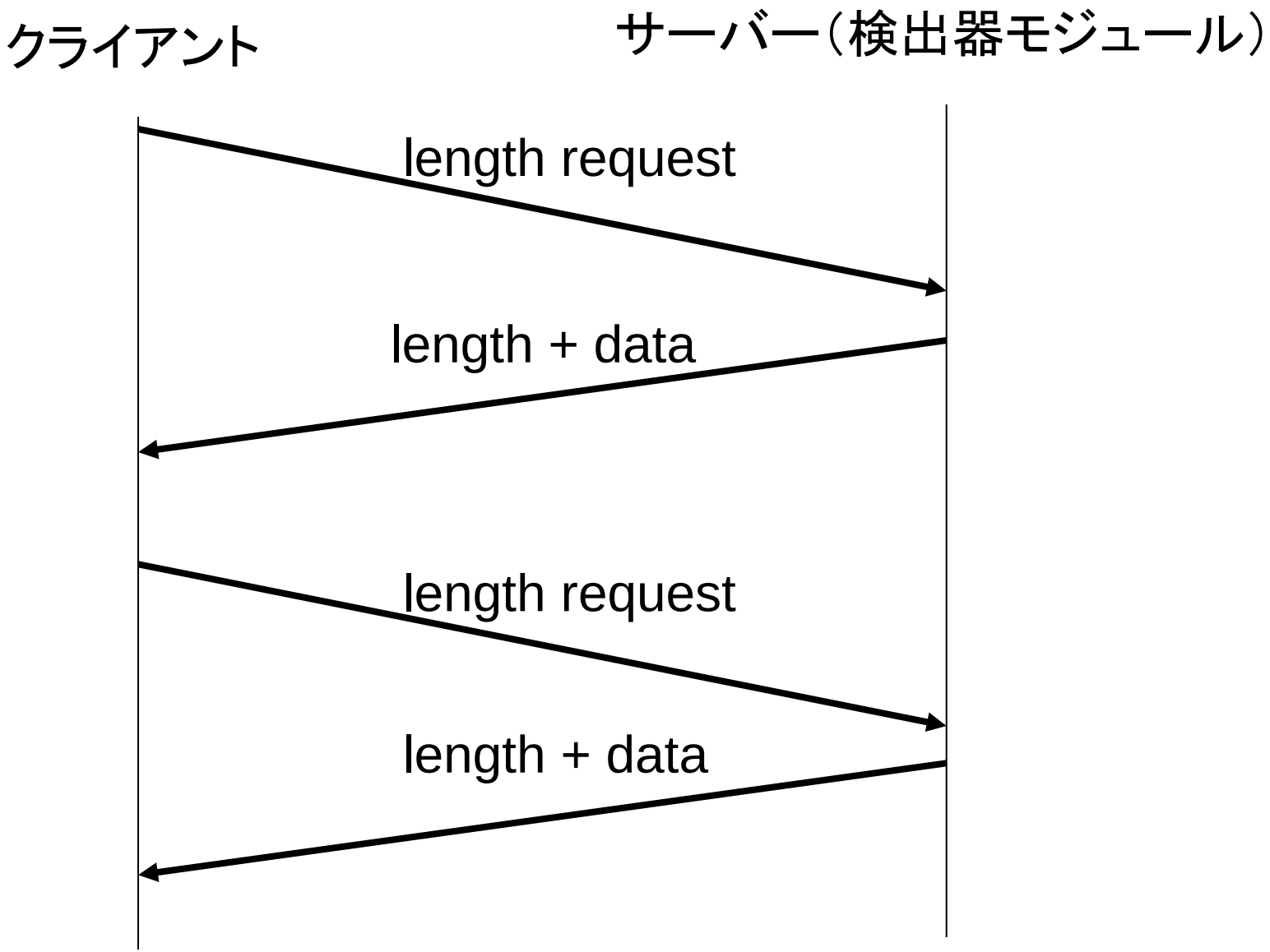
最初の欄はSYNを送ってからの経過時間
2番目の欄は直前の行との時間差を示すもの

tcpdump + program log

- tcpdumpの時刻情報と同じ時刻フォーマットでログを出すようにしておいてtcpdumpをとりつつプログラムを走らせあとからマージする:

  (tcpdump -n -r tcpdump.out; cat log) | sort -n

NEUNET Protocol

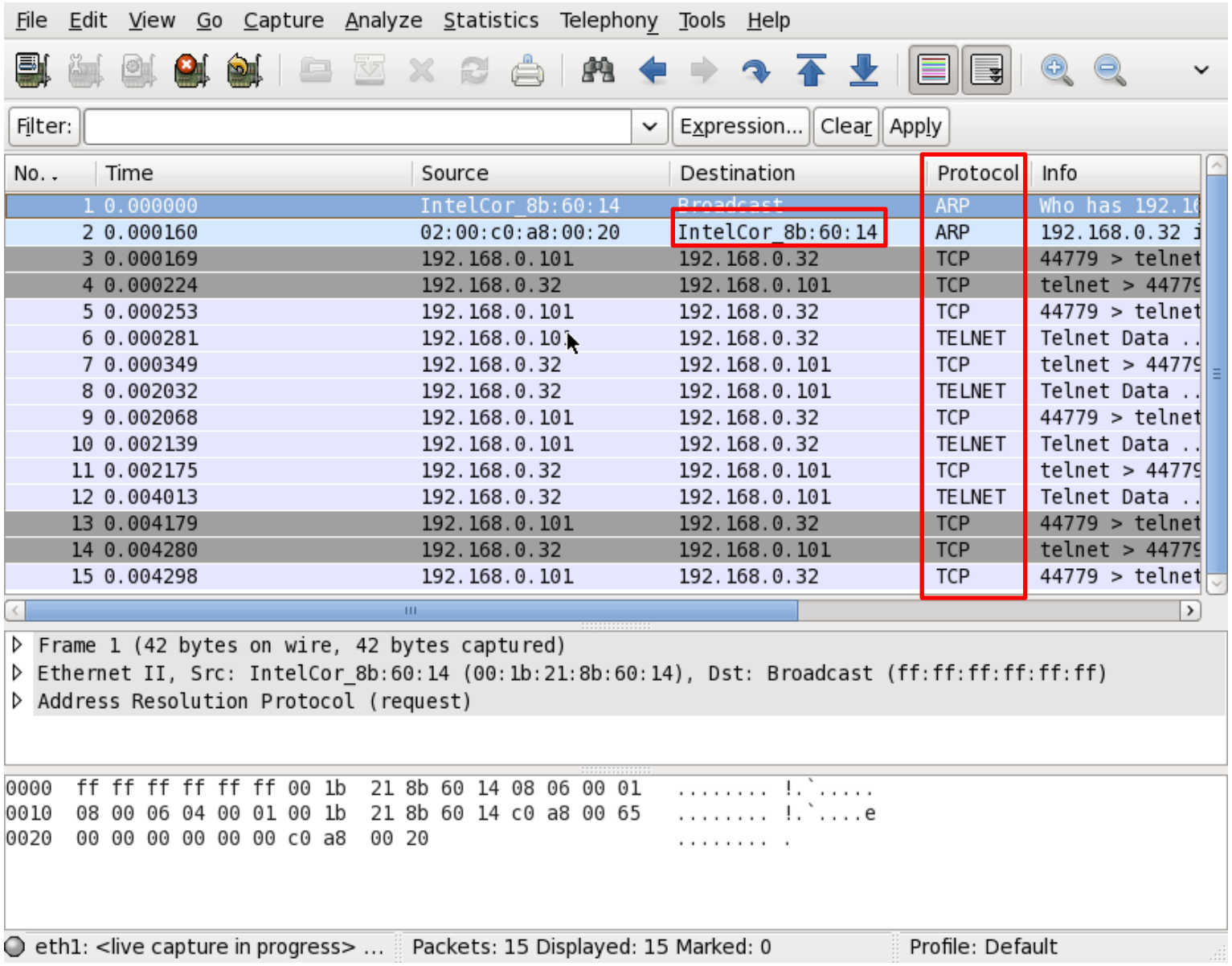


tcpdump + program log

```
0.000000 0.000000 connect start
0.000063 0.000063 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: S 4076228960:407
0.000128 0.000065 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: S 3718362368:371
0.000159 0.000031 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: . ack 1 win 5840
0.000215 0.000056 write length
0.000227 0.000012 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: P 1:9(8) ack 1 w
0.000234 0.000007 read length + data
0.000275 0.000041 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: . ack 9 win 6551
0.002269 0.001994 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: . 1:5(4) ack 9 w
0.002284 0.000015 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: . ack 5 win 5840
0.002300 0.000016 write length
0.002306 0.000006 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: P 9:17(8) ack 5
0.002312 0.000006 read length + data
0.002369 0.000057 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: . ack 17 win 655
0.002568 0.000199 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: . 5:1465(1460) a
0.002583 0.000015 IP 192.168.0.204.57447 > 192.168.0.20.telnet: . ack 1465 win 8
0.002717 0.000134 IP 192.168.0.20.telnet > 192.168.0.204.57447: . 1465:2925(1460
```

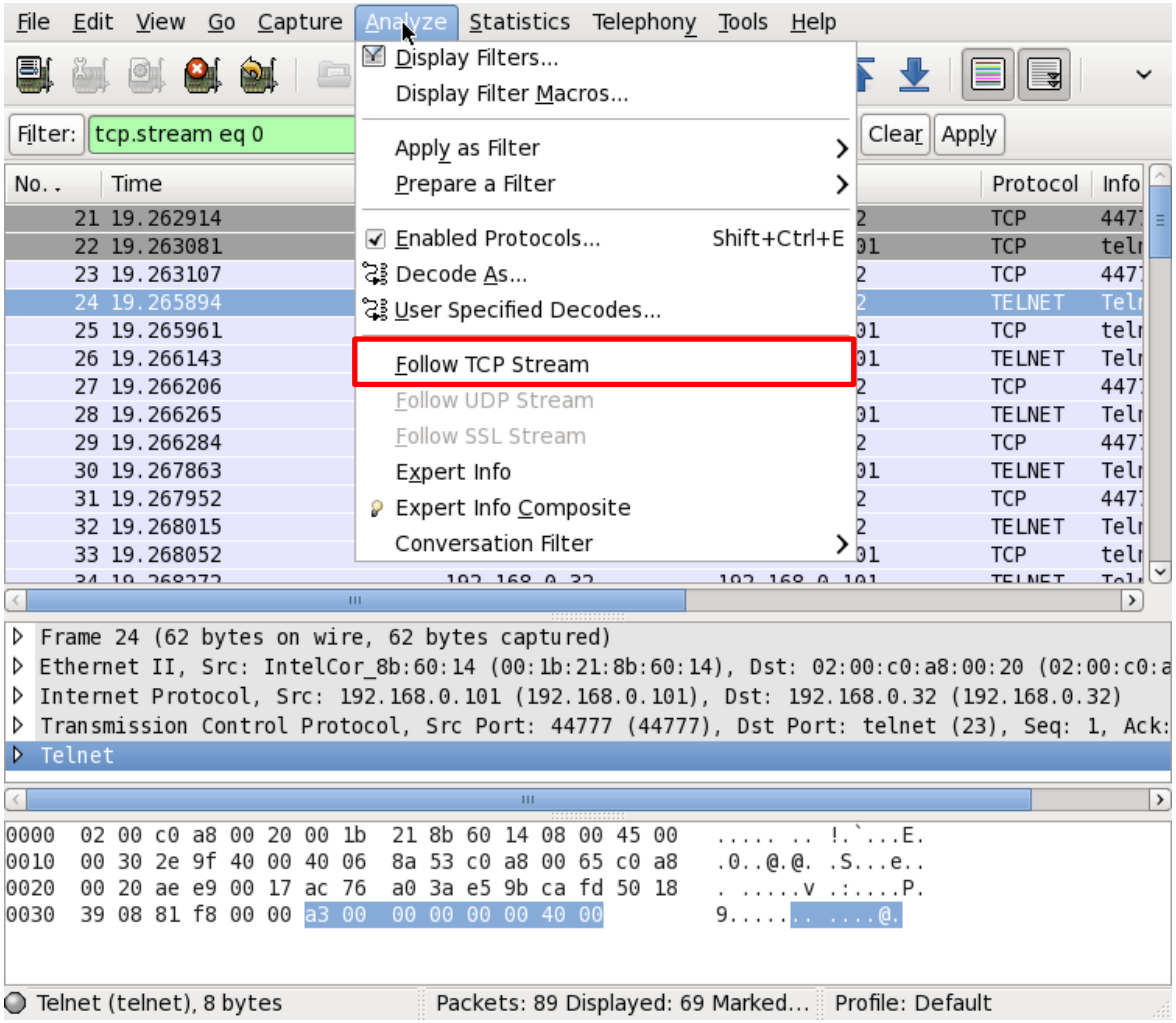
wireshark

- yum install wireshark-gnome (GUIつきのをインストールする）
- Ethernet、IP, TCPのヘッダがどこか色つきで表示してくれるので便利

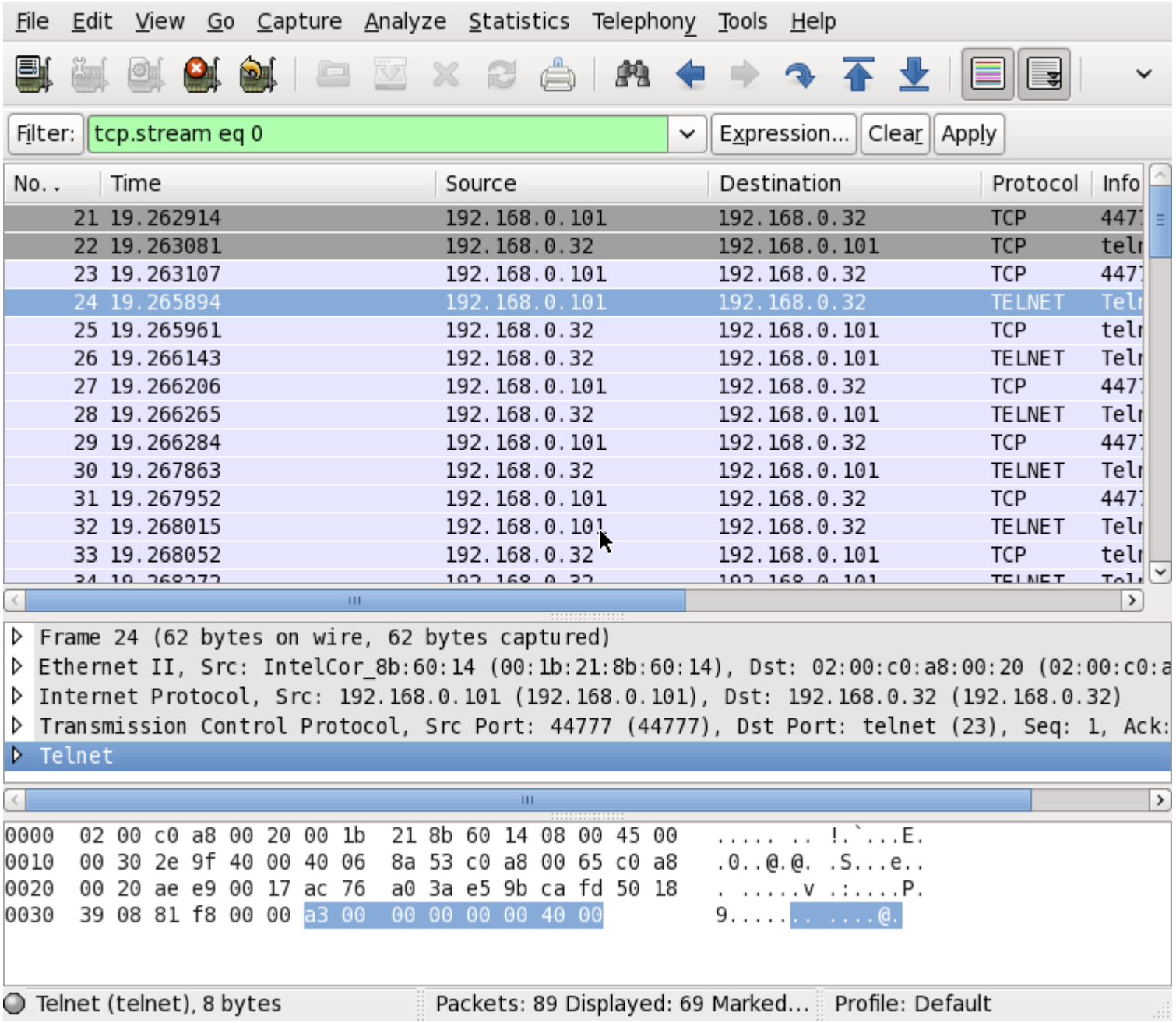


MACアドレスからベンダーを調べて表示する（らしい）

wireshark

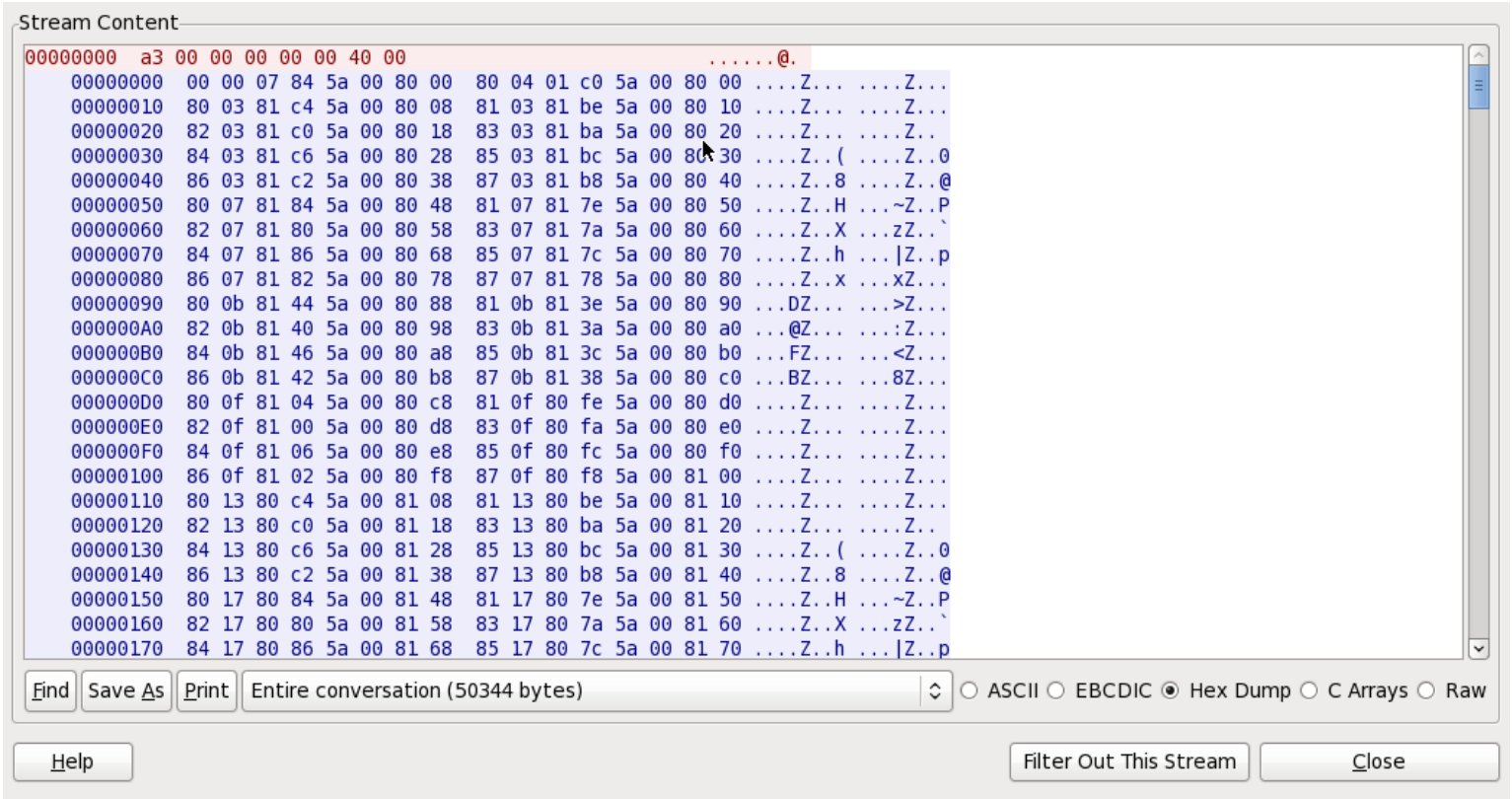


- 複数のTCPセッションがあっても Analyze→Follow TCP Streamで追跡可能

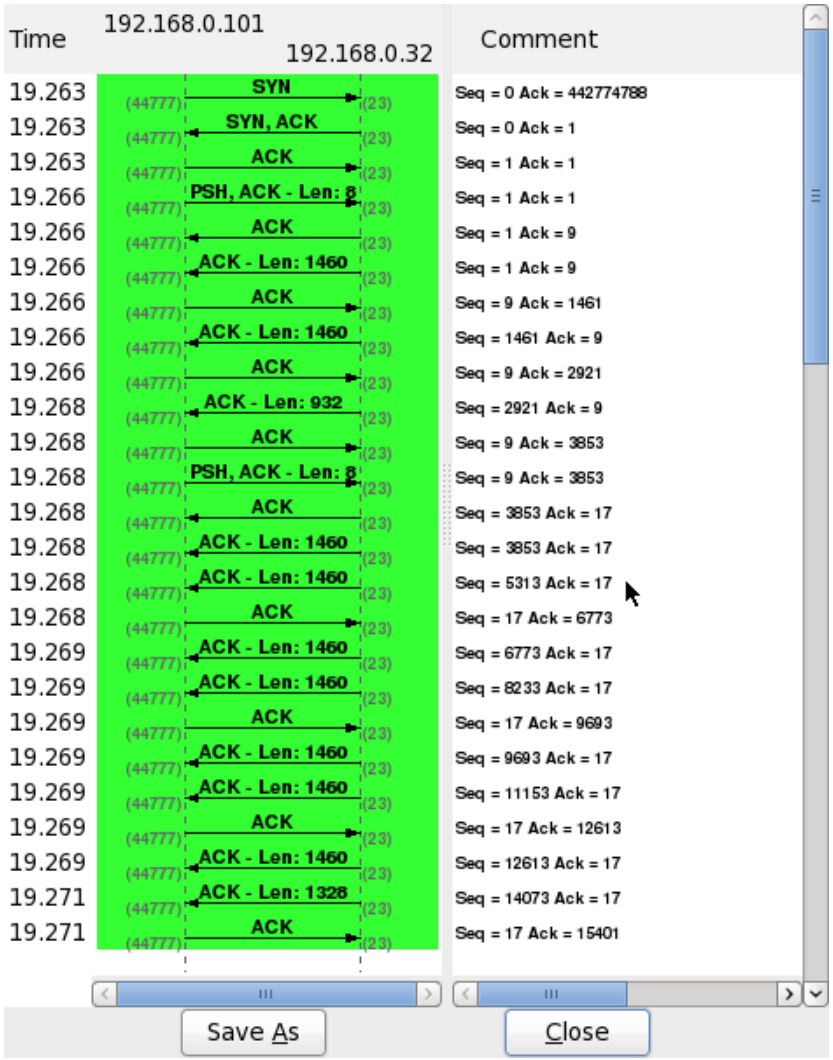

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Help
Filter: tcp.stream eq 0
Expression... Clear Apply
No. Time Source Destination Protocol Info
21 19.262914 192.168.0.101 192.168.0.32 TCP
22 19.263081 192.168.0.32 192.168.0.101 TCP
23 19.263107 192.168.0.101 192.168.0.32 TCP
24 19.265894 192.168.0.101 192.168.0.32 TELNET
25 19.265961 192.168.0.32 192.168.0.101 TCP
26 19.266143 192.168.0.32 192.168.0.101 TELNET
27 19.266206 192.168.0.101 192.168.0.32 TCP
28 19.266265 192.168.0.32 192.168.0.101 TELNET
29 19.266284 192.168.0.101 192.168.0.32 TCP
30 19.267863 192.168.0.32 192.168.0.101 TELNET
31 19.267952 192.168.0.101 192.168.0.32 TCP
32 19.268015 192.168.0.101 192.168.0.32 TELNET
33 19.268052 192.168.0.32 192.168.0.101 TCP
Frame 24 (62 bytes on wire, 62 bytes captured)
Ethernet II, Src: IntelCor_8b:60:14 (00:1b:21:8b:60:14), Dst: 02:00:c0:a8:00:20 (02:00:c0:a
Internet Protocol, Src: 192.168.0.101 (192.168.0.101), Dst: 192.168.0.32 (192.168.0.32)
Transmission Control Protocol, Src Port: 44777 (44777), Dst Port: telnet (23), Seq: 1, Ack:
Telnet
0000 02 00 c0 a8 00 20 00 1b 21 8b 60 14 08 00 45 00 .... !.`...E.
0010 00 30 2e 9f 40 00 40 06 8a 53 c0 a8 00 65 c0 a8 .0..@.@. .S...e..
0020 00 20 ae e9 00 17 ac 76 a0 3a e5 9b ca fd 50 18 . .....v .:....P.
0030 39 08 81 f8 00 00 a3 00 00 00 00 00 40 00 9.....@.
Telnet (telnet), 8 bytes
Packets: 89 Displayed: 69 Marked...
Profile: Default

wireshark

- データのダンプもできる



wireshark



- フローグラフ

tcpflow

- tcpdump、wireshark等でキャプチャしたファイルからデータフローを取り出すことができる
- 同様なソフトウェアは他にもある

多重読み出し

```
read(sockfd_0,  buf_0,  sizeof(buf_0));
read(sockfd_1,  buf_1,  sizeof(buf_1));
read(sockfd_2,  buf_2,  sizeof(buf_2));
```

とするとsockfd_0で止まると、sockfd_1が読めるようになっていても
プログラムが進行しない。

読めるようになったものをどんどん読むにはselect()あるいはLinuxなら
epoll()を使う。
あるいはpthreadを使う。