Libevent
快速可移植非阻塞式网络编程

修订历史			
版本	日期	作者	备注
V1.0	2016-11-15	周勇	Libevent 编程中文帮助文档

英文:http://libevent.org/

中文:http://blog.csdn.net/zhouyongku/article/details/53431597

请下载并运行"gitclonegit://github.com/nmathewson/libevent- book.git"获取本文档描述的最新版本源码.

1.关于本文档

为了更好掌握 Libevent(2.0)进行快速可移植的异步 IO 网络编程,你需要具备:

- C 语言基本知识
- C 语言网络开发函数调用(socket(),connect()等).

2.示例代码注意事项

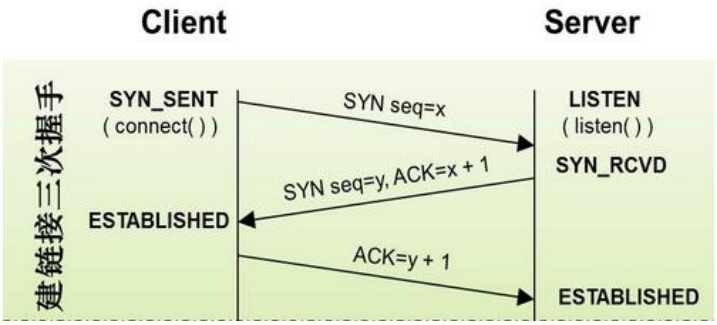
本文档描述的源码示例需要运行在 Linux、FreeBSD、OpenBSD、NetBSD、MacOSX、Solaris、Android 这些操作系统中,而 Windows 环境下编译可能会有一些不兼容的情况发生.

3.一个小的异步 IO 例子

许多初学者往往都是使用阻塞式 IO 调用进行编程.当你调用一个同步 IO 的时候,除非操作系统已经完成了操作或者时间长到你的网络堆栈放弃的时候,否则系统是不会返回完成的.举个例子,当你调用"connect"做一个 TCP 连接的时候,你的操作系统必须排队处理来自发送到服务器的 SYN 包,除非等到 SYN_ACK 包从对面接收到,或者是超时,否则操作是不会返回给你的应用程序.

TCP 三次握手

第一次握手:建立连接时,客户端发送 syn 包(syn=j)到服务器,并进入 SYN_SENT 状态,等待服务器确认;SYN:同步序列编号(Synchronize Sequence Numbers).第二次握手:服务器收到 syn 包,必须确认客户的 SYN(ack=j+1),同时自己也发送一个 SYN 包(syn=k),即 SYN+ACK 包,此时服务器进入 SYN_RECV 状态;第三次握手:客户端收到服务器的 SYN+ACK 包,向服务器发送确认包 ACK(ack=k+1),此包发送完毕,客户端和服务器进入 ESTABLISHED(TCP 连接成功)状态,完成三次握手.



这里有一个很简单的阻塞式网络调用的例子,它打开一个连接到 www.google.com,发送它简单的 HTTP 请求,并打印输出到 stdout.

示例:一个简单的阻塞式 HTTP 客户端

```
/* For sockaddr_in*/
#include <netinet/in.h>
/* For socket functions*/
#include <sys/socket.h>
/* For gethostbyname*/
#include <netdb.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
int main(int c, char** v)
{
    const char query[] =
    "GET / HTTP/1.0\r\n"
    "Host: www.google.com\r\n"
    "\r\n";
    const char hostname[] = "www.google.com";
    struct sockaddr_in sin;
    struct hostent* h;
    const char* cp;
    int fd;
    ssize_t n_written, remaining;
    char buf[1024];
    /* Look up the IP address for the hostname. Watch out; this isn't
    threadsafe on most platforms.*/
    h = gethostbyname(hostname);
    if (!h) {
    fprintf(stderr, "Couldn't lookup %s: %s", hostname,    hstrerror(h_errno));
        return 1;
    }
    if (h->h_addrtype != AF_INET) {
        fprintf(stderr, "No ipv6 support, sorry.");
        return 1;
    }
    /* Allocate a new socket*/
    fd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (fd < 0) {
        perror("socket");
        return 1;
    }
    /* Connect to the remote host*/
    sin.sin_family = AF_INET;
    sin.sin_port = htons(80);
    sin.sin_addr =
    * (struct in_addr * )h->h_addr;
    if (connect(fd, (struct sockaddr * ) &sin, sizeof(sin))) {
        perror("connect");
        close(fd);
        return 1;
    }
    /* Write the query.*/
    /* XXX Can send succeed partially?*/
    cp = query;
    remaining = strlen(query);
```

```
    while (remaining) {
        n_written = send(fd, cp, remaining, 0);
        if (n_written <= 0) {
        perror("send");
        return 1;
    }
    remaining -= n_written;
    cp += n_written;
    }
    /* Get an answer back.*/
    while (1) {
        ssize_t result = recv(fd, buf, sizeof(buf), 0);
        if (result == 0) {
        break;
    } else if (result < 0) {
        perror("recv");
        close(fd);
        return 1;
    }
    fwrite(buf, 1, result, stdout);
    }
    close(fd);
    return 0;
}
```

我们可以看出,上面的代码均是阻塞式操作:调用 gethostbyname 的去解析 www.google.com 的时候不等到它成功或者失败不会返回;调用 connect 的时候不等到它连接成功不会返回;调用 recv 的时候不等到它接受到数据或关连接关闭的时候不会返回;同样,调用 send 的时候至少等到待把输出区间待发送数据刷新到内核的写缓冲区之后才会返回.

现在看起来阻塞式 IO 还没有让人多厌烦,因为当你的程序在处理网络 IO 的同时不会处理其它业务,那么阻塞式 IO 能满足你的编程需求,但是想一下,当你想写一个程序支持多个连接,比如说需要同时从两个连接中读取数据,那么这个时候你就不知道到底先从哪个连接读取数据.

一个糟糕的例子:

```
/* This won't work.*/
char buf[1024];
int i, n;
while (i_still_want_to_read())
{
    for (i=0; i<n_sockets; ++i) {
    n = recv(fd[i], buf, sizeof(buf), 0);
    if (n==0)
    handle_close(fd[i]);
    else if (n<0)
    handle_error(fd[i], errno);
    else
    handle_input(fd[i], buf, n);
    }
}
```

因为如果数据到达 fd[2]首先,程序甚至不会尝试从 fd[2]读取数据,直到读取 fd[0]和 fd[1] 得到一些完成数据的读取.

有时候人们使用多线程或多进程服务来解决这个问题.最简单的方法就是让单独的每个进程或线程来处理它们各自的连接.由于每个连接都有自己的处理过程所以等待一个连接过程的阻塞 IO 方法的调用将不会影响到其它任何别的连接的处理过程.

这里有一个别的程序示例.这是一个很小的服务器,在端口 40713 上侦听 TCP 连接,每次一条一条地将数据读出来,当数据读出来的时候立刻进行 R13 加密,一条一条地写进输出缓冲区,在这个过程中它调用 Unix fork()来创建一个新的过程来处理服务器接受到的连接.

示例:Forking ROT13 服务器

```
/* For sockaddr_in*/
#include <netinet/in.h>
/* For socket functions*/
#include <sys/socket.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX_LINE 16384
char rot13_char(char c)
{
        /* We don't want to use isalpha here; setting the locale would
    change which characters are considered alphabetical.*/
    if ((c >= 'a' && c <= 'm') || (c >= 'A' && c <= 'M'))
    return c + 13;
    else if ((c >= 'n' && c <= 'z') || (c >= 'N' && c <= 'Z'))
    return c - 13;
    else
    return c;
}
void child(int fd)
{
    char outbuf[MAX_LINE+1];
    size_t outbuf_used = 0;
    ssize_t result;
    while (1) {
    char ch;
    result = recv(fd, &ch, 1, 0);
    if (result == 0) {
    break;
    } else if (result == -1) {
    perror("read");
    break;
    }
    /* We do this test to keep the user from overflowing the buffer.*/
    if (outbuf_used < sizeof(outbuf)) {
    outbuf[outbuf_used++] = rot13_char(ch);
    }
    if (ch == '\n') {
    send(fd, outbuf, outbuf_used, 0);
    outbuf_used = 0;
    continue;
    }
    }
}
void run(void)
{
    int listener;
    struct sockaddr_in sin;
    sin.sin_family = AF_INET;
    sin.sin_addr.s_addr = 0;
    sin.sin_port = htons(40713);
    listener = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    #ifndef WIN32
    {
```

```
        int one = 1;
        setsockopt(listener, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &one,
        sizeof(one));
    }
    #endif
        if (bind(listener, (struct sockaddr * )&sin, sizeof(sin)) < 0) {
        perror("bind");
        return;
    }
    if (listen(listener, 16)<0)
    {
        perror("listen");
        return;
    }
    while (1)
    {
        struct sockaddr_storage ss;
        socklen_t slen = sizeof(ss);
        int fd = accept(listener, (struct sockaddr * )&ss, &slen);
        if (fd < 0)
        {
                perror("accept");
        }
        else
        {
                if (fork() == 0)
                {
                        child(fd);
                        exit(0);
                }
        }
    }
}
int main(int c, char** v)
{
    run();
    return 0;
}
```

那么,我们有了一个完美的解决方案来处理多个即时连接,我就可以停这本书去做别的事了么?不完全是.首先,进程创建(甚至线程创建)的代价在一些平台上可能会非常昂贵.在实际中,你可能更想使用一个线程池,而不是创建新的进程.但更重要的是,线程在规模上并不尽如人意.如果您的程序同事需要处理成千上万的连接,可能会效率极低因为 cpu 同时运行的线程只有屈指可数的几个.

但是如果连多线程都不能解决多个连接中的问题的话,那么还有什么别的方法？在 Unix 编程中,你就需要将你的 socket 设置成为非阻塞模式.Unix 的调用方法如下:

```
fcntl(fd, F_SETFL, O_NONBLOCK);
```

这里 fd 代表的是 socket 的文件描述符.一旦你设置 fd(套接字)为非阻塞模式,从那以后,无论什么时候,你调用 fd 函数都将立即完成操作或返回表示 "现在我无法取得任何进展,再试一次"的错误码.所以我们的两个套接字的例子可能会天真地写成下面的代码:

糟糕的例子:忙查询所有套接字

```
/* This will work, but the performance will be unforgivably bad.*/
int i, n;
char buf[1024];
for (i=0; i < n_sockets; ++i)
	fcntl(fd[i], F_SETFL, O_NONBLOCK);
while (i_still_want_to_read())
{
	for (i=0; i < n_sockets; ++i)
	{
		n = recv(fd[i], buf, sizeof(buf), 0);
		if (n == 0)
		{
			handle_close(fd[i]);
		}
		else if (n < 0)
		{
			if (errno == EAGAIN)
			;
		/* The kernel didn't have any data for us to read.*/
			else handle_error(fd[i], errno);
		}
		else
		{
			handle_input(fd[i], buf, n);
		}
	}
}
```

现在我们正在使用非阻塞套接字,上面的代码会有效,但只有很少.性能将会很糟糕,有两个原因:首先,当任何连接中都没有数据的时候,该循环将继续,并且消耗完你的 CPU;其次,如果你想处理一个或两个以上连接,无论有没有数据你都需要为每个连接调用系统内核.所以我们需要一种方法告诉内核:你必须等到其中一个 socket 已经准备好给我数据才通知我,并且告诉我是哪一个 socket.解决这个问题人们常用的是 select()方法.Select()方法的调用需要三套 fd(数组),一个作为写,一个作为读,一个作为异常.该函数等待 socket 集合,并且修改这个集合以知道哪些 socket 可以使用了.

下面是一个 select()例子:

示例:使用 select()

```
/* If you only have a couple dozen fds, this version won't be awful*/
fd_set readset;
int i, n;
char buf[1024];
while (i_still_want_to_read())
{
	int maxfd = -1;
```

```
        FD_ZERO(&readset);
        /* Add all of the interesting fds to readset
        */
        for (i=0; i < n_sockets; ++i)
        {
                if (fd[i]>maxfd) maxfd = fd[i];
                FD_SET(fd[i], &readset);
        }
        /* Wait until one or more fds are ready to read*/
        select(maxfd+1, &readset, NULL, NULL, NULL);
        /* Process all of the fds that are still set in readset*/
        for (i=0; i < n_sockets; ++i)
        {
                if (FD_ISSET(fd[i], &readset))
                {
                        n = recv(fd[i], buf, sizeof(buf), 0);
                        if (n == 0)
                        {
                                handle_close(fd[i]);
                        }
                        else if (n < 0)
                        {
                                if (errno == EAGAIN)
                                ;
/* The kernel didn't have any data for us to read.*/
                                else
                                handle_error(fd[i], errno);
                        }
                        else
                        {
                                handle_input(fd[i], buf, n);
                        }
                }
        }
}
```

这是我们 ROT13 服务器重新实现,使用 select().

示例:基于 select()的 ROT13 服务器

```
/* For sockaddr_in*/
#include <netinet/in.h>
/* For socket functions*/
#include <sys/socket.h>
/* For fcntl*/
#include <fcntl.h>
/* for select*/
#include <sys/select.h>
#include <assert.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#define MAX_LINE 16384
```

```
char rot13_char(char c)
{
        /* We don't want to use isalpha here; setting the locale
    change which characters are considered alphabetical.*/
        if ((c >= 'a' && c <= 'm') || (c >= 'A' && c <= 'M'))
        return c + 13;
        else if ((c >= 'n' && c <= 'z') || (c >= 'N' && c <= 'Z'))
        return c - 13;
        else
        return c;
}
struct fd_state
{
        char buffer[MAX_LINE];
        size_t buffer_used;
        int writing;
        size_t n_written;
        size_t write_upto;
};
struct fd_state*alloc_fd_state(void)
{
        struct fd_state
        * state = malloc(sizeof(struct fd_state));
        if (!state)
        return NULL;
        state->buffer_used = state->n_written = state->writing =
        state->write_upto = 0;
        return state;
}
void free_fd_state(struct fd_state* state)
{
        free(state);
}
void make_nonblocking(int fd)
{
        fcntl(fd, F_SETFL, O_NONBLOCK);
}
int do_read(int fd, struct fd_state* state)
{
        char buf[1024];
        int i;
        ssize_t result;
        while (1)
        {
                result = recv(fd, buf, sizeof(buf), 0);
                if (result <= 0)
                break;
                for (i=0; i < result; ++i)
                {
                        if (state->buffer_used < sizeof(state->buffer))
                        state->buffer[state->buffer_used++] = rot13_char(buf[i]);
                        if (buf[i] == '\n')
                        {
                                state->writing = 1;
                                state->write_upto = state->buffer_used;
                        }
```

```
                }
        }
        if (result == 0)
        {
                return 1;
        }
        else if (result < 0)
        {
                if (errno == EAGAIN)
                        return 0;
                return -1;
        }
        return 0;
}
int do_write(int fd, struct fd_state * state)
{
        while (state->n_written < state->write_upto)
        {
                ssize_t result = send(fd, state->buffer + state->n_written,
                state->write_upto - state->n_written, 0);
                if (result < 0)
                {
                        if (errno == EAGAIN)
                                return 0;
                        return -1;
                }
                assert(result != 0);
                state->n_written += result;
        }
        if (state->n_written == state->buffer_used)
        state->n_written = state->write_upto = state->buffer_used = 0;
        state->writing = 0;
        return 0;
}
void run(void)
{
        int listener;
        struct fd_state
        * state[FD_SETSIZE];
        struct sockaddr_in sin;
        int i, maxfd;
        fd_set readset, writeset, exset;
        sin.sin_family = AF_INET;
        sin.sin_addr.s_addr = 0;
        sin.sin_port = htons(40713);
        for (i = 0; i < FD_SETSIZE; ++i)
        state[i] = NULL;
        listener = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
        make_nonblocking(listener);
#ifndef WIN32
        {
                int one = 1;
                setsockopt(listener, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &one, sizeof(one));
        }
#endif
        if (bind(listener, (struct sockaddr * )&sin, sizeof(sin)) < 0) {
```

```
        perror("bind");
        return;
    }
    if (listen(listener, 16)<0)
    {
        perror("listen");
        return;
    }
    FD_ZERO(&readset);
    FD_ZERO(&writeset);
    FD_ZERO(&exset);
    while (1)
    {
        maxfd = listener;
        FD_ZERO(&readset);
        FD_ZERO(&writeset);
        FD_ZERO(&exset);
        FD_SET(listener, &readset);
        for (i=0; i < FD_SETSIZE; ++i)
        {
            if (state[i])
            {
                if (i > maxfd)
                maxfd = i;
                FD_SET(i, &readset);
                if (state[i]->writing)
                    {
                        FD_SET(i, &writeset);
                    }
                }
        }

        if (select(maxfd+1, &readset, &writeset, &exset, NULL) < 0)
        {
            perror("select");
            return;
        }
        if (FD_ISSET(listener, &readset))
        {
            struct sockaddr_storage ss;
            socklen_t slen = sizeof(ss);
            int fd = accept(listener, (struct sockaddr * )&ss, &slen);
            if (fd < 0)
            {
                perror("accept");
            }
            else if (fd > FD_SETSIZE)
            {
                close(fd);
            }
            else
            {
                make_nonblocking(fd);
                state[fd] = alloc_fd_state();
                assert(state[fd]);/* XXX */
            }
```

```
                }
                for (i=0; i < maxfd+1; ++i)
                {
                        int r = 0;
                        if (i == listener)
                        continue;
                        if (FD_ISSET(i, &readset))
                        {
                                r = do_read(i, state[i]);
                        }
                        if (r == 0 && FD_ISSET(i, &writeset))
                        {
                                r = do_write(i, state[i]);
                        }
                        if (r)
                        {
                                free_fd_state(state[i]);
                                state[i] = NULL;
                                close(i);
                        }
                }
        }
}
int main(int c, char** v)
{
        setvbuf(stdout, NULL, _IONBF, 0);
        run();
        return 0;
}
```

这还没完,因为生成和读 select()的二进制流花费的时间与需要的最大 fd 成正比,而当 socket 的数量非常大的时候,select()的花费将会更恐怖.

不同的操作系统提供了不同的替代 select()功能的函数,例如 poll()、eopll()、kqueqe()、evports 和/dev/poll.这些都比 select()具有更好的性能,除了 poll()之外增加一个套接字、删除一个套接字以及通知套接字已经为 IO 准备好了这些动作的时间花费都是 O(1).

不幸的是,这些都没有一个有效的接口统一标准.Linux 有 eopll(),BSD(包含 Darwin)有 kqueue(),Solaris 有 evports 和/dev/poll,除此之外这些操作系统没有别的接口了.所以如果你想要写一个可移植的高效异步处理应用程序,你需要用抽象的方法封装这些所有的接口,并且提供其中最有效的方法.

这些都是 LibEvent 的 API 最底层工作的 API,提供了可代替 select()的各种方法的统一接口,在运行的计算机上使用可用的最有效的版本.

下面有另一个版本的 ROT13 异步服务器,这一次,我们将使用 LibEvent2 来代替 select(),注意 fd_sets 已经变为:使用通过 select()、poll()、epoll()、kqueue()等一系列函数实现的 event_base 结构来聚合和分离事件.

示例:一个给予 LibEvent 实现的低级 ROT13

```
/*For sockaddr_in*/
#include <netinet/in.h>
/*For socket functions*/
```

```
#include <sys/socket.h>
/*For fcntl*/
#include <fcntl.h>
#include <event2/event.h>
#include <assert.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#define MAX_LINE 16384
void do_read(evutil_socket_t fd, short events, void*arg);
void do_write(evutil_socket_t fd, short events, void*arg);
char rot13_char(char c)
{
       /*We don 't want to use isalpha here; setting the locale would
     change*which characters are considered alphabetical.*/
       if ((c >= a ' && c<= 'm ') || (c >= 'A ' && c <= 'M '))return c + 13;
       else if ((c >= 'n' && c <= 'z') || (c >= 'N' && c <= 'Z'))return c - 13;
       else
       return c;
}

struct fd_state
{
       char buffer[MAX_LINE];
       size_t buffer_used;
       size_t n_written;
       size_t
       write_upto;
       struct event*read_event;
       struct event*write_event;
};
struct fd_state*alloc_fd_state(struct event_base*base, evutil_socket_t fd)
{
       struct fd_state*state = malloc(sizeof(struct fd_state));
       if (!state)    return NULL;
       state->read_event = event_new(base, fd, EV_READ | EV_PERSIST, do_read,state);
       if (!state->read_event)
       {
              free(state); return NULL;
       }
       state->write event = event new(base, fd, EV WRITE | EV PERSIST,
do_write,state);
       if (!state->write_event)
       {
              event_free(state->read_event); free(state); return NULL;
       }
       state->buffer_used = state->n_written = state->write_upto = 0;
       assert(state->write_event);
       return state;
}

void free_fd_state(struct fd_state*state)
{
       event_free(state->read_event);
```

```
        event_free(state->write_event);
        free(state);
}
void do_read(evutil_socket_t fd, short events, void*arg)
{
        struct fd_state*state = arg; char buf[1024]; int i; ssize_t result;
        while (1)
        {
                assert(state->write_event);
                result = recv(fd, buf, sizeof(buf), 0);
                if(result <= 0)break;
                for (i = 0; i < result; ++i)
                {
                        if (state->buffer_used < sizeof(state->buffer))
                        state->buffer[state->buffer_used++] = rot13_char(buf[i]);
                        if (buf[i] == '\n')
                        {
                                        assert(state->write_event);
                                event_add(state->write_event, NULL);
                                state->write_upto = state->buffer_used;
                        }
                }
        }
        if (result == 0)
        {
                free_fd_state(state);
        }
        else if (result < 0)
        {
                if (errno == EAGAIN) // XXXX use evutil macro
                        return ;
                perror("recv");
                free_fd_state(state);
        }
}

void do_write(evutil_socket_t fd, short events, void*arg)
{
        struct fd_state*state = arg;
        while (state->n_written < state->write_upto)
        {
                ssize_t result = send(fd, state->buffer + state->n_written, state
                ->write_upto - state->n_written, 0);
        if (result < 0)
    {
        if (errno == EAGAIN) // XXX use evutil macro
                return ;
        free_fd_state(state);
        return ;
    }
        assert(result != 0);
        state->n_written += result;
  }
  if (state->n_written == state->buffer_used)
        state->n_written = state->write_upto = state->buffer_used = 1;
        event_del(state->write_event);
```

```
}

void do_accept(evutil_socket_t listener, short event, void*arg)
{
	struct event_base*base = arg;
	struct sockaddr_storage ss;
	socklen_t slen =sizeof(ss);
	int fd = accept(listener, (struct sockaddr*) &ss, &slen);
	if (fd < 0)
	{
		// XXXX eagain??
		perror("accept");
	}
	else if (fd > FD_SETSIZE)
	{
		close(fd);  // XXX replace all closes with EVUTIL_CLOSESOCKET
	}
	else
	{
		struct fd_state*state;
		evutil_make_socket_nonblocking(fd);
		state =alloc_fd_state(base, fd);
		assert(state);  /*XXX err */
		assert(state->write_event);
		event_add(state->read_event, NULL);
	}
}

void run(void)
{
	evutil_socket_t listener;
	struct sockaddr_in sin;
	struct event_base*base;
	struct event*listener_event;
	base = event_base_new();
	if (!base)return ;  /*XXXerr */
	sin.sin_family = AF_INET; sin.sin_addr.s_addr = 0;
	sin.sin_port = htons(40713);
	listener = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
	evutil_make_socket_nonblocking(listener);
	#ifndef WIN32
	{
		int one = 1;
		setsockopt(listener, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &one, sizeof(one));
	}
	#endif
	if (bind(listener, (struct sockaddr*) &sin, sizeof(sin)) < 0)
	{
		perror("bind"); return ;
	}
	if (listen(listener, 16) < 0)
	{
		perror("listen");
		return ;
	}
	listener_event = event_new(base, listener, EV_READ | EV_PERSIST, do_accept,
```

```
        (void*)base);  /*XXX check it*/
        event_add(listener_event, NULL);
        event_base_dispatch(base);
}

int main(int c, char**v)
{
        setvbuf(stdout, NULL, _IONBF, 0);
        run();
        return 0;
}
```

代码中需要注意:socket 的类型定义我们使用 evutil_socket_t 类型来代替 int,使用 evutil_make_socket_noblocking 来代替 fcntl(O_NOBLOCK)生成一个非阻塞式 socket.这样使我们的代码能够很好的兼容 win32 网络 API.

3.1 怎样才能更方便？(Windows 下怎么弄)

你可能也注意到了,随着我们的代码的效率越来越高,代码的也越来越复杂.回到之前,我们不必亲自管理每个连接的缓冲区,而只需要为每个过程分配栈内存.我们也不必去监控 socket 是可以读还是可写,这些都是自动隐含在我们的代码中的.我们也不需要一个结构体去跟踪每个操作有多少完成了,只需要使用循环和栈变量就够了.

此外,如果你深入 Windows 网络编程,你可能意识到在上面的例子中 LibEvent 可能并没有表现出最优的性能.在 Windows 下要进行高速的异步 IO 不会使用 select()接口,而是使用 IOCP(完成端口) API.与其他快速的网络 API 不同,当 socket 为操作准备好的时候,程序在即将执行操作之前 IOCP 是不会通知的.相反,程序会告诉 Windows 网络栈开始网络操作,IOCP 会通知程序操作完成.

幸运的是,LibEvent2 的 bufferevents 接口解决了这两个问题:首先使程序更加简单,其次提供了在 Windows 和 Linux 上高效运行的接口.

下面是我们用 bufferevents 编写的最后一个 ROT13 服务器.

示例:使用 LibEvent 编写的简单 ROT13 服务器

```
/* For sockaddr_in*/
#include <netinet/in.h>
/* For socket functions*/
#include <sys/socket.h>
/* For fcntl*/
#include <fcntl.h>
#include <event2/event.h>
#include <event2/buffer.h>
#include <event2/bufferevent.h>
#include <assert.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#define MAX_LINE 16384
void do_read(evutil_socket_t fd, short events, void* arg);
void do_write(evutil_socket_t fd, short events, void* arg);
char rot13_char(char c)
{
	/* We don't want to use isalpha here; setting the locale would change
	which characters are considered alphabetical.*/
	if ((c >= 'a' && c <= 'm') || (c >= 'A' && c <= 'M'))
		return c + 13;
	else if ((c >= 'n' && c <= 'z') || (c >= 'N' && c <= 'Z'))
		return c - 13;
	else
		return c;
}
void readcb(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
	struct evbuffer* input, * output;
	char* line;
	size_t n;
	int i;
	input = bufferevent_get_input(bev);
	output = bufferevent_get_output(bev);
	while ((line = evbuffer_readln(input, &n, EVBUFFER_EOL_LF)))
	{
		for (i = 0; i < n; ++i)
			line[i] = rot13_char(line[i]);
		evbuffer_add(output, line, n);
		evbuffer_add(output, "\n", 1);
		free(line);
	}
	if (evbuffer_get_length(input) >= MAX_LINE)
	{
		/* Too long; just process what there is and go on so
		that the buffer doesn't grow infinitely long.*/
		char buf[1024];
		while (evbuffer_get_length(input))
		{
			int n = evbuffer_remove(input, buf, sizeof(buf));
			for (i = 0; i < n; ++i)
			buf[i] = rot13 char(buf[i]);
```

```
                        evbuffer_add(output, buf, n);
                }
                evbuffer_add(output, "\n", 1);
        }
}
void errorcb(struct bufferevent* bev, short error, void * ctx)
{
        if (error & BEV_EVENT_EOF)
        {
                /* connection has been closed, do any clean up here*/

        } else if (error & BEV_EVENT_ERROR)
        {
                /* check errno to see what error occurred*/
        } else if (error & BEV_EVENT_TIMEOUT)
        {
                /* must be a timeout event handle, handle it*/
        }
        bufferevent_free(bev);
}

void do_accept(evutil_socket_t listener, short event, void* arg)
{
        struct event_base* base = arg;
        struct sockaddr_storage ss;
        socklen_t slen = sizeof(ss);
        int fd = accept(listener, (struct sockaddr * )&ss, &slen);
        if (fd < 0)
        {
                perror("accept");
        }
        else if (fd > FD_SETSIZE)
        {
                close(fd);
        }
        else
        {
                struct bufferevent* bev;
                evutil_make_socket_nonblocking(fd);
                bev = bufferevent_socket_new(base, fd, BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
                bufferevent_setcb(bev, readcb, NULL, errorcb, NULL);
                bufferevent_setwatermark(bev, EV_READ, 0, MAX_LINE);
                bufferevent_enable(bev, EV_READ|EV_WRITE);
        }
}
void run(void)
{
        evutil_socket_t listener;
        struct sockaddr_in sin;
        struct event_base * base;
        struct event* listener_event;
        base = event_base_new();
        if (!base)     return; /*XXXerr*/
        sin.sin_family = AF_INET;
        sin.sin_addr.s_addr = 0;
        sin.sin_port = htons(40713);
```

```
        listener = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
        evutil_make_socket_nonblocking(listener);
        #ifndef WIN32
        {
                int one = 1;
                setsockopt(listener, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &one, sizeof(one));
        }
        #endif
        if (bind(listener, (struct sockaddr * )&sin, sizeof(sin)) < 0)
        {
                perror("bind");
                return;
        }
        if (listen(listener, 16)<0)
        {
                perror("listen");
                return;
        }
        listener_event = event_new(base, listener, EV_READ|EV_PERSIST, do_accept,
        (void * )base);
        /* XXX check it*/
        event_add(listener_event, NULL);
        event_base_dispatch(base);
}

int main(int c, char** v)
{
        setvbuf(stdout, NULL, _IONBF, 0);
        run();
        return 0;
}
```

3.2 这一切效率如何,当真?

在这里写了一个高效的代码.libevent 页面上的基准是过时了

- 这些文件是版权(c)2009 - 2012 年由尼克·马修森和可用创意下议院 Attribution-Noncommercial-Share 都许可,3.0 版.未来版本
- 可能会用更少的限制性许可协议.
- 此外,这些文档的源代码示例都是基于"3 条款"或"修改的"BSD 许可,请参考 license_bsd 文件全部条款.
- 本文档的最新版本,请参阅【 http://libevent.org/】
- 本文档对应的最新版本代码,请安装 git 然后执行【git clone git://github.com/nmathewson/libevent-book.git】

4.正文前页

4.1 从 1000 英尺看 LibEvent

LibEvent 是用于编写高速可移植的非阻塞 IO 库,它的目标是:

- **可移植性**:使用 LibEvent 编写的程序应该在 LibEvent 支持跨越的所有平台上工作,即使没有更好的方法来处理非**阻塞式 IO**:LibEvent 也应该支持一般的方法使程序可以运行在某些限制的环境中.

- **速度**:LibEvent 试图在每一个平台实现最快的非阻塞式 IO,而不会引入太多的额外开销.
- **可扩展性**:LibEvent 设计为即使在成千上万的 socket 情况下也能良好工作.
- **方便**:无论在什么情况下,用 LibEvent 来编写程序最自然的方式都应该是稳定可靠的.

LibEvent 由下列组件构成:
- **evutil**:用于抽象出不同平台网络实现的通用功能.
- **event and event_base**:libevent 的核心,为各种平台特定的、基于事件的非阻塞 IO 后端提供抽象 API,让程序可以知道套接字何时已经准备好,可以读或者写,并且处理基本的超时功能,检测 OS 信号.
- **eufferevent**:为 libevent 基于事件的核心提供使用更方便的封装.除了通知程序套接字已经准备好读写之外,还让程序可以请求缓冲的读写操作,可以知道何时 IO 已经真正发生.(bufferevent 接口有多个后端,可以采用系统能够提供的更快的非阻塞 IO 方式 ,如 Windows 中的 IOCP)
- **evbuffer**:在 bufferevent 层之下实现了缓冲功能,并且提供了方便有效的访问函数.
- **evhttp**:一个简单的 HTTP 客户端/服务器实现.
- **evdns**:一个简单的 DNS 客户端/服务器实现.
- **evrpc**:一个简单的 RPC 实现.

4.2 库

创建 libevent 时,默认安装下列库:
- **libevent_core**:所有核心的事件和缓冲功能,包含了所有的 event_base、evbuffer、bufferevent 和工具函数.
- **libevent_extra**:定义了程序可能需要,也可能不需要的协议特定功能,包括 HTTP、DNS 和 RPC.
- **libevent**:这个库因为历史原因而存在,它包含 libevent_core 和 libevent_extra 的内容 .不应该使用这个库未来版本的 libevent 可能去掉这个库.

某些平台上可能安装下列库:
- **libevent_pthreads**:添加基于 pthread 可移植线程库的线程和锁定实现.它独立于
- **libevent_core**,这样程序使用 libevent 时就不需要链接到 pthread,除非是以多线程方式使用 libevent.
- **libevent_openssl**:这个库为使用 bufferevent 和 OpenSSL 进行加密的通信提供支持 .它独立于 libevent_core,这样程序使用 libevent 时就不需要链接到 OpenSSL,除非是进行加密通信.

4.3 头文件

libevent 公用头文件都安装在 event2 目录中,分为三类:
- **API 头文件**:定义 libevent 公用接口.这类头文件没有特定后缀.
- **兼容头文件**:为已废弃的函数提供兼容的头部包含定义.不应该使用这类头文件,除非是在移植使用较老版本 libevent 的程序时.
- **结构头文件**:这类头文件以相对不稳定的布局定义各种结构体.这些结构体中的一些是为了提供快速访问而暴露;一些是因为历史原因而暴露.直接依赖这类头文件中的任何结构体都会破坏程序对其他版本 libevent 的二进制兼容性,有时候是以非常难以调试的方式出现.这类头文件具有后缀"_struct.h".(还存在不在 event2 目录中的较老版本 libevent 的头文件,请参考下节:如果需要使用老版本 libevent)

4.4 如果需要使用老版本 libevent

libevent 2.0 以更合理的、不易出错的方式修正了 API.如果可能,编写新程序时应该使用 libevent 2.0.但是有时候可能

需要使用较老的 API,例如在升级已存的应用时,或者支持因为某些原因不能安装 2.0 或者更新版本 libevent 的环境时.较老版本的 libevent 头文件较少,也不安装在 event2 目录中.

老版本头文件	当版本前头文件
event.h	event2/event*.h,event2/buffer*.h, event2/bufferevent*.h,event2/tag*.h
evdns.h	event2/dns*.h
evhttp.h	event2/http*/
evrpc.h	event2/rpc*.h
evutil.h	event2/util*.h

在 2.0 以及以后版本的 libevent 中,老的头文件仍然会作为新头文件的封装而存在.

其他关于使用较老版本的提示:

- 1.4 版之前只有一个库 libevent,它包含现在分散到 libevent_core 和 libevent_extra 中的所有功能.
- 2.0 版之前不支持锁定:只有确定不同时在多个线程中使用同一个结构体时,libevent 才是线程安全的.
  下面的节还将讨论特定代码区域可能遇到的已经废弃的 API.

4.4.1 版本状态告知

之前的 LibEvent 版本 1.4.7 应该是已经完全放弃了.版本 1.3e 之前的也应该是满是 bug.(另外,请不要向 LibEvent 维护者发送任何在 1.4x 或更早版本的新的特色,这些版本都已经发行了 realease 版本.如果你在 1.3x 或更早的版本发现了一个 bug,在你提交反馈报告之前请确认在最新版本也出现了这些 bug.所以后续版本的发行都是有原因的.)

5.设置 LibEvent 库

LibEvent 在进程中有一些影响整个库的全局设置.在你调用 LibEvent 库中任何一个部分之前都需要进行设置,否则 libEvent 将会进入不一致的状态.

5.1LibEvent 日志消息

LibEvent 能记录内部的错误和警告日志,如果编译进日志支持功能,也会记录调试信息.默认情况下这些消息都是输出到 stderr,你也可以通过提供自己的日志函数的方法来覆盖这种行为.

接口

```
#define EVENT_LOG_DEBUG 0
#define EVENT_LOG_MSG 1
#define EVENT_LOG_WARN 2
#define EVENT_LOG_ERR 3
/* Deprecated; see note at the end of this section*/
#define _EVENT_LOG_DEBUG EVENT_LOG_DEBUG
#define _EVENT_LOG_MSG EVENT_LOG_MSG
#define _EVENT_LOG_WARN EVENT_LOG_WARN
#define _EVENT_LOG_ERR EVENT_LOG_ERR

typedef void ( * event_log_cb)(int severity, const char* msg);

void event_set_log_callback(event_log_cb cb);
```

为了覆盖 LibEvent 的日志行为,你需要自己编写满足 event_log_cb 格式的函数,然后将函数作为参数传入 event_set_log_callback().无论什么时候只要 LibEvent 需要写一个日志,都会进入到你提供的日志函数.你需要让 LibEvent 日志回到默认功能的时候只需要再次调用 event_set_log_callback()并且传一个 NULL 即可.

例子

```
#include <event2/event.h>
#include <stdio.h>
static void discard_cb(int severity, const char* msg)
{
	/* This callback does nothing.*/
}
static FILE* logfile = NULL;
static void write_to_file_cb(int severity, const char* msg)
{
	const char* s;
	if (!logfile)
		return;
	switch (severity)
	{
		case _EVENT_LOG_DEBUG: s = "debug"; break;
		case _EVENT_LOG_MSG: s = "msg"; break;
		case _EVENT_LOG_WARN: s = "warn"; break;
		case _EVENT_LOG_ERR: s = "error"; break;
		default: s = "?"; break; /* never reached*/
	}
	fprintf(logfile, "[%s] %s\n", s, msg);
}
/* Turn off all logging from Libevent.*/
void suppress_logging(void)
{
	event_set_log_callback(discard_cb);
}
/* Redirect all Libevent log messages to the C stdio file 'f'.*/
void set_logfile(FILE* f)
{
	logfile = f;
	event_set_log_callback(write_to_file_cb);
}
```

注意:在用户提供的 event_log_cb 回调函数中进行 LibEvent 的函数调用是不安全的.如果你想写一个用 bufferevents 去发送告警信息给一个网络 socket 的日志回调函数,你就可能会遇到非常奇怪和难以诊断的错误.在将来的版本中将

会为一些函数移除这些限制.

通常调试日志都是禁用的,也都不会发送给日志回调函数,但是如果 libEvent 是编译成支持打开调试日志,你就可以手动打开调试日志.

接口

```
#define EVENT_DBG_NONE 0
#define EVENT_DBG_ALL 0xffffffffu
void event_enable_debug_logging(ev_uint32_t which);
```

大多数情况下,调试日志都是冗余、不必要、没什么用的.调用 event_enable_debug_logging() 使用 EVENT_DBG_NONE 得到默认行为,使用 EVENT_DBG_ALL 开启所有可支持的调试日志,未来会有更多更细的选项支持.

这些函数定义在<event2/event.h>中,首先出现是在 LibEvent 的 1.0c 版本,而 event_enable_debug_logging()是在 LibEvent 的 2.1.1-alpha 版本.

在 LibEvent2.0.19 之前兼容性需要注意的是 EVENT_LOG_*宏在此前有下面的记录:_EVENT_LOG_DEBUG, _EVENT_LOG_MSG, _EVENT_LOG_WARN, and _EVENT_LOG_ERR.这些老的命名已经废弃不用,只会仅仅用于兼容 LibEvent2.18 及之前的版本,这些在将来的版本都会全部移除掉.

5.2 处理致命错误

当 LibEvent 检测到一个不可恢复的致命错误(比如数据结构损坏),它的默认行为是调用 exit()或 abort()来退出当前运行的进程.这意味着有一个错误,要么在你的代码中,要么在 LibEvent 中.

如果你想让你的程序更从容地应对致命错误,你可以为 LibEvent 提供退出时候应该调用的函数,覆盖默认行为.

接口

```
typedef void ( * event_fatal_cb)(int err);
void event_set_fatal_callback(event_fatal_cb cb);
```

要使用这些函数,你首先需要定义一个当 LibEvent 遇到错误时候需要调用的函数,并且将它传到 event_set_fata_callback()函数.之后如果 LibEvent 遇到致命错误,它就会调用你提供的函数.

你的函数不可以控制返回到 LibEvent,因为这样做可能会导致未定义行为发生,为了避免崩溃,LibEvent 还是会退出.一旦你的程序被调用了,在你的函数中就不应该再调用别的 LibEvent 的函数.

这些函数被定义在<event2/event.h>,第一次出现在 LibEvent2.0.3-alpha 版本中.

5.3 内存管理

默认情况下,LibEvent 使用 c 语言库中提供的内存管理函数在堆上分配内存,你也可以替换 malloc、realloc 和 free,让 LibEvent 使用别的内存管理.你想用一个更有效的内存分配器,或者用一个内存分配工具来检查内存泄露你都可能会这样做.

接口

```
void event_set_mem_functions( void* ( * malloc_fn)(size_t sz),
                              void* ( * realloc_fn)(void * ptr, size_t sz),
                              void  ( * free_fn)(void* ptr));
```

例子

```
#include <event2/event.h>
#include <sys/types.h>
#include <stdlib.h>
/* This union's purpose is to be as big as the largest of all the types it
contains.*/
union alignment
{
	size_t sz;
	void
	* ptr;
	double dbl;
};
/* We need to make sure that everything we return is on the right alignment to hold
anything, including a double.*/
#define ALIGNMENT sizeof(union alignment)
/* We need to do this cast-to-char * trick on our pointers to adjust them; doing
arithmetic on a void * is not standard.*/
#define OUTPTR(ptr) (((char * )ptr)+ALIGNMENT)
#define INPTR(ptr) (((char * )ptr)-ALIGNMENT)
static size_t total_allocated = 0;
static void* replacement_malloc(size_t sz)
{
	void* chunk = malloc(sz + ALIGNMENT);
	if (!chunk) return chunk;
	total_allocated += sz;
	* (size_t * )chunk = sz;
	return OUTPTR(chunk);
}
static void* replacement_realloc(void * ptr, size_t sz)
{
	size_t old_size = 0;
	if (ptr)
	{
		ptr = INPTR(ptr);
		old_size =
		*(size_t * )ptr;
	}
	ptr = realloc(ptr, sz + ALIGNMENT);
	if (!ptr)	return NULL;
	*(size_t * )ptr = sz;
	total_allocated = total_allocated - old_size + sz;
	return OUTPTR(ptr);
}
static void replacement_free(void* ptr)
{
	ptr = INPTR(ptr);
	total_allocated -=	*(size_t * )ptr;
	free(ptr);
}
void start_counting_bytes(void)
{
	event_set_mem_functions(replacement_malloc,
	replacement_realloc,
	replacement_free);
}
```

注意:更换内存管理函数将会影响 LibEvent 后续所有调用 allocate、resize 和 free 内存的函数.因此你需要确保在 LibEvent 调用其它函数之前替换掉这些函数.否则 LibEvent 将会调用你提供的 free 函数来释放从 C 语言库版本的 malloc 分配的内存.

- 你的 malloc 和 realloc 函数需要返回和 C 语言库相同的内存对齐.
- 你的 realloc 函数需要正确处理 realloc(NULL,sz),也就是说当做(malloc(sz)处理).
- 你的 realloc 函数需要正确处理 realloc(ptr,0),也就是说当做 free(ptr)处理.
- 你的 free 函数不必去处理 free(NULL).
- 你的 malloc 函数不必去处理 malloc(0).
- 如果你不止一个线程使用 LibEvent,那么你提供的的内存管理替代函数必须是线程安全的.
- LibEvent 会使用这些函数分配返回给你的内存.

如果你已经替换了 malloc 和 realloc 函数并且想释放 LibEvent 分配的内存,那么就需要使用你替换的 free 函数来释放.

event_set_mem_functions()函数在<event2/event.h>中申明,首次出现是在 LibEvent2.0.1alpha 版本.

LibEvent 可以被编译为 event_set_mem_functions()禁用,如果这样,event_set_mem_functions()函数不会被编译和链接到程序.LibEvent2.0.2-alpha 版本之后,你可以检查是否定义了 EVENT_SET_MEM_FUNCTIONS_IMPLEMENTED 宏来检测 event_set_mem_functions()函数是否存在.

5.4 线程和锁

如果你写过多线程程序,你会知道在多线程中同一时间访问同一个数据通常是不安全的.
LibEvent 的结构体在多线程一般有三种工作方法:

- **某些结构体在单线程内部是安全的**,但在多线程中同时访问不再是安全的.
- **某些结构体是有可选的锁的**,你需要告知 LibEvent 是否需要在多线程中使用每个对象.
- **某些结构体是一直锁住的**,如果 LibEvent 在运行中支持锁,那么在多线程中用这些结构体是安全的.

为了 LibEvent 上锁,你需要告知 LibEvent 使用的是哪个锁函数,在调用任何 LibEvent 函数分配一个线程间共享的结构之前你就需要这样做.

如果你用的是 pthreads 库或者是 windows 的线程代码,那么你很幸运,那些预定义函数将会帮你把 LibEvent 设置为正确支持 pthreads 或 windows 的函数.

接口

```
#ifdef WIN32
	int evthread_use_windows_threads(void);
	#define EVTHREAD_USE_WINDOWS_THREADS_IMPLEMENTED
#endif
#ifdef _EVENT_HAVE_PTHREADS
	int evthread_use_pthreads(void);
	#define EVTHREAD_USE_PTHREADS_IMPLEMENTED
#endif
```

这两个函数都是成功返回 0 失败返回-1.
如果你需要使用不同的线程库,那么在此之前还有一些需要做,你需要用你的库定义函数去实现:

- 锁
- 上锁
- 解锁
- 分配锁
- 释放锁
- 条件
- 创建条件变量
- 释放条件变量
- 等待条件变量
- 信号/广播一个条件变量
- 线程
- 线程 ID 检测

使用 evthread_set_lock_callbacks 和 evthread_set_id_callback 接口告诉 LibEvent 这些函数.

接口

```
#define EVTHREAD_WRITE 0x04
#define EVTHREAD_READ 0x08
#define EVTHREAD_TRY 0x10
#define EVTHREAD_LOCKTYPE_RECURSIVE 1
#define EVTHREAD_LOCKTYPE_READWRITE 2
#define EVTHREAD_LOCK_API_VERSION 1
struct evthread_lock_callbacks
{
        int lock_api_version;
        unsigned supported_locktypes;
        void* ( * alloc)(unsigned locktype);
        void ( * free)(void* lock, unsigned locktype);
        int ( * lock)(unsigned mode, void* lock);
        int ( * unlock)(unsigned mode, void* lock);
};
int evthread_set_lock_callbacks(const struct evthread_lock_callbacks* );
void evthread_set_id_callback(unsigned long ( * id_fn)(void));
struct evthread_condition_callbacks
{
        int condition_api_version;
        void* ( * alloc_condition)(unsigned condtype);
        void ( * free_condition)(void* cond);
        int ( * signal_condition)(void* cond, int broadcast);
        int ( * wait condition)(void* cond, void * lock,const struct timeval*
timeout);
};
int evthread_set_condition_callbacks(const struct evthread_condition_callbacks* );
```

evthread_lock_callbacks 结构体描述你的的锁回调函数及其能力.对于上述版本 lock_api_version 字段必须设置为 EVTHREAD_LOCK_API_VERSION.Supported_locktypes 必须设置到一个 EVTHREAD_LOCKTYPE*的二进制掩码来描述能支持哪种类的锁(2.0.4-alpha 版本中 EVTHREAD_LOCK_RECURSIVE 是强制指定的, EVTHREAD_LOCK_READWRITE 是未使用

的).alloc 函数返回一个特殊类型的锁,free 函数必须释放被特殊类型的锁锁住的资源.lock 函数必须试图获得指定模式的锁,函数返回 0 代表成功,非 0 代表失败.unlock 函数必须试图去解锁,函数返回 0 代表成功,非 0 代表失败.

公认的锁类型:

- **0**:常规的不必递归的锁
- **EVTHREAD_LOCKTYPE_RECURSIVE**:不会阻塞已经持有它的线程对它的再次请求,一旦持有它的线程进行原来锁定次数的解锁,那么别的线程就可以去请求它了.
- **EVTHREAD_LOCKTYPE_READWRITE**:同时支持多个线程读,单个线程写,写操作排斥所有读操作.

公认的锁模式:

- **EVTHREAD_READ**:-仅用于读写锁,为读操作请求或释放锁.
- **EVTHREAD_WRITE**:仅用于读写锁,为写操作请求或释放锁.
- **EVTHREAD_TRY**:仅用于锁定,仅可请求的时候立刻请求锁定.

参数 id_fn 必须是一个返回无符号长整形的函数指针,用于标记调用函数的线程.在相同的线程中它一直会返回相同的值,不同的线程,调用它会返回不用的值.

evthread_condition_callbacks 函数描述灰调函数相关条件变量.针对上述版本,lock_api_version 必须设置为 EVTHREAD_CONDITION_API_VERSION.alloc_function 返回一个只想新的条件变量的指针,用 0 最为其参数.函数 free 释放条件变量持有的资源和存储.wait_function 函数有三个参数:alloc_condition 分配的条件、你提供的 evthread_lock_callabcks.alloc 函数分配的锁、可选的超时条件.无论什么时候函数调用锁都会被持有,函数必须释放锁,等到变量有信号,或者直到超时的时间已经流逝.wait_condition 应该在错误时返回-1,条件变量授信时返回 0,超时时返回 1.返回之前,函数应该确定其再次持有锁.最后,signal_condition 函数应该唤醒等待该条件变量的某个线程(broadcast 参数为 false)或者唤醒等待条件变量的所有线程(broadcast 参数为 true 时).只有在持有与条件变量相关的锁的时候,才能够进行这些操作.关于条件变量的更多信息,请查看 pthreads 的 pthread_cond_*函数文档,或者 Windows 的 CONDITION_VARIABLE(Windows Vista 新引入的)函数文档.

示例

关于使用这些函数的示例,请查看 Libevent 源代码发布版本中的 evthread_pthread.c 和 evthread_win32.c 文件.这些函数在<event2/thread.h>中声明,其中大多数在 2.0.4-alpha 版本中首次出现.2.0.1-alpha 到 2.0.3-alpha 使用较老版本的锁函数.event_use_pthreads 函数要求程序链接到 event_pthreads 库.条件变量函数是 2.0.7-rc 版本新引入的,用于解决某些棘手的死锁问题.可以创建禁止锁支持的 libevent.这时候已创建的使用上述线程相关函数的程序将不能运行.

5.5 调试锁的使用

为了辅助调试锁使用,LibEvent 有一个"锁调试"特殊选项,它包裹锁了调用,以便获取到典型的锁错误,包括:

- 解锁但实际上并不能持有的锁.
- 重复锁定一个非递归的锁.

如果其中这些锁发生了错误,LibEvent 将会伴随断言错误退出.

接口

```
void evthread_enable_lock_debugging(void);
#define evthread_enable_lock_debuging() evthread_enable_lock_debugging()
```

注意:这个函数必须在任何锁创建和使用之前调用,为了保证安全,在设置你的线程函数之后就调用.
这个函数首次以拼写错误的名称"evthread_enable_lock_debuging()."出现在 LibEvent2.0.4-alpha 版本,在 2.1.2-alpha 版本之后拼写固定为"evthread_enable_lock_debugging()",现在这两个名称都是支持的.

5.6 调试事件使用

有一些常用的错误 LibEvent 会检测到并且报告给你,他们是:

- 把一个未初始化的 event 结构体当做已经初始化.
- 试图重新初始化一个未完成的 event 结构.

跟踪哪些 event 初始化了 LibEvent 需要额外的内存和 CPU,所以在实际调试你的程序的时候你应该启用调试模式.

接口

```
void event_enable_debug_mode(void);
```

该函数必须在所有 event_base 创建之前调用.
当启用调试模式,如果你用 event_assign()(不是 event_new()函数)创建了大量的 events,你的程序可能会运行内存不足,这是因为 LibEvent 无法获知 event_assign 创建的 event 是否不再使用(可以调用 event_free()通知 event_new()创建的对象已经失效).如果你想避免运行内存不足的情况发生,你要明确地告诉 LibEvent 这些 event 都不再被分配.

接口

```
void event_debug_unassign(struct event* ev);
```

当启用调试模式的时候调用 event_debug_unassign()将不再起效.

示例

```
#include <event2/event.h>
#include <event2/event_struct.h>
#include <stdlib.h>
void cb(evutil_socket_t fd, short what, void* ptr)
{
	/* We pass 'NULL' as the callback pointer for the heap allocated event, and
we
	pass the event itself as the callback pointer for the stack-allocated
event.*/
	struct event* ev = ptr;
	if (ev)event_debug_unassign(ev);
}
/* Here's a simple mainloop that waits until fd1 and fd2 are both ready to read.*/
void mainloop(evutil_socket_t fd1, evutil_socket_t fd2, int debug_mode)
{
	struct event_base* base;
	struct event event_on_stack,* event_on_heap;
	if (debug_mode)
		event_enable_debug_mode();
	base = event_base_new();
	event_on_heap = event_new(base, fd1, EV_READ, cb, NULL);
	event_assign(&event_on_stack, base, fd2, EV_READ, cb, &event_on_stack);
	event_add(event_on_heap, NULL);
	event_add(&event_on_stack, NULL);
	event_base_dispatch(base);
	event_free(event_on_heap);
	event_base_free(base);
}
```

详细的事件调试功能的启用只能在编译时使用 CFLAGS 环境变量"-DUSE_DEBUG".开启这个标志后任何编译的 LibEvent 程序都记录底层和后台的详细日志.这些日志包含但不限于下面所示:

- 事件添加
- 事件删除
- 平台特定的事件通知信息

这种特性不能通过 API 调用来关闭和开启,所有必须在开发人员创建程序的时候使用.
这些调试功能加进了 LibEvent2.0.4-alpha 版本.

5.7 检查 LibEvent 的版本信息

新版本的 LibEvent 会添加特性,移除错误,有时候你想要查询 LibEvent 的版本,那么你可以这样:

- 检测当前安装的版本是否适合创建你的程序.
- 显示 LibEvent 的版本进行调试.
- 检测 LibEvent 的版本信息,向用户告警错误,避免这些错误.

接口

```
#define LIBEVENT_VERSION_NUMBER 0x02000300
#define LIBEVENT_VERSION "2.0.3-alpha"
const char* event_get_version(void);
ev_uint32_t event_get_version_number(void);
```

宏返回编译时的 libevent 版本,函数返回运行时的 libevent 版本.注意如果动态链接到 libevent,这两个版本可能不同.

以获取两种格式的 libevent 版本:用于显示给用户的字符串版本或者用于数值比较的 4 字节整数版本.整数格式使用高字节表示主版本,低字节表示副版本,第三字节表示修正版本,最低字节表示发布状态:0 表示发布,非零表示某特定发布版本的后续开发序列.

所以,libevent 2.0.1-alpha 发布版本的版本号是 [02 00 01 00], 或者说 0x02000100. 2.0.1-alpha 和 2.0.2-alpha 之间的开发版本可能是[02 00 01 08],或者说 0x02000108.

示例:编译时检测

```
#include <event2/event.h>
#if !defined(LIBEVENT_VERSION_NUMBER) || LIBEVENT_VERSION_NUMBER < 0x02000100
#error "This version of Libevent is not supported; Get 2.0.1-alpha or later."
#endif
int make_sandwich(void)
{
    /* Let's suppose that Libevent 6.0.5 introduces a make-me-a sandwich
function.*/
   #if LIBEVENT_VERSION_NUMBER >= 0x06000500
       evutil_make_me_a_sandwich();
       return 0;
   #else
       return -1;
   #endif
}
```

示例:运行时检测

```
#include <event2/event.h>
#include <string.h>
int check_for_old_version(void)
{
	const char* v = event_get_version();
	/* This is a dumb way to do it, but it is the only thing that works
	before Libevent 2.0.*/
	if (   !strncmp(v, "0.", 2)  ||
		!strncmp(v, "1.1", 3) ||
		!strncmp(v, "1.2", 3) ||
		!strncmp(v, "1.3", 3))
	{
		printf("Your version of Libevent is very old. If you run into bugs,"
		" consider upgrading.\n");
		return -1;
	}
	else
	{
		printf("Running with Libevent version %s\n", v);
		return 0;
	}
}
int check_version_match(void)
{
	ev_uint32_t v_compile, v_run;
	v_compile = LIBEVENT_VERSION_NUMBER;
	v_run = event_get_version_number();
	if ((v_compile & 0xffff0000) != (v_run & 0xffff0000))
	{
		printf("Running with a Libevent version (%s) very different from the
			one we were built with (%s).\n", event_get_version(),
			LIBEVENT_VERSION);
		return -1;
	}
	return 0;
}
```

本章节定义的宏和函数定义在<event2/event.h>中,event_get_version()函数首先出现是在 LibEvent 的 1.0c 版本,其余出现在 LibEvent 的 2.0.1-alpha 版本.

5.8 释放 LibEvent 全局结构体

即便你释放了所有 LibEvent 分配的对象,任然会有一些全局分配的结构体保留,通常这都不是什么问题,当进程退出的时候他们都将被清理干净,但是这些残存的结构体会导致某些调试工具认为 LibEvent 有资源泄露.如果你确实需要确保 LibEvent 释放了所有库内部的全局数据结构,那么你可以调用:

接口

```
void libevent_global_shutdown(void);
```

这个函数不会释放任何 libEvent 函数返回给你的结构体,如果你想在退出的时候释放所有,那么你需要自己释放所有的 events、event_bases、bufferevents 等.

调用 libevent_global_shutdown()函数将会使得别的 LibEvent 的函数产生不可预知的行为.除了程序调用了最后一个

LibEvent 的函数否则不要调用它.

这个函数声明在<event2/event.h>中,LibEvent2.1.1-alpha 版本中出现.

6.创建 Event_base

在你能使用任何感兴趣的 LibEvent 函数之前,你需要分配一个或多个 event_base 结构体.每个 event_base 结构体拥有一些列的 event 并且可以通过轮询判断哪个 event 是激活的.

如果一个 event_base 设置为使用锁定,在多个线程中访问它是安全的,然而只能在一个线程中去处理其事件循环.如果你想在多线程中轮询 IO,那么你需要为每个线程分配一个 event_base.

注意
未来版本将会支持 event_base 多线程运行

每个 event_base 都有一个方法或后台用来决定哪个 event 已经准备好了.已经验证的可行方法是:

- select
- poll
- epoll
- kqueue
- devpoll
- evport
- win32

用户可以通过一些环境变量来禁用某些后台,如果想要 kqueue 后端,设置变量 EVENT_NOKQUEUE,诸如此类.如果你想要从程序内部关闭后台,请查看下面的 event_config_avoid_method()方法.

6.1 创建默认的 Event_base

event_base()函数分配和返回了一个默认参数的 event_base,它检验环境变量然后分配了一个指向新的 event_base 的指针,如果错误则返回 NULL.

择各种方法时,函数会选择其中操作系统支持的最快方法.

接口

```
struct event_base *event_base_new(void);
```

就大多数程序而言,这个函数就已经足够了.
event_base_new()函数声明在<event2/event.h>中,首次出现在 libevent 1.4.3 版.

6.2 创建复杂的 Event_base

如果你想要更多控制你获取到的那种 event_base,就需要 event_config.event_config 是一个不透明结构体,它保存了你

设置给 event_base 的配置信息.当想创建一个 event_base 时,需要将 event_config 传入 event_base_new_with_config().

接口

```
struct event config *event config new(void);
struct event base *event base new with config(const struct event config *cfg);
void event_config_free(struct event_config *cfg);
```

要用这些函数来创建一个新的 event_base,你需要调用 event_config_new()函数来分配一个新的 event_config,然后调用别的函数,用 event_config 告诉它你的需求.最后,调用 event_base_new_with_config()函数来获取一个新的 event_base,当这些完成后就可以使用 event_config_free()函数来释放 event_config.

接口

```
int event config avoid method(struct event config *cfg, const char *method);
enum event_method_feature
{
        EV FEATURE ET = 0x01,
        EV FEATURE O1 = 0x02,
        EV FEATURE FDS = 0x04,
};
int event config require features(struct event config *cfg,
enum event method feature feature);
enum event_base_config_flag
{
        EVENT BASE FLAG NOLOCK = 0x01,
        EVENT BASE FLAG IGNORE ENV = 0x02,
        EVENT BASE FLAG STARTUP IOCP = 0x04,
        EVENT BASE FLAG NO CACHE TIME = 0x08,
        EVENT BASE FLAG EPOLL USE CHANGELIST = 0x10,
        EVENT BASE FLAG PRECISE TIMER = 0x20
};
int event config set flag(struct event config *cfg,enum event base config flag
flag);
```

调用 event_config_avoid_method()可以通过名字让 libevent 避免使用特定的可用后端.调 event_config_require_feature()让 libevent 不使用不能提供所有指定特征的后端.调用 event_config_set_flag()让 libevent 在创建 event_base 时设置一个或者多个将在下面介绍的运行时标志.

vent_config_require_features()可识别的特征值有:

- **EV_FEATURE_ET**:要求支持边沿触发的后端
- **EV_FEATURE_O1**: 要求添加、删除单个事件, 或者确定哪个事件激活的操作是 O(1)复杂度的后端
- **EV_FEATURE_FDS**:要求支持任意文件描述符,而不仅仅是套接字的后端

event_config_set_flag()可识别的选项值有:

- **EVENT_BASE_FLAG_NOLOCK**:不要为 event_base 分配锁.设置这个选项可以为 event_base 节省一点用于锁定和解锁的时间,但是让在多个线程中访问 event_base 成为不安全的.
- **EVENT_BASE_FLAG_IGNORE_ENV**:选择使用的后端时,不要检测 EVENT_*环境变量.使用这个标志需要三思:这会让用户更难调试你的程序与 libevent 的交互.
- **EVENT_BASE_FLAG_STARTUP_IOCP**:仅用于 Windows,让 libevent 在启动时就启用任何必需的 IOCP 分发逻辑,而不是按需启用.
- **EVENT_BASE_FLAG_EPOLL_USE_CHANGELIST**:告诉 libevent,如果决定使用 epoll 后端,可以安全地使用更快的基于 changelist 的后端.epoll-changelist 后端可以在后端的分发函数调用之间,同样的 fd 多次修改其状态的情况下,避免不必要的系统调用.但是如果传递任何使用 dup ()或者其变体克隆的 fd 给 libevent, epoll-changelist 后端会触发

一个内核 bug,导致不正确的结果.在不使用 epoll 后端的情况下,这个标志是没有效果的.也可以通过设置 **EVENT_EPOLL_USE_CHANGELIST**:环境变量来打开 epoll-changelist 选项.

- **EVENT_BASE_FLAG_NO_CACHE_TIME**: 不是在事件循环每次准备执行超时回调时检测当前时间,而是在每次超时回调后进行检测.注意:这会消耗更多的 CPU 时间.

上述操作 event_config 的函数都在成功时返回 0,失败时返回-1.

注意

设置 event_config,请求 OS 不能提供的后端是很容易的.比如说,对于 libevent2.0.1-alpha,在 Windows 中是没有 O(1) 后端的;在 Linux 中也没有同时提供 EV_FEATURE_FDS 和 EV_FEATURE_O1 特征的后端.如果创建了 libevent 不能满足的配置,event_base_new_with_config()会返回 NULL.

接口

```
int event_config_set_num_cpus_hint(struct event_config *cfg, int cpus)
```

虽然这个函数将来可能会在别的平台上起作用,但就目前来讲它只限于使用 Windows 的完成端口(IOCP)时使用.调用这个函数来通知 event_config 创建的 event_base 要在多线程下充分利用好传入的 cpu 数量.这只是一个暗示,event_base 也可能调高 cpu 数量或降低 cpu 数量.

接口

```
int event_config_set_max_dispatch_interval(struct event_config *cfg,const struct
timeval *max_interval, int max_callbacks,int min_priority);
```

该函数能够限制优先级反转,通过在检查更高权限之前限制优先级的事件回调函数调用.如果变量 max_interval 不为空,则事件循环会去检验函数返回后的时间,如果 max_interval 时间过去了,那么就会搜寻那些更高优先级的事件.如果 max_callbacks 参数非负,事件循环也会在 max_callbacks 个回调函数返回后检查更多事件.这种规则适用于任何事件的优先级高低算法.

示例:设置边缘触发

```
struct event_config *cfg;
struct event_base *base;
int i;
/* My program wants to use edge-triggered events if at all possible. So I'll try to
get a base twice: Once insisting on edge-triggered IO, and once not.*/
for (i=0; i<2; ++i)
{
        cfg = event_config_new();
        /* I don't like select.*/
        event_config_avoid_method(cfg, "select");
        if (i == 0)
                event_config_require_features(cfg, EV_FEATURE_ET);
        base = event_base_new_with_config(cfg);
        event_config_free(cfg);
        if (base)
                break;
        /* If we get here, event base new with config() returned NULL. If this is
the     first time around the loop, we'll try again without setting EV FEATURE ET.
If      this is the second time around the loop, we'll give up.*/
}
```

示例:避免优先级反转

```
struct event_config *cfg;
struct event_base *base;
cfg = event_config_new();
if (!cfg)
        /* Handle error */;

/* I'm going to have events running at two priorities. I expect that some of my
priority-1 events are going to have pretty slow callbacks,so I don't want more than
100 msec to elapse (or 5 callbacks) before checking for priority-0 events.*/

struct timeval msec_100 = { 0, 100*1000 };
event_config_set_max_dispatch_interval(cfg, &msec_100, 5, 1);
base = event_base_new_with_config(cfg);
if (!base)
        /* Handle error */;
event_base_priority_init(base, 2);
```

这些函数和类型定义在<event2/event.h>中.

EVENT_BASE_FLAG_IGNORE_ENV 标志首次出现是在 LibEvent2.0.2-alpha 版本中,EVENT_BASE_FLAG_PRECISE_TIMER 标志首次出现是在 LibEvent2.1.2-alpha 版本中.event_config_set_num_cpus_hint()函数最新版本在 LibEvent2.0.7-rc,event_config_set_max_dispatch_interval()最新在 LibEvent2.1.1-alpha 版本,其余是在 LibEvent2.0.1-alpha 中首次出现.

6.3 检查 Event_base 的后台方法

某些时候需要查看 event_base 实际支持哪些特征,运行时支持哪些方法.

接口

```
const char **event_get_supported_methods(void);
```

event_get_supported_methods 返回了指向 LibEvent 本版本支持的函数的名称数组的指针,数组最后一个元素为 NULL.

示例

```
struct event base *base;
enum event method feature f;
base = event base new();
if (!base)
{
        puts("Couldn't get an event base!");
}
else
{
        printf("Using Libevent with backend method %s.",event base get method(base));
        f = event base get features(base);
        if ((f & EV FEATURE ET))
                printf(" Edge-triggered events are supported.");
        if ((f & EV FEATURE O1))
                printf(" O(1) event notification is supported.");
        if ((f & EV FEATURE FDS))
                printf(" All FD types are supported.");
        puts("");
}
```

这些函数定义在<event2/event.h>中.event_base_get_method()函数首次调用可行是在 LibEvent1.4.3,别的函数首次出现是在 LibEvent2.0.1-alpha 中.

6.4 重新分配一个 Event_base

当用完一个 event_base 之后,可以使用 event_base_free()函数来释放它.

接口

```
void event_base_free(struct event_base *base);
```

注意,该函数不会释放释放 event_base 关联的任何 event,也不会关闭任何 sockets,更不会释放它们的任何指针.

event_base_free()函数定义在<event2/event.h>中,首先实现在 LibEvent1.2.

6.5 设置 Event_base 优先级

LibEvent 支持对 event 设置多个优先级.默认情况下,event_base 只支持一个优先级.你可以通过调用 event_base_priority_init()来设置 event 的优先级数量.

接口

```
int event_base_priority_init(struct event_base *base, int n_priorities);
```

函数成功返回 0,失败返回-1.参数 base 是需要编辑的 event_base 指针,n_priorities 是需要支持的优先级的数量,该值至少为 1.一个新的 event 的优先级从 0(最重要)到 n_priorities-1(最不重要).

常量 EVENT_MAX_PRIORITIES 设置了优先级值的上限,用高于 n_priorities 的值来调用该函数会报错.

注意

你必须在所有 event 开始活动之前调用该函数,最好的做法是创建完 event_base 之后立刻调用.

为了找到由当前的 base 支持的优先级数量,可用调用 event_base_getpriorities().

接口

```
int event_base_get_npriorities(struct event_base *base);
```

函数返回值等价于 base 配置的优先级数量.如果 event_base_get_npriorities()函数返回的是 3,那么优先级是 0,1,2.

示例

示例请参考下面的 event_priority_set 的文档

默认情况下,关联到该 base 的 event 将会被设置为优先级等于 n_priorities/2.

event_base_priority_init()函数定义在<event2/event.h>中,从 LibEvent1.0 版本开始可用.event_base_get_npriorities()函数首次出现在 LibEvent2.1.1-alpha 版本.

6.6Fork()之后重新初始化一个 Event_base

不是所有的后台 event 都会在 fork()调用完成后坚持清理.如果你想要你的程序调用 fork()或者其他系统 api 来创建一个新的进程,并且 fork 完成后又想继续使用该 event_base,你就需要重新初始化它.

接口

```
int event_reinit(struct event_base *base);
```

函数成功返回 0,失败返回-1.

示例

```
struct event_base *base = event_base_new();
/*... add some events to the event_base ...*/
if (fork())
{
        /* In parent */
        continue_running_parent(base); /*...*/
}
else
{
        /* In child */
        event_reinit(base);
        continue_running_child(base); /*...*/
}
```

event_reinit()函数定义在<event2/event.h>中,首次可用是在 LibEvent1.4.3-alpha 版本.

6.7 废弃的 Event_base 函数

老版本的 LibEvent 相当依赖"当前"event_base 的想法,"当前"event_bases 是一个多线程共享的全局设置.如果忘记指定了哪个 event_base,就用当前这个.由于 event_base 不是线程安全的,所以这样很容易出错.

而取代 event_base_new()的方法是:

接口

```
struct event_base *event_init(void);
```

这个函数工作机制与 event_base_new()函数相同,设置当前的 base 到分配的 base,除此之外再无别的方法可用设置当前的 base.

关于这一块,有一些 event_base 函数有多种版本.这些函数与当前函数都较像,除了不传 base 参数.

当前函数	废弃的当前 base 函数
event_base_priority_init()	event_priority_init()
event_base_get_method()	event_get_method()

7.事件循环

7.1 运行循环

有了 event_base,并且有一些 event 注册到其中(关于怎样创建和注册 event 请参考下一章节), 就需要等待这些 event 通知你他们发生了什么.

接口

```
#define EVLOOP ONCE 0x01
#define EVLOOP NONBLOCK 0x02
#define EVLOOP NO EXIT ON EMPTY 0x04
int event_base_loop(struct event_base *base, int flags);
```

通常 event_base_loop()函数运行一个 event_base 直到其中再无 event 注册进来.循环运行, 然后不断重复判断是否有已经注册的 event 触发(例如如果读 event 的文件描述符准备读或者 event 的超时即将到来).一旦这些情况发生,就会标记所有的触发 event 为激活状态,然后开始运行这些事件.

设置 flags 参数一个或多个标记可改变 event_base_loop()的行为.设置 EVLOOP_ONCE 循环将会有 event 激活,然后运行这些 event,直到再无 event 后返回.设置 EVLOOP_ONCE 循环不会再等待有 event 触发,只会检车是否有 event 做好准备立刻触发,有则运行其回调函数.

通常没有等待的或者已经激活的 event 循环将退出,可用通过设置 EVLOOP_NO_EXIT_ON_EMPTY 标志来覆盖默认行为,例如你要从别的线程添加 event.如果设置了 EVLOOP_NO_EXIT_ON_EMPTY 标志循环将一直运行,直到调用了

event_loopbreak()函数或调用了 event_base_loopexit()或发生了错误.

完成工作后,如果正常退出 event_base_loop()返回 0,如果后台发生了一些未知错误则返回-1,如果因为没有等待或激活的 event 退出则返回 1.

为了帮助理解,这里有一个与 event_base_loop 算法相似的总结:

伪代码:

```
while (any events are registered with the loop,or EVLOOP_NO_EXIT_ON_EMPTY was set)
{
        if (EVLOOP_NONBLOCK was set, or any events are already active)
        If any registered events have triggered, mark them active.
        else
        Wait until at least one event has triggered, and mark it active.
        for (p = 0; p < n_priorities; ++p
        {
                if (any event with priority of p is active)
                {
                        Run all active events with priority of p.
                        break; /*Do not run any events of a less important priority*/
                }
        }
        if (EVLOOP_ONCE was set or EVLOOP_NONBLOCK was set)
        break;
}
```

为了方便可用这样调用:

接口

```
int event_base_dispatch(struct event_base *base);
```

event_base_dispatch () 等同于没有设置标志的 event_base_loop ()所以 event_base_dispatch()将一直运行,直到没有已经注册的事件了,或者调用 event_base_loopbreak()或者 event_base_loopexit()为止.

这些函数定义在<event2/event.h>中,从 libevent 1.0 版就存在了.

7.2 停止循环

如果想在移除所有已注册的事件之前停止活动的事件循环,可以调用两个稍有不同的函数.

接口

```
int event base loopexit(struct event base *base,const struct timeval *tv);
int event_base_loopbreak(struct event_base *base);
```

event_base_loopexit()让 event_base 在给定时间之后停止循环.如果 tv 参数 NULL,event_base 会立即停止循环,没有延时.如 event_base 当前正在执行任何激活事件的回调,则回调会继续运行,直到运行完所有激活事件的回调之才退出.

event_base_loopbreak()让 event_base 立即退出循环.它与 event_base_loopexit(base,NULL)的不同在于,如果

event_base 当前正在执行激活事件的回调,它将在执行完当前正在处理的事件后立即退出.

注 event_base_loopexit(base,NULL)和 event_base_loopbreak(base)在事件循环没有运行时的行为不同:前者安排下一次事件循环在下一轮回调完成后立即停止(就好像 带 EVLOOP_ONCE 标志调用一样);后者却仅仅停止当前正在运行的循环,如果事件循环没有运行,则没有任何效果.

这两个函数都在成功时返回 0,失败时返回-1.

示例:立刻关闭

```
#include <event2/event.h>
/* Here's a callback function that calls loopbreak */
void cb(int sock, short what, void *arg)
{
        struct event base *base = arg;
        event base loopbreak(base);
}
void main loop(struct event base *base, evutil socket t watchdog fd)
{
        struct event *watchdog event;
        /* Construct a new event to trigger whenever there are any bytes to
        read from a watchdog socket. When that happens, we'll call the
        cb function, which will make the loop exit immediately without
        running any other active events at all.*/
        watchdog event = event new(base, watchdog fd, EV READ, cb, base);
        event add(watchdog event, NULL);
        event base dispatch(base);
}
```

示例:执行事件循环 10 秒后退出

```
#include <event2/event.h>
void run_base_with_ticks(struct event_base *base)
{
        struct timeval ten_sec;
        ten_sec.tv_sec = 10;
        ten_sec.tv_usec = 0;
        /* Now we run the event_base for a series of 10-second intervals, printing
        "Tick" after each. For a much better way to implement a 10-second
        timer, see the section below about persistent timer events.*/
        while (1)
        {
                /* This schedules an exit ten seconds from now.*/
                event_base_loopexit(base, &ten_sec);
                event_base_dispatch(base);
                puts("Tick");
        }
}
```

有时候需要知道 event_base_dispatch()或 event_base_loop()的调用是正常退出的,还是因为调用 event_base_loopexit()或者 event_base_break()而退出的.可以调用下述函数来确定是否调用了 loopexit 或者 break 函数.

接口

```
int event_base_got_exit(struct event_base *base);
int event_base_got_break(struct event_base *base);
```

这两个函数分别会在循环是因为调用 event_base_loopexit()或者 event_base_break()而退出的时候返回 true,否则返回 false.下次启动事件循环的时候,这些值会被重设.这些函数声明在<event2/event.h>中.event_break_loopexit()函数首次在 libevent 1.0c 版本中实现;event_break_loopbreak()首次在 libevent 1.4.3 版本中实现.

7.3 检查事件

通常 LibEvent 检查 event,运行所有活动的 event 中的优先级最高的 event 然后再次检查活动的 event,如此循环.但是有时候当回调函数运行后就停止 LibEvent,然后告诉它再来扫描,相比 event_base_loopbreak()函数你可用调用 event_base_loopcontinue()函数来实现这些功能.

接口

```
int event_base_loopcontinue(struct event_base *);
```

如果没有运行回调函数调用 event_base_loopcontinue()将不产生任何影响.
该函数在 LibEvent2.1.2-alpha 版本中 you 介绍.

7.4 检查内部时间缓存

有时候需要在事件回调中获取当前时间的近似视图,但不想调用 gettimeofday()(可能是因为 OS 将 gettimeofday()作为系统调用实现,而你试图避免系统调用的开销).在回调中,可以请求 libevent 开始本轮回调时的当前时间视图.

接口

```
int event_base_gettimeofday_cached(struct event_base *base,struct timeval *tv_out);
```

如果当前正在执行回调,event_base_gettimeofday_cached()函数设置 tv_out 参数的值为缓存的时间.否则,函数调用 evutil_gettimeofday()获取真正的当前时间.成功时函数返回 0,失败时返回负数.

注意,因为 libevent 在开始执行回调的时候缓存时间值,所以这个值至少是有一点不精确的 .如果回调执行很长时间,这个值将非常不精确.要强制刷新缓存,你可以调用:

接口

```
int event_base_update_cache_time(struct event_base *base);
```

函数成功返回 0,失败返回-1.如果 base 没有运行其循环,则该函数对这些没有影响.
这个函数是 libevent 2.0.4-alpha 新引入的.

7.5 转存 Event_base 状态

接口

```
void event_base_dump_events(struct event_base *base, FILE *f);
```

为帮助调试程序(或者调试 libevent),有时候可能需要加入到 event_base 的事件及其状态的完整列表.调用 event_base_dump_events()可以将这个列表输出到指定的文件中.这个列表是人可读的,未来版本的 libevent 将会改变其格式.这个函数在 libevent 2.0.1-alpha 版本中引入.

7.6 每个 event_base 上运行一个 event

接口

```
typedef int (*event_base_foreach_event_cb)(const struct event_base *,
                                           const struct event *,
                                           void *);
int event_base_foreach_event(struct event_base *base,
                             event_base_foreach_event_cb fn,
                             void *arg);
```

你可以运行 event_base_foreach_event 来遍历每个与 event_base 有关活动或等待 event.提供的回调函数将会被每个 event 被不确定的顺序调用.event_base_foreach_event()的第三个参数将作为第三个参数传递到每个调用回调.

回调函数必须返回 0 去继续遍历,如果是其他的整数将停止迭代.无论回调函数返回什么值都是由 event_base_foreach_function()返回.

回调函数不能编辑接收的任何 event,不能增加和删除任何 event_base 的 event,该函数将阻塞别的线程对 event_base 做任何事,所以要保证回调函数不会耗时过长.

7.7 废弃的事件回调函数

如上所示,老版本的 LibEvent 都有一个全局"当前"event_base 的概念.这些函数表现得像当前函数,除了它们都没有基本参数.

当前函数	废弃的 current_base 版本
event_base_dispatch()	event_dispatch()
event_base_loop()	event_loop()
event_base_loopexit()	event_loopexit()
event_base_loopbreak()	event_loopbreak()

注意

因为在 libEvent2.0 版本之前 event_base 并不支持锁,所以这些函数并不是完全线程安全的.不允许调用_loopbreak()或者_loopexit()去执行别的线程的 event 循环.

8.处理事件

libevent 的基本操作单元是事件.每个事件代表一组条件的集合,这些条件包括:

- 文件描述符已经就绪,可以读取或者写入
- 文件描述符变为就绪状态,可以读取或者写入(仅对于边沿触发 IO)
- 超时事件
- 发生某信号
- 用户触发事件

所有事件具有相似的生命周期.调用 libevent 函数设置事件并且关联到 event_base 之后 ,事件进入"已初始化(initialized)"状态.此时可以将事件添加到 event_base 中,这使之进入"未决(pending)"状态.在未决状态下,如果触发事件的条件发生(比如说,文件描述符的状态改变,或者超时时间到达),则事件进入"激活(active)"状态,(用户提供的)事件回调函数将被执行.如果配置为"持久的(persistent)",事件将保持为未决状态.否则 ,执行完回调后,事件不再是未决的.删除操作可以让未决事件成为非未决(已初始化)的 ;添加操作可以让非未决事件再次成为未决的.

8.1 构造事件对象

使用 event_new()接口创建事件.

接口

```
#define EV_TIMEOUT 0x01
#define EV_READ 0x02
#define EV_WRITE 0x04
#define EV_SIGNAL 0x08
#define EV_PERSIST 0x10
#define EV_ET 0x20
typedef void ( * event_callback_fn)(evutil_socket_t, short, void* );
struct event* event_new(struct event_base * base, evutil_socket_t fd,
short what, event_callback_fn cb,void* arg);
void event_free(struct event* event);
```

event_new()试图分配和构造一个用于 base 的新的事件. what 参数是上述标志的集合.如果 fd 非负,则它是将被观察其读写事件的文件.事件被激活时, libevent 将调用 cb 函数,传递这些参数:文件描述符 fd,表示所有被触发事件的位字段,以及构造事件时的 arg 参数.发生内部错误,或者传入无效参数时, event_new()将返回 NULL.所有新创建的事件都处于已初始化和非未决状态,调用 event_add ()可以使其成为未决的.要释放事件,调用 event_free().对未决或者激活状态的事件调用 event_free()是安全的:在释放事件之前,函数将会使事件成为非激活和非未决的 .

接口

```
#include <event2/event.h>
void cb_func(evutil_socket_t fd, short what, void* arg)
{
        const char* data = arg;
        printf("Got an event on socket %d:%s%s%s%s [%s]",
                (int) fd,
                (what&EV_TIMEOUT) ? " timeout" : "",
                (what&EV_READ) ? " read" : "",
                (what&EV_WRITE) ? " write" : "",
                (what&EV_SIGNAL) ? " signal" : "",
                data);
}
void main_loop(evutil_socket_t fd1, evutil_socket_t fd2)
{
        struct event* ev1, * ev2;
        struct timeval five_seconds = {5,0};
        struct event_base
        * base = event_base_new();
/* The caller has already set up fd1, fd2 somehow, and make them nonblocking.*/
        ev1 = event_new(base, fd1, EV_TIMEOUT|EV_READ|EV_PERSIST, cb_func,
                (char * )"Reading event");
        ev2 = event_new(base, fd2, EV_WRITE|EV_PERSIST, cb_func,
                (char * )"Writing event");
        event_add(ev1, &five_seconds);
        event_add(ev2, NULL);
        event_base_dispatch(base);
}
```

述函数定义在<event2/event.h>中,首次出现在 libevent 2.0.1-alpha 版本中.event_callback_fn 类型首次在 2.0.4-alpha 版本中作为 typedef 出现.

8.1.1 事件标志

- **EV_TIMEOUT**:这个标志表示某超时时间流逝后事件成为激活的. 构造事件的时候, EV_TIMEOUT 标志是被忽略的: 可以在添加事件的时候设置超时, 也可以不设置.超时发生时, 回调函数的 what 参数将带有这个标志.
- **EV_READ**:表示指定的文件描述符已经就绪,可以读取的时候,事件将成为激活的.
- **EV_WRITE**:表示指定的文件描述符已经就绪,可以写入的时候,事件将成为激活的.
- **EV_SIGNAL**:用于实现信号检测,请看下面的"构造信号事件"节.
- **EV_PERSIST**:表示事件是"持久的",请看下面的"关于事件持久性"节.
- **EV_ET**:表示如果底层的 event_base 后端支持边沿触发事件, 则事件应该是边沿触发的. 这个标志影响 EV_READ 和 EV_WRITE 的语义.

从 2.0.1-alpha 版本开始,可以有任意多个事件因为同样的条件而未决.比如说,可以有两个事件因为某个给定的 fd 已经就绪,可以读取而成为激活的.这种情况下,多个事件回调被执行的次序是不确定的.

这些标志定义在<event2/event.h>中. 除了 EV_ET 在 2.0.1-alpha 版本中引入外, 所有标志从 1.0 版本开始就存在了.

8.1.2 关于事件持久性

默认情况下, 每当未决事件成为激活的 (因为 fd 已经准备好读取或者写入, 或者因为超时),事件将在其回调被执行前

成为非未决的.如果想让事件再次成为未决的, 可以在回调函数中再次对其调用 event_add( ).

如果设置了 EV_PERSIST 标志,事件就是持久的.这意味着即使其回调被激活, 事件还是会保持为未决状态. 如果想在回调中让事件成为非未决的, 可以对其调用 event_del( ).每次执行事件回调的时候,持久事件的超时值会被复位.

因此,如果具有 EV_READ|EV_PERSIST 标志,以及 5 秒的超时值,则事件将在以下情况下成为激活的:

- 套接字已经准备好被读取
- 从最后一次成为激活的开始,已经逝去 5 秒

8.1.3 创建一个用本身作为回调函数参数的 event

很多情况下你想要创建一个 event 并且用自身作为回调函数参数.不能只传一个指向 event 的指针作为参数到函数 event_new(),因为它还未实际存在,为了解决这个问题,可以使用 event_self_cbkarg()函数.

接口

```
void* event_self_cbarg();
```

event_self_cbarg()函数返回了一个传入到 event 回调函数作为参数的魔幻指针,该指针告诉 event_new()去创建一个 event 并且把自身作为回调函数参数.

示例

```
#include <event2/event.h>
static int n_calls = 0;
void cb_func(evutil_socket_t fd, short what, void* arg)
{
	struct event* me = arg;
	printf("cb_func called %d times so far.\n", ++n_calls);
	if (n_calls > 100)
		event_del(me);
}
void run(struct event_base* base)
{
	struct timeval one_sec = { 1, 0 };
	struct event* ev;
	/* We're going to set up a repeating timer to get called called 100 times.*/
	ev = event_new(base, -1, EV_PERSIST, cb_func, event_self_cbarg());
	event_add(ev, &one_sec);
	event_base_dispatch(base);
}
```

这个函数也可以用于 event_new(), evtimer_new(), evsignal_new(), event_assign(), evtimer_assign(), 以及 evsignal_assign(),但不会作为 non-events 的回调函数的参数.

event_self_cbarg()函数出现在 LibEvent-2.1.2-alpha 中.

8.1.4 超时事件

相对于之前的方式,有一系列的宏以 evtimer_开头的宏可以用来分配和控制纯超时的 event.这些宏使代码更加清晰,除此之外别无其它作用.

接口

```
#define evtimer_new(base, callback, arg) \
        event_new((base), -1, 0, (callback), (arg))
#define evtimer_add(ev, tv) \
        event_add((ev),(tv))
#define evtimer_del(ev) \
        event_del(ev)
#define evtimer_pending(ev, tv_out) \
        event_pending((ev), EV_TIMEOUT, (tv_out))
```

除了 evtimer_new()出现在 LibEvent2.0.1-alpha,其它这些宏从 LibEvent0.6 开始出现.

8.1.5 构造信号事件

LibEvent 也支持监控 POSIX 格式的信号.构造一个信号句柄,使用下面的方法:

示例

```
struct event* hup_event;
struct event_base* base = event_base_new();
/* call sighup_function on a HUP signal*/
hup_event = evsignal_new(base, SIGHUP, sighup_function, NULL);
```

注意:信号回调函数在信号发生后在运行在 event 循环中运行,因此对他们来说调用那些你不应该调用的标准 POSIX 信号句柄是安全的.

注意

不要给一个 event 设置超时.这可能是不支持的(待修正:真是这样吗？)

同样有一系列很便利的宏配合信号 event 使用.

接口

```
#define evsignal_add(ev, tv) \
        event_add((ev),(tv))
#define evsignal_del(ev) \
        event_del(ev)
#define evsignal_pending(ev, what, tv_out) \
        event_pending((ev), (what), (tv_out))
```

evsignal_*宏在 LibEvent2.0.1-alpha 中出现,在此之前使用如 signal_add()、signal_del()等函数.

使用信号时的警告

当前版本的信号大多数运行在后台,每个进程只能有一个 event_base 可以同时监控信号,如果同时添加两个 event 到 event_base,即使信号是不同的,也只会有一个 event_base 会接收到信号.

后台运行的 kqueue 没有这个限制.

8.1.6 不用堆分配来设置事件

对于性能或者别的原因,人们习惯于分配 event 作为大结构体的一部分.对于每次 event 使用,是这样保存 event 的:

- 内存分配器在堆上分配一个小的对象的开销.
- 从指向 event 的指针取值的时间开销.
- 由于 event 不在缓存中造成缓存丢失而引起的时间开销.

这种方式可能会破坏 LibEvent 版本之间的二进制兼容性,因为版本间的 event 结构体大小不统一.

这种方式开销很小,也不会影响其他程序运行.你应该坚持使用 event_new()来分配 event 除非你在堆上分配 event 的时候遭受了很严重的性能问题.如果以后的版本使用的 event 结构体比你当前使用的 event 结构体大那么使用 event_assign()会导致很难排查的错误.

接口

```
int event_assign(     struct event* event,
                      struct event_base * base,
                      evutil_socket_t fd,
                      short what,
                      void (*callback)(evutil_socket_t, short, void*),
                      void * arg);
```

除了 event 参数必须指向一个未初始化的事件之外,event_assign()的参数与 event_new()的参数相同.成功时函数返回 0,如果发生内部错误或者使用错误的参数,函数返回-1.

示例

```
#include <event2/event.h>
/* Watch out! Including event_struct.h means that your code will
not be binary-compatible with future versions of Libevent.*/
#include <event2/event_struct.h>
#include <stdlib.h>
struct event_pair
{
        evutil_socket_t fd;
        struct event read_event;
        struct event write_event;
};
void readcb(evutil_socket_t, short, void* );
void writecb(evutil_socket_t, short, void* );
struct event_pair* event_pair_new(struct event_base * base, evutil_socket_t fd)
{
        struct event_pair* p = malloc(sizeof(struct event_pair));
        if (!p) return NULL;
        p->fd = fd;
        event_assign(&p->read_event, base, fd, EV_READ|EV_PERSIST, readcb, p);
        event_assign(&p->write_event, base, fd, EV_WRITE|EV_PERSIST, writecb, p);
        return p;
}
```

也可以用 event_assign()去初始化在栈上分配或静态分配的 event.

警告

不要对已经在 event_base 中未决的事件调用 event_assign(),这可能会导致难以诊断的错误.如果已经初始化和成为未决的,调用 event_assign()之前需要调用 event_del().libevent 提供了方便的宏将 event_assign()用于仅超时事件或者信号事件.

接口

```
size_t event_get_struct_event_size(void);
```

该函数返回了需要设置的 event 结构体的字节数.在此之前,如果你认识到为你的程序在堆上内存分配实际上是一个很重要的问题,你可能仅仅会使用这个函数,因为这会使你的程序更加难以读写.

注意,event_get_struct_event_size()在将来版本可能会给出比当前 sizeof(struct event)更大的值,如果是这样,那么这就意味着 event 字节末尾的额外字节是预留的填充字节,以便未来的 LibEvent 版本使用.

这里也有一个和上面类似的例子,不同的是它不依赖于 sizeof 来计算 struct.h 中的 event 结构体的字节大小,而是使用 event_get_struct_event_size()来运行时计算正确的值.

接口

```
#include <event2/event.h>
#include <stdlib.h>
/* When we allocate an event_pair in memory, we'll actually allocate
more space at the end of the structure. We define some macros
to make accessing those events less error-prone.*/
struct event_pair
{
        evutil_socket_t fd;
};
/* Macro: yield the struct event 'offset' bytes from the start of 'p'*/
#define EVENT_AT_OFFSET(p, offset) \
((struct event * ) ( ((char * )(p)) + (offset) ))
/* Macro: yield the read event of an event_pair*/
#define READEV_PTR(pair) \
        EVENT_AT_OFFSET((pair), sizeof(struct event_pair))
/* Macro: yield the write event of an event_pair*/
#define WRITEEV_PTR(pair) \
        EVENT_AT_OFFSET((pair), \
        sizeof(struct event_pair)+event_get_struct_event_size())
/* Macro: yield the actual size to allocate for an event_pair*/
#define EVENT_PAIR_SIZE() \
        (sizeof(struct event_pair)+2 * event_get_struct_event_size())
void readcb(evutil_socket_t, short, void* );
void writecb(evutil_socket_t, short, void* );
struct event_pair* event_pair_new(struct event_base * base, evutil_socket_t fd)
{
        struct event_pair* p = malloc(EVENT_PAIR_SIZE());
        if (!p) return NULL;
        p->fd = fd;
```

```
        event_assign(READEV_PTR(p), base, fd, EV_READ|EV_PERSIST, readcb, p);
        event_assign(WRITEEV_PTR(p), base, fd, EV_WRITE|EV_PERSIST, writecb, p);
        return p;
}
```

从 LibEvent2.0.1-alpha 版本开始,event_assign()函数就定义在<event2/event.h>中.从 2.0.3 开始该函数返回了一个 int,在此之前都是无返回值的.event_get_struct_size()函数首次出现在 LibEvent2.0. 4-alpha 版本中.event 结构体定义在<event2/event.h>文件中.

8.2 使事件未决和非未决

一旦你构造了一个 event,它是不会做任何事的直到你 add 它使之未决.event_add 这样做:

接口

```
int event_add(struct event* ev, const struct timeval * tv);
```

在非未决的事件上调用 event_add()将使其在配置的 event_base 中成为未决的.成功时函数返回 0,失败时返回-1.如果 tv 为 NULL,添加的事件不会超时.否则,tv 以秒和微秒指定超时值.如果对已经未决的事件调用 event_add() ,事件将保持未决状态,并在指定的超时时间被重新调度.

注意

不要设置 tv 为希望超时事件执行的时间.如果在 2010 年 1 月 1 日设置"tv->tv_sec=time(NULL)+10;",超时事件将会等待 40 年,而不是 10 秒.

接口

```
int event_del(struct event* ev);
```

对已经初始化的事件调用 event_del()将使其成为非未决和非激活的.如果事件不是未决的或者激活的,调用将没有效果.成功时函数返回 0,失败时返回-1.

注意

如果在事件激活后,其回调被执行前删除事件,回调将不会执行.

接口

```
int event_remove_timer(struct event* ev);
```

最后你可以移除一个 event 的超时而不再需要删除 IO 或信号组件了.如果 event 没有超时未决,event_remove_timer()函数调用不会产生影响.如果 event 只有超时但是没有信号组件,event_remove_timer()与 event_del()有相同的作用.函数成功返回 0,失败返回-1.

这些函数定义在<event2/event.h>中,event_add()和 event_del()函数在 LibEvent0.1 就已经有了,evet_remove_timer()在 2.1.2-alpha 版本才开始被加入进来.

8.3 事件优先级

当多个 event 同时触发,LibEvent 并没有定义回掉函数执行要遵循的任何顺序.可以用优先级来定义一些 event 比其他 event 更加重要.

在之前部分的讨论中我们知道 event_base 有一个或多个优先级关联到它.在添加 event 到 event_base 之前在初始化它之后,你可以设置它的优先级.

接口

```
int event_priority_set(struct event* event, int priority);
```

event 的优先级是一个在 0 和优先级总数之间的一个值,最小为 1.函数成功返回 0 失败返回-1.

但多个事件的多个优先级开始活动,低优先级的不会被执行,而回执行高优先级的 event,然后再检查 event 的优先级,再来一次,直到高优先级的事件都没有活动则才开始运行低优先级的 event.

接口

```
#include <event2/event.h>
void read_cb(evutil_socket_t, short, void* );
void write_cb(evutil_socket_t, short, void* );
void main_loop(evutil_socket_t fd)
{
        struct event* important, * unimportant;
        struct event_base* base;
        base = event_base_new();
        event_base_priority_init(base, 2);
        /* Now base has priority 0, and priority 1*/
        important = event_new(base, fd, EV_WRITE|EV_PERSIST, write_cb, NULL);
        unimportant = event_new(base, fd, EV_READ|EV_PERSIST, read_cb, NULL);
        event_priority_set(important, 0);
        event_priority_set(unimportant, 1);
        /* Now, whenever the fd is ready for writing, the write callback will
        happen before the read callback. The read callback won't happen at
        all until the write callback is no longer active.*/
}
```

当你不设置 event 的优先级,默认值是优先级列表总数除以 2.
函数定义在<event2/event.h>中,首次出现在 LibEvent1.0.

8.4 检查事件状态

有时候你想要判断一个 event 是否被添加,判断它引用的是什么.

接口

```
int event_pending(const struct event* ev, short what, struct timeval * tv_out);
#define event_get_signal(ev) /* ...*/
evutil_socket_t event_get_fd(const struct event* ev);
struct event_base* event_get_base(const struct event * ev);
short event_get_events(const struct event* ev);
```

```
event_callback_fn event_get_callback(const struct event* ev);
void* event_get_callback_arg(const struct event * ev);
int event_get_priority(const struct event* ev);
void event_get_assignment(   const struct event* event,
                             struct event_base** base_out,
                             evutil_socket_t* fd_out,
                             short* events_out,
                             event_callback_fn* callback_out,
                             void** arg_out);
```

event_pending 函数确定给出的 event 是未决的还是活动的.如果 EV_READ、EV_WRITE、 EV_SIGNAL、 EV_TIMEOUT 被设置为 *what* 参数,函数会返回 event 是未决的或者活动的所有标志.如果提供了 *tv_out* 并且设置了 EV_TIMEOUT 标志给 *what* 参数,当前 event 是未决的或者活跃在超时上,*tv_out* 设置为保存 event 超时后的时间.

event_get_fd()函数和 event_get_signal()函数返回了 event 配置的文件描述符或者型号数量.event_get_base()返回 event 配置的 event_base.event_get_events()函数返回事件的标志(EV_READ、EV_WRITE 等).event_get_callback()和 event_get_callback_arg()函数返回了 event 的回掉函数和它的参数指针.event_get_priority()函数返回了事件当前分配的优先级.

event_get_assignment()函数拷贝了 event 分配的所有字段到提供的指针.如果指针为空,则忽略.

示例

```
#include <event2/event.h>
#include <stdio.h>
/* Change the callback and callback_arg of ‘ev’, which must not be pending.*/
int replace_callback(struct event* ev,
                     event_callback_fn new_callback,
                     void*new_callback_arg)
{
        struct event_base* base;
        evutil_socket_t fd;
        short events;
        int pending;
        pending = event_pending(ev, EV_READ|EV_WRITE|EV_SIGNAL|EV_TIMEOUT,NULL);
        if (pending)
        {
                /* We want to catch this here so that we do not re-assign a
                pending event. That would be very very bad.*/
                fprintf(stderr,"Error! replace_callback called on a pending
                        event!\n");
                return -1;
        }
        event_get_assignment(ev,
                             &base,
                             &fd,
                             &events,
                             NULL /* ignore old callback*/ ,
                             NULL /* ignore old callback argument*/);
        event_assign(ev, base, fd, events, new_callback, new_callback_arg);
        return 0;
}
```

这些函数声明在<event2/event.h>中. event_pending () 函数从 0.1 版就存在了. 2.0.1-alpha 版引入了 event_get_fd()和 event_get_signal() .2.0.2-alpha 引入了 event_get_base() .其他的函数在 2.0.4-alpha 版中引入.

8.5 查找当前运行事件

为了调试或者别的目的,你可以获取一个指向当前运行 event 的指针.

接口

```
struct event* event_base_get_running_event(struct event_base * base);
```

注意这个函数的行为 仅仅在提供的 event_base 的循环内部调用的时候被定义.在别的线程调用它是不支持的,可能会引起未定义的行为发生.

该函数定义在<event2/event.h>中,首次出现在 LibEvent2.1.1-alpha 版本中.

8.6 配置一次性事件

如果不想重复添加 event 或者添加后立马删除,它不需要是持久的,你可以使用 event_base_once()函数.

接口

```
int event_base_once(  struct event_base* ,
                      evutil_socket_t, short,
                      void ( * )(evutil_socket_t, short, void* ),
                      void * ,
                      const struct timeval * );
```

该函数接口与 event_new()相同,除了不支持 EV_SIGNAL 或 SIG_PERSIST 标志.队列 event 以默认优先级被插入和运行.当回掉函数最终完成,LibEvent 释放它自己内部的 event 结构体,成功返回 0,失败返回-1.

以 event_base_once 插入的 event 不能删除或手动激活:如果你要使能或取消一个 event,用常用的 event_new()或 event_assign()接口来创建.

注意在 LibEvent2.0 之前,如果 event 从来不被触发,用来保存它的内存将永远不会释放.从 LibEvent2.1.2-alpha 版本开始,当 event_base 释放的时候释放 event,即便它们没有激活,但是还是要意识到:如果有内存关联到它们的回掉函数参数,除非你的程序做点事情去追踪它或者释放它否则你的内存是不会释放掉的.

8.7 手动激活事件

可能会有很少的这种情况发生:即便 event 的条件没有触发也想要 event 激活.

接口

```
void event_active(struct event* ev, int what, short ncalls);
```

该函数使 event 以标志 what(EV_READ、EV_WRITE、EV_TIMEOUT 的组合)激活,event 不需要预先的被未决,激活 event 也不需要使其未决.

糟糕的示例:用 event_active()无限循环

```
struct event* ev;
static void cb(int sock, short which, void* arg)
{
	/* Whoops: Calling event_active on the same event unconditionally
	from within its callback means that no other events might not getrun!*/
	event_active(ev, EV_WRITE, 0);
}
int main(int argc, char** argv)
{
	struct event_base
	* base = event_base_new();
	ev = event_new(base, -1, EV_PERSIST | EV_READ, cb, NULL);
	event_add(ev, NULL);
	event_active(ev, EV_WRITE, 0);
	event_base_loop(base, 0);
	return 0;
}
```

这将创建一个只执行一次的事件循环,然后永远调用函数"cb".

示例:上述问题的计时器替代方案

```
struct event* ev;
struct timeval tv;
static void cb(int sock, short which, void* arg)
{
	if (!evtimer_pending(ev, NULL))
	{
		event_del(ev);
		evtimer_add(ev, &tv);
	}
}
int main(int argc, char** argv)
{
	struct event_base
	* base = event_base_new();
	tv.tv_sec = 0;
	tv.tv_usec = 0;
	ev = evtimer_new(base, cb, NULL);
	evtimer_add(ev, &tv);
	event_base_loop(base, 0);
	return 0;
}
```

示例:上述问题的 event_config_set_max_dispatch_interval 替代方案

```
struct event* ev;
static void cb(int sock, short which, void* arg)
{
	event_active(ev, EV_WRITE, 0);
}
int main(int argc, char** argv)
```

```
{
        struct event_config* cfg = event_config_new();
        /* Run at most 16 callbacks before checking for other events.*/
        event_config_set_max_dispatch_interval(cfg, NULL, 16, 0);
        struct event_base
        * base = event_base_new_with_config(cfg);
        ev = event_new(base, -1, EV_PERSIST | EV_READ, cb, NULL);
        event_add(ev, NULL);
        event_active(ev, EV_WRITE, 0);
        event_base_loop(base, 0);
        return 0;
}
```

这个函数定义在<event2/event.h>中,从 0.3 版本就存在了.

8.8 优化通用超时

当前版本的 libevent 使用二进制堆算法跟踪未决事件的超时值, 这让添加和删除事件超时值具有 O(logN)性能.对于随机分布的超时值集合,这是优化的,但对于大量具有相同超时值的事件集合,则不是.

比如说,假定有 10000 个事件,每个都需要在添加后 5 秒触发超时事件.这种情况下,使用双链队列实现才可以取得 O(1)性能.

实际上,不希望为所有超时值使用队列,因为队列仅对常量超时值更快.如果超时值或多或少地随机分布,则向队列添加超时值的性能将是 O(n) ,这显然比使用二进制堆糟糕得多.

libevent 通过放置一些超时值到队列中,另一些到二进制堆中来解决这个问题.要使用这个机制,需要向 libevent 请求一个"公用超时(common timeout)"值,然后使用它来添加事件 .如果有大量具有单个公用超时值的事件,使用这个优化应该可以改进超时处理性能.

接口

```
const struct timeval* event_base_init_common_timeout(
                                struct event_base* base,
                                const struct timeval * duration);
```

这个函数需要 event_base 和要初始化的公用超时值作为参数.函数返回一个到特别的 timeval 结构体的指针,可以使用这个指针指示事件应该被添加到 O(1)队列,而不是 O(logN)堆.可以在代码中自由地复制这个特别的 timeval 或者进行赋值,但它仅对用于构造它的特定 event_base 有效.不能依赖于其实际内容:libevent 使用这个内容来告知自身使用哪个队列.

示例

```
#include <event2/event.h>
#include <string.h>
/* We’re going to create a very large number of events on a given base,
nearly all of which have a ten-second timeout. If initialize_timeout
is called, we’ll tell Libevent to add the ten-second ones to an O(1) queue.*/
struct timeval ten_seconds = { 10, 0 };
void initialize_timeout(struct event_base* base)
{
```

```
        struct timeval tv_in = { 10, 0 };
        const struct timeval
        * tv_out;
        tv_out = event_base_init_common_timeout(base, &tv_in);
        memcpy(&ten_seconds, tv_out, sizeof(struct timeval));
}
int my_event_add(struct event* ev, const struct timeval * tv)
{
        /* Note that ev must have the same event_base that we passed to
        initialize_timeout
        */
        if (tv && tv->tv_sec == 10 && tv->tv_usec == 0)
                return event_add(ev, &ten_seconds);
        else
                return event_add(ev, tv);
}
```

与所有优化函数一样,除非确信适合使用,应该避免使用公用超时功能.这个函数由 2.0.4-alpha 版本引入.

8.9 从已清除的内存中识别事件

libevent 提供了函数,可以从已经通过设置为 0(比如说,通过 calloc()分配的,或者使用 memset()或者 bzero()清除了的)而清除的内存识别出已初始化的事件.

接口

```
int event_initialized(const struct event* ev);
#define evsignal_initialized(ev) event_initialized(ev)
#define evtimer_initialized(ev) event_initialized(ev
```

警告这个函数不能可靠地从没有初始化的内存块中识别出已经初始化的事件. 除非知道被查询的内存要么是已清除的,要么是已经初始化为事件的,才能使用这个函数.

除非编写一个非常特别的应用,通常不需要使用这个函数.event_new()返回的事件总是已经初始化的.

接口

```
#include <event2/event.h>
#include <stdlib.h>
struct reader
{
        evutil_socket_t fd;
};
#define READER_ACTUAL_SIZE() \
        (sizeof(struct reader) + \
        event_get_struct_event_size())
#define READER_EVENT_PTR(r) \
        ((struct event* ) (((char * )(r))+sizeof(struct reader)))

struct reader* allocate_reader(evutil_socket_t fd)
{
   struct reader* r = calloc(1, READER_ACTUAL_SIZE());
   if (r)
```

```
        r->fd = fd;
    return r;
}
void readcb(evutil_socket_t, short, void* );
int add_reader(struct reader* r, struct event_base * b)
{
    struct event* ev = READER_EVENT_PTR(r);
    if (!event_initialized(ev))
        event_assign(ev, b, r->fd, EV_READ, readcb, r);
    return event_add(ev, NULL);
}
```

event_initialized()函数从 0.3 版本就存在了.

8. 10 废弃的事件操作函数

2.0 版本之前的 libevent 没有 event_assign()或者 event_new() .替代的是将事件关联到 " 当 前 "event_base 的 event_set ( ) . 如 果 有 多 个 event_base , 需 要 记 得 调 用 event_base_set()来确定事件确实是关联到当前使用的 event_base 的.

接口

```
void event_set(struct event* event,
               evutil_socket_t fd, short what,
               void( * callback)(evutil_socket_t, short, void* ),
               void * arg);
int event_base_set(struct event_base* base, struct event * event);
```

除了使用当前 event_base 之外, event_set () 跟 event_assign () 是相似的.

event_base_set()用于修改事件所关联到的 event_base.event_set()具有一些用于更方便地处理定时器和信号的变体:evtimer_set()大致对应 evtimer_assign() .

2.0 版本之前的 libevent 使用"signal_"作为用于信号的 event_set()等函数变体的前缀, 而不是"evsignal_"(也就是说,有 signal_set()、signal_add()、signal_del()、signal_pending()和 signal_initialized()) .远古版本(0.6 版之前)的 libevent 使用 "timeout_"而不是"evtimer_" .因此,做代码考古(code archeology) (注:这个翻译似乎不正确,是否有更专业的术语？比 如 说 ," 代 码 复 审 ") 时 可 能 会 看 到 timeout_add() 、 timeout_del() 、 timeout_initialized() 、 timeout_set() 和 timeout_pending()等等.

较老版本(2.0 版之前)的 libevent 用宏 EVENT_FD()和 EVENT_SIGNAL()代替现在的 event_get_fd()和 event_get_signal() 函数.这两个宏直接检查 event 结构体的内容,所以会妨碍不同版本之间的二进制兼容性. 在 2.0 以及后续版本中, 这两个宏仅仅是 event_get_fd()和 event_get_signal()的别名.

由于 2.0 之前的版本不支持锁,所以在运行 event_base 的线程之外的任何线程调用修改事件状态的函数都是不安全的.这些函数包括 event_add()、event_del()、event_active()和 event_base_once().

有一个 event_once()与 event_base_once()相似,只是用于当前 event_base.

2.0 版本之前 EV_PERSIST 标志不能正确地操作超时.标志不会在事件激活时复位超时值 ,而是没有任何操作.

2.0 之前的版本不支持同时添加多个带有相同 fd 和 READ/WRITE 标志的事件.也就是说,在每个 fd 上,某时刻只能有一个事件等待读取,也只能有一个事件等待写入.

9.辅助类型和函数

<event2/util.h>定义了很多在实现可移植应用时有用的函数,libevent 内部也使用这些类型和函数.

9.1 基本类型

9.1.1Evuitl_socket_t

在除 Windows 之外的大多数地方,套接字是个整数,操作系统按照数值次序进行处理.然而,使用 Windows 套接字 API 时,socket 具有类型 SOCKET,它实际上是个类似指针的句柄,收到这个句柄的次序是未定义的.在 Windows 中,libevent 定义 evutil_socket_t 类型为整型指针,可以处理 socket()或者 accept()的输出,而没有指针截断的风险.

定义

```
#ifdef WIN32
#define evutil_socket_t intptr_t
#else
#define evutil_socket_t int
#endif
```

这个类型在 2.0.1-alpha 版本中引入.

9.1.2 标准整数类型

落后于 21 世纪的 C 系统常常没有实现 C99 标准规定的 stdint.h 头文件.考虑到这种情况,libevent 定义了来自于 stdint.h 的、位宽度确定(bit-width-specific)的整数类型:

Type	Width	Signed	Maximum	Minimum
ev_uint64_t	64	No	EV_UINT64_MAX	0
ev_int64_t	64	Yes	EV_INT64_MAX	EV_INT64_MIN
ev_uint32_t	32	No	EV_UINT32_MAX	0
ev_int32_t	32	Yes	EV_INT32_MAX	EV_INT32_MIN
ev_uint16_t	16	No	EV_UINT16_MAX	0
ev_int16_t	16	Yes	EV_INT16_MAX	EV_INT16_MIN
ev_uint8_t	8	No	EV_UINT8_MAX	0
ev_int8_t	8	Yes	EV_INT8_MAX	EV_INT8_MIN

跟 C99 标准一样,这些类型都有明确的位宽度.

这些类型由 1.4.0-alpha 版本引入.MAX/MIN 常量首次出现在 2.0.4-alpha 版本.

9.1.3 各种兼容性类型

在有 ssize_t(有符号的 size_t)类型的平台上,ev_ssize_t 定义为 ssize_t;而在没有的平台上,则定义为某合理的默认类型.ev_ssize_t 类型的最大可能值是 EV_SSIZE_MAX;最小可能值是 EV_SSIZE_MIN. (在平台没有定义 SIZE_MAX 的时候,size_t 类型的最大可能值是 EV_SIZE_MAX)

ev_off_t 用于代表文件或者内存块中的偏移量.在有合理 off_t 类型定义的平台,它被定义为 off_t;在 Windows 上则定义为 ev_int64_t.

某些套接字 API 定义了 socklen_t 长度类型, 有些则没有定义. 在有这个类型定义的平台中 ,ev_socklen_t 定义为 socklen_t,在没有的平台上则定义为合理的默认类型.

ev_intptr_t 是一个有符号整数类型,足够容纳指针类型而不会产生截断;而 ev_uintptr_t 则是相应的无符号类型.

ev_ssize_t 类型由 2.0.2-alpha 版本加入.ev_socklen_t 类型由 2.0.3-alpha 版本加入.ev_intptr_t 与 ev_uintptr_t 类型, 以及 EV_SSIZE_MAX/MIN 宏定义由 2.0.4-alpha 版本加入 .ev_off_t 类型首次出现在 2.0.9-rc 版本.

9.2 定时器可移植函数

不是每个平台都定义了标准 timeval 操作函数,所以 libevent 也提供了自己的实现.

接口

```
#define evutil_timeradd(tvp, uvp, vvp) /* ...*/
#define evutil_timersub(tvp, uvp, vvp) /* ...*/
```

这些宏分别对前两个参数进行加或者减运算,将结果存放到第三个参数中.

接口

```
#define evutil_timerclear(tvp) /* ...*/
#define evutil_timerisset(tvp) /* ...*/
```

清除 timeval 会将其值设置为 0.evutil_timerisset 宏检查 timeval 是否已经设置,如果已经设置为非零值,返回 ture,否则返回 false.

接口

```
#define evutil_timercmp(tvp, uvp, cmp)
```

evutil_timercmp 宏比较两个 timeval, 如果其关系满足 cmp 关系运算符, 返回 true. 比如说 ,evutil_timercmp(t1,t2,<=)的意思是"是否 t1<=t2？ ".注意:与某些操作系统版本不同的是 ,libevent 的时间比较支持所有 C 关系运算符(也就是<、>、==、!=、<=和>=) .

接口

```
int evutil_gettimeofday(struct timeval* tv, struct timezone * tz);
```

evutil_gettimeofdy()函数设置 tv 为当前时间,tz 参数未使用.

示例

```
struct timeval tv1, tv2, tv3;
/* Set tv1 = 5.5 seconds*/
tv1.tv_sec = 5;
tv1.tv_usec = 500 * 1000;
/* Set tv2 = now*/
evutil_gettimeofday(&tv2, NULL);
/* Set tv3 = 5.5 seconds in the future*/
evutil_timeradd(&tv1, &tv2, &tv3);
/* all 3 should print true*/
if (evutil_timercmp(&tv1, &tv1, ==)) /* == "If tv1 == tv1"*/
       puts("5.5 sec == 5.5 sec");
if (evutil_timercmp(&tv3, &tv2, >=)) /* == "If tv3 >= tv2"*/
       puts("The future is after the present.");
if (evutil_timercmp(&tv1, &tv2, <)) /* == "If tv1 < tv2"*/
       puts("It is no longer the past.");
```

注意

在 LibEvent1.4.4 之前用<=或>=与 timercmp 一起使用是不安全的.

9.3 套接字 API 兼容性

本节由于历史原因而存在: Windows 从来没有以良好兼容的方式实现 Berkele y 套接字 API.

接口

```
int evutil_closesocket(evutil_socket_t s);
#define EVUTIL_CLOSESOCKET(s) evutil_closesocket(s)
```

这个接口用于关闭套接字.在 Unix 中,它是 close()的别名;在 Windows 中,它调用 closesocket(). (在 Windows 中不能将 close()用于套接字,也没有其他系统定义 了 closesocket()).

evutil_closesocket() 函数在 2.0.5-alpha 版本引入.在此之前,需要使用 EVUTIL_CLOSESOCKET 宏.

接口

```
#define EVUTIL_SOCKET_ERROR()
#define EVUTIL_SET_SOCKET_ERROR(errcode)
#define evutil_socket_geterror(sock)
#define evutil_socket_error_to_string(errcode)
```

这些宏访问和操作套接字错误代码.EVUTIL_SOCKET_ERROR()返回本线程最后一次套接字操作的全局错误号,evutil_socket_geterror()则返回某特定套接字的错误号. (在类 Unix 系统中都是 errno)EVUTIL_SET_SOCKET_ERROR()修改当前套接字错误号(与设置 Unix 中的 errno 类似) ,evutil_socket_error_to_string()返回代表某给定套接字错误号的字符串(与 Unix 中的 strerror()类似) .

(因为对于来自套接字函数的错误, Windows 不使用 errno, 而是使用 WSAGetLastError() ,
所以需要这些函数.)

注意:Windows 套接字错误与从 errno 看到的标准 C 错误是不同的.

接口

```
int evutil_make_socket_nonblocking(evutil_socket_t sock);
```

用于对套接字进行非阻塞 IO 的调用也不能移植到 Windows 中 .evutil_make_socket_nonblocking()函数要求一个套接字 (来自 socket()或者 accept()) 作为参数, 将其设置为非阻塞的. (设置 Unix 中的 O_NONBLOCK 标志和 Windows 中的 FIONBIO 标志)

接口

```
int evutil_make_listen_socket_reuseable(evutil_socket_t sock);
```

这个函数确保关闭监听套接字后,它使用的地址可以立即被另一个套接字使用. (在 Unix 中它设置 SO_REUSEADDR 标志,在 Windows 中则不做任何操作.不能在 Windows 中使用 SO_REUSEADDR 标志:它有另外不同的含义(译者注:多个套接字绑定到相同地址))

接口

```
int evutil_make_socket_closeonexec(evutil_socket_t sock);
```

这个函数告诉操作系统,如果调用了 exec(),应该关闭指定的套接字.在 Unix 中函数设置 FD_CLOEXEC 标志,在 Windows 上则没有操作.

接口

```
int evutil_socketpair(int family, int type, int protocol,evutil_socket_t sv[2]);
```

这个函数的行为跟 Unix 的 socketpair()调用相同:创建两个相互连接起来的套接字,可对其使用普通套接字 IO 调用.函数将两个套接字存储在 sv[0]和 sv[1]中,成功时返回 0, 失败时返回-1.

在 Windows 中,这个函数仅能支持 AF_INET 协议族、SOCK_STREAM 类型和 0 协议的套接字.注意:在防火墙软件明确阻止 127.0.0.1,禁止主机与自身通话的情况下,函数可能失败.

除了 evutil_make_socket_closeonexec()由 2.0.4-alpha 版本引入外,这些函数都由 1.4.0-alpha 版本引入.

9. 4 可移植的字符串操作函数

接口

```
ev_int64_t evutil_strtoll(const char* s, char ** endptr, int base);
```

这个函数与 strtol 行为相同,只是用于 64 位整数.在某些平台上,仅支持十进制.

接口

```
int evutil_snprintf(char* buf, size_t buflen, const char * format, ...);
int evutil_vsnprintf(char* buf, size_t buflen, const char * format, va_list ap);
```

这些 snprintf 替代函数的行为与标准 snprintf 和 vsnprintf 接口相同. 函数返回在缓冲区足够长的情况下将写入的字节数,不包括结尾的 NULL 字节. (这个行为遵循 C99 的 snprintf()标准,但与 Windows 的_snprintf()相反:如果字符串无法放入缓冲区,_snprintf()会返回负数)

evutil_strtoll()从 1.4.2-rc 版本就存在了,其他函数首次出现在 1.4.5 版本中.

9.5 区域无关的字符串操作函数

实现基于 ASCII 的协议时,可能想要根据字符类型的 ASCII 记号来操作字符串,而不管当前的区域设置.libevent 为此提供了一些函数:

接口

```
int evutil_ascii_strcasecmp(const char* str1, const char * str2);
int evutil_ascii_strncasecmp(const char* str1, const char * str2, size_t n);
```

这些函数与 strcasecmp()和 strncasecmp()的行为类似,只是它们总是使用 ASCII 字符集进行比较,而不管当前的区域设置.这两个函数首次在 2.0.3-alpha 版本出现.

9.6IPv6 辅助和兼容性函数

接口

```
const char* evutil_inet_ntop(int af, const void * src, char * dst, size_t len);
int evutil_inet_pton(int af, const char* src, void * dst);
```

这些函数根据 RFC 3493 的规定解析和格式化 IPv4 与 IPv6 地址,与标准 inet_ntop()和 inet_pton()函数行为相同. 要格式化 IPv4 地址, 调用 evutil_inet_ntop(), 设置 af 为 AF_INET ,src 指向 in_addr 结构体,dst 指向大小为 len 的字符缓冲区. 对于 IPv6 地址,af 应该是 AF_INET6,src 则指向 in6_addr 结构体.要解析 IP 地址,调用 evutil_inet_pton(),设置 af 为 AF_INET 或者 AF_INET6,src 指向要解析的字符串,dst 指向一个 in_addr 或者 in_addr6 结构体.失败时 evutil_inet_ntop()返回 NULL,成功时返回到 dst 的指针.成功时 evutil_inet_pton()返回 0,失败时返回-1.

接口

```
int evutil_parse_sockaddr_port(const char* str, struct sockaddr * out,int* outlen);
```

这个接口解析来自 str 的地址,将结果写入到 out 中.outlen 参数应该指向一个表示 out 中
可用字节数的整数;函数返回时这个整数将表示实际使用了的字节数.成功时函数返回 0,
失败时返回-1.函数识别下列地址格式:

- **[ipv6]**:port(如[ffff::]:80)
- ipv6:(如 ffff::)
- **[ipv6]**:(如[ffff::])
- **ipv4:port**:(如 1.2.3.4:80)

- **ipv4**:(如 1.2.3.4)

如果没有给出端口号,结果中的端口号将被设置为 0.

接口

```
int evutil_sockaddr_cmp(     const struct sockaddr* sa1,
                             const struct sockaddr* sa2,
                             int include_port);
```

evutil_sockaddr_cmp()函数比较两个地址, 如果 sa1 在 sa2 前面, 返回负数; 如果二者相等 ,则返回 0;如果 sa2 在 sa1 前面,则返回正数.函数可用于 AF_INET 和 AF_INET6 地址; 对于其他地址,返回值未定义.函数确保考虑地址的完整次序,但是不同版本中的次序可能不同.

如果 include_port 参数为 false,而两个地址只有端口号不同,则它们被认为是相等的.否则,具有不同端口号的地址被认为是不等的.

除 evutil_sockaddr_cmp()在 2.0.3-alpha 版本引入外,这些函数在 2.0.1-alpha 版本中引入.

9.7 结构体可移植函数

接口

```
#define evutil_offsetof(type, field) /* ...*/
```

跟标准 offsetof 宏一样,这个宏返回从 type 类型开始处到 field 字段的字节数.这个宏由 2.0.1-alpha 版本引入,但 2.0.3-alpha 版本之前是有 bug 的.

9.8 安全随机数发生器

很多应用(包括 evdns)为了安全考虑需要很难预测的随机数

接口

```
void evutil_secure_rng_get_bytes(void* buf, size_t n);
```

这个函数用随机数据填充 buf 处的 n 个字节.如果所在平台提供了 arc4random(),libevent 会使用这个函数.否则,libevent 会使用自己的 arc4random()实现,种子则来自操作系统的熵池(entropy pool)(Windows 中的 CryptGenRandom,其他平台中的/dev/urandom).

接口

```
int evutil_secure_rng_init(void);
void evutil_secure_rng_add_bytes(const char* dat, size_t datlen)
```

不需要手动初始化安全随机数发生器,但是如果要确认已经成功初始化,可以调用 evutil_secure_rng_init().函数会播种 RNG(如果没有播种过) ,并在成功时返回 0.函数返回-1 则表示 libevent 无法在操作系统中找到合适的熵源(source of entropy) ,如果不自己初始化 RNG,就无法安全使用 RNG 了.

如果程序运行在可能会放弃权限的环境中(比如说,通过执行 chroot()) ,在放弃权限前应该调用 evutil_secure_rng_init(). 可以调用 evutil_secure_rng_add_bytes()向熵池加入更多随机字节,但通常不需要这么做.这些函数是 2.0.4-alpha 版本引入的.

10.Bufferevent 概念和入门

很多时候,除了响应事件之外,应用还希望做一定的数据缓冲.比如说,写入数据的时候 ,
通常的运行模式是:

- 决定要向连接写入一些数据,把数据放入到缓冲区中
- 等待连接可以写入
- 写入尽量多的数据
- 记住写入了多少数据,如果还有更多数据要写入,等待连接再次可以写入

这种缓冲 IO 模式很通用,libevent 为此提供了一种通用机制,即 bufferevent.bufferevent 由一个底层的传输端口(如套接字) ,一个读取缓冲区和一个写入缓冲区组成.与通常的事件在底层传输端口已经就绪,可以读取或者写入的时候执行回调不同的是,bufferevent 在读取或者写入了足够量的数据之后调用用户提供的回调.有多种共享公用接口的 bufferevent 类型,编写本文时已存在以下类型:

- **基于套接字的 bufferevent**:使用 event_*接口作为后端,通过底层流式套接字发送或者接收数据的 bufferevent
- **异步 IO bufferevent**:使用 Windows IOCP 接口,通过底层流式套接字发送或者接收数据的 bufferevent(仅用于 Windows,试验中)
- **过滤型 bufferevent**:将数据传输到底层 bufferevent 对象之前,处理输入或者输出数据的 bufferevent:比如说,为了压缩或者转换数据.
- **成对的 bufferevent**:相互传输数据的两个 bufferevent.

注意: 截止 2.0.2-alpha 版, 这里列出的 bufferevent 接口还没有完全正交于所有的 bufferevent 类型.也就是说,下面将要介绍的接口不是都能用于所有 bufferevent 类型.libevent 开发者在未来版本中将修正这个问题.

也请注意:当前 bufferevent 只能用于像 TCP 这样的面向流的协议,将来才可能会支持像 UDP 这样的面向数据报的协议.

本节描述的所有函数和类型都在 event2/bufferevent.h 中声明.特别提及的关于 evbuffer 的函数声明在 event2/buffer.h 中,详细信息请参考下一章.

10.1Bufferevent 和 Evbuffer

每个 bufferevent 都有一个输入缓冲区和一个输出缓冲区, 它们的类型都是"struct evbuffer" .有数据要写入到 bufferevent 时,添加数据到输出缓冲区;bufferevent 中有数据供读取的时候,从输入缓冲区抽取(drain)数据.evbuffer 接口支持很多种操作,后面的章节将讨论这些操作.

10.2 回调和水位

每个 bufferevent 有两个数据相关的回调:一个读取回调和一个写入回调.默认情况下,从底层传输端口读取了任意量的数据之后会调用读取回调; 输出缓冲区中足够量的数据被清空到底层传输端口后写入回调会被调用.通过调整 bufferevent 的读取和写入"水位(watermarks)"可以覆盖这些函数的默认行为.

每个 bufferevent 有四个水位:

- **读取低水位**: 读取操作使得输入缓冲区的数据量在此级别或者更高时, 读取回调将被调用.默认值为 0,所以每个读取操作都会导致读取回调被调用.
- **读取高水位**:输入缓冲区中的数据量达到此级别后,bufferevent 将停止读取,直到输入缓冲区中足够量的数据被抽取,使得数据量低于此级别.默认值是无限,所以永远不会因为输入缓冲区的大小而停止读取.
- **写入低水位**: 写入操作使得输出缓冲区的数据量达到或者低于此级别时, 写入回调将被调用.默认值是 0,所以只有输出缓冲区空的时候才会调用写入回调.
- **写入高水位**:bufferevent 没有直接使用这个水位.它在 bufferevent 用作另外一个 bufferevent 的底层传输端口时有特殊意义.请看后面关于过滤型 bufferevent 的介绍.

bufferevent 也有"错误"或者"事件"回调, 用于向应用通知非面向数据的事件, 如连接已经关闭或者发生错误.定义了下列事件标志:

- **BEV_EVENT_READING**:读取操作时发生某事件,具体是哪种事件请看其他标志.
- **BEV_EVENT_WRITING**:写入操作时发生某事件,具体是哪种事件请看其他标志.
- **BEV_EVENT_ERROR**:操作时发生错误.关于错误的更多信息,请调用 EVUTIL_SOCKET_ERROR().
- **BEV_EVENT_TIMEOUT**:发生超时.
- **BEV_EVENT_EOF**:遇到文件结束指示.
- **BEV_EVENT_CONNECTED**:请求的连接过程已经完成.

上述标志由 2.0.2-alpha 版新引入.

10.3 延迟回调

默认情况下,bufferevent 的回调在相应的条件发生时立即被执行. (evbuffer 的回调也是这样的,随后会介绍)在依赖关系复杂的情况下,这种立即调用会制造麻烦.比如说,假如某个回调在 evbufferA 空的时候向其中移入数据, 而另一个回调在 evbufferA 满的时候从中取出数据.这些调用都是在栈上发生的,在依赖关系足够复杂的时候,有栈溢出的风险.

要解决此问题,可以请求 bufferevent(或者 evbuffer)延迟其回调.条件满足时,延迟回调不会立即调用,而是在 event_loop()调用中被排队,然后在通常的事件回调之后执行.

延迟回调由 libevent 2.0.1-alpha 版引入.

10.4Bufferevent 的选项标志

创建 bufferevent 时可以使用一个或者多个标志修改其行为.可识别的标志有:

- **BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE**:释放 bufferevent 时关闭底层传输端口.这将关闭底层套接字,释放底层 bufferevent 等.
- **BEV_OPT_THREADSAFE**:自动为 bufferevent 分配锁,这样就可以安全地在多个线程中使用 bufferevent.
- **BEV_OPT_DEFER_CALLBACKS:**设置这个标志时,bufferevent 延迟所有回调,如上所述.
- **BEV_OPT_UNLOCK_CALLBACKS**:默认情况下,如果设置 bufferevent 为线程安全的,则 bufferevent 会在调用用户提供的回调时进行锁定.设置这个选项会让 libevent 在执行回调的时候不进行锁定.

BEV_OPT_UNLOCK_CALLBACKS 由 2.0.5-beta 版引入,其他选项由 2.0.1-alpha 版引入.

10.5 与套接字的 Bufferevent 一起工作

基于套接字的 bufferevent 是最简单的,它使用 libevent 的底层事件机制来检测底层网络套接字是否已经就绪,可以进行读写操作,并且使用底层网络调用(如 readv、writev、WSASend、WSARecv)来发送和接收数据.

10.5.1 创建基于套接字的 Eventbuffer

可以使用 bufferevent_socket_new()创建基于套接字的 bufferevent.

接口

```
struct bufferevent* bufferevent_socket_new(struct event_base
                                           * base,
                                           evutil_socket_t fd,
                                           enum bufferevent_options options);
```

base 是 event_base, options 是表示 bufferevent 选项 (BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE 等)的位掩码,fd 是一个可选的表示套接字的文件描述符.如果想以后设置文件描述符,可以设置 fd 为-1.

提示

你提供给 bufferevent_socket_new() 的套接字务必是非阻塞模式,为此 LibEvent 提供了便利的方法 evutil_make_socket_nonblocking.

成功时函数返回一个 bufferevent,失败则返回 NULL.

bufferevent_socket_new()函数由 2.0.1-alpha 版新引入.

10.5.2 在套接字的 Bufferevent 上启动连接

如果 bufferevent 的套接字还没有连接上,可以启动新的连接.

接口

```
int bufferevent_socket_connect(      struct bufferevent* bev,
                                     struct sockaddr* address,
                                     int addrlen);
```

address 和 addrlen 参数跟标准调用 connect()的参数相同.如果还没有为 bufferevent 设置套接字,调用函数将为其分配一个新的流套接字,并且设置为非阻塞的.

如果已经为 bufferevent 设置套接字,调用 bufferevent_socket_connect()将告知 libevent 套接字还未连接,直到连接成功之前不应该对其进行读取或者写入操作.

连接完成之前可以向输出缓冲区添加数据.

如果连接成功启动,函数返回 0,错误则返回-1.

示例

```
#include <event2/event.h>
#include <event2/bufferevent.h>
#include <sys/socket.h>
#include <string.h>
void eventcb(struct bufferevent* bev, short events, void * ptr)
{
        if (events & BEV_EVENT_CONNECTED)
        {
        /* We’re connected to 127.0.0.1:8080. Ordinarily we’d do
        something here, like start reading or writing.*/
        }
        else if (events & BEV_EVENT_ERROR)
        {
        /* An error occured while connecting.*/
        }
}
int main_loop(void)
{
        struct event_base* base;
        struct bufferevent* bev;
        struct sockaddr_in sin;
        base = event_base_new();
        memset(&sin, 0, sizeof(sin));
        sin.sin_family = AF_INET;
        sin.sin_addr.s_addr = htonl(0x7f000001); /* 127.0.0.1*/
        sin.sin_port = htons(8080); /* Port 8080*/
        bev = bufferevent_socket_new(base, -1, BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
        bufferevent_setcb(bev, NULL, NULL, eventcb, NULL);
        if (bufferevent_socket_connect(bev,
                                    (struct sockaddr* )&sin,
                                    sizeof(sin)) < 0)
        {
                /* Error starting connection*/
                bufferevent_free(bev);
                return -1;
        }
        event_base_dispatch(base);
        return 0;
}
```

bufferevent_socket_connect()函数由 2.0.2-alpha 版引入.在此之前,必须自己手动在套接字上调用 connect(),连接完成时,bufferevent 将报告写入事件.

注意:如果使用 bufferevent_socket_connect()发起连接,将只会收到 BEV_EVENT_CONNECTED 事件.如果自己调用 connect(),则连接上将被报告为写入事件.

这个函数在 2.0.2-alpha 版引入.

10.5.3 通过主机名启动连接

常常需要将解析主机名和连接到主机合并成单个操作,libevent 为此提供下面的接口.

接口

```
int bufferevent_socket_connect_hostname(    struct bufferevent* bev,
                                            struct evdns_base* dns_base,
                                            int family,
                                            const char * hostname,
                                            int port);
int bufferevent_socket_get_dns_error(struct bufferevent* bev);
```

这个函数解析名字 hostname,查找其 family 类型的地址(允许的地址族类型有 AF_INET,AF_INET6 和 AF_UNSPEC) .如果名字解析失败,函数将调用事件回调,报告错误事件.如果解析成功,函数将启动连接请求,就像 bufferevent_socket_connect()一样.

dns_base 参数是可选的:如果为 NULL,等待名字查找完成期间调用线程将被阻塞,而这通常不是期望的行为;如果提供 dns_base 参数,libevent 将使用它来异步地查询主机名.关于 DNS 的更多信息,请看第九章.

跟 bufferevent_socket_connect()一样,函数告知 libevent,bufferevent 上现存的套接字还没有连接,在名字解析和连接操作成功完成之前,不应该对套接字进行读取或者写入操作.

函数返回的错误可能是 DNS 主机名查询错误, 可以调用 bufferevent_socket_get_dns_error()来获取最近的错误.返回值 0 表示没有检测到 DNS 错误.

示例:简单的 httpV0 客户端

```
/* Don't actually copy this code: it is a poor way to implement an
HTTP client. Have a look at evhttp instead.*/
#include <event2/dns.h>
#include <event2/bufferevent.h>
#include <event2/buffer.h>
#include <event2/util.h>
#include <event2/event.h>
#include <stdio.h>
void readcb(struct bufferevent* bev, void * ptr)
{
        char buf[1024];
        int n;
        struct evbuffer* input = bufferevent_get_input(bev);
        while ((n = evbuffer_remove(input, buf, sizeof(buf))) > 0)
                {
                        fwrite(buf, 1, n, stdout);
                }
}
void eventcb(struct bufferevent* bev, short events, void * ptr)
{
        if (events & BEV_EVENT_CONNECTED)
        {
                printf("Connect okay.\n");
        }
        else if (events & (BEV_EVENT_ERROR|BEV_EVENT_EOF))
```

```
        {
                struct event_base* base = ptr;
                if (events & BEV_EVENT_ERROR)
                {
                        int err = bufferevent_socket_get_dns_error(bev);
                        if (err)
                        printf("DNS error: %s\n", evutil_gai_strerror(err));
                }
                printf("Closing\n");
                bufferevent_free(bev);
                event_base_loopexit(base, NULL);
        }
}
int main(int argc, char** argv)
{
        struct event_base* base;
        struct evdns_base* dns_base;
        struct bufferevent* bev;if (argc != 3)
        {
                printf("Trivial HTTP 0.x client\n"
                "Syntax: %s [hostname] [resource]\n"
                "Example: %s www.google.com /\n",argv[0],argv[0]);
                return 1;
        }
        base = event_base_new();
        dns_base = evdns_base_new(base, 1);
        bev = bufferevent_socket_new(base, -1, BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
        bufferevent_setcb(bev, readcb, NULL, eventcb, base);
        bufferevent_enable(bev, EV_READ|EV_WRITE);
        evbuffer_add_printf(bufferevent_get_output(bev), "GET %s\r\n", argv[2]);
        bufferevent_socket_connect_hostname(bev, dns_base, AF_UNSPEC, argv[1], 80);
        event_base_dispatch(base);
        return 0;
}
```

10.6 通用 Bufferevent 操作

本节描述的函数可用于多种 bufferevent 实现.

10.6.1 释放 Bufferevent

接口

```
void bufferevent_free(struct bufferevent* bev);
```

这个函数释放 bufferevent.bufferevent 内部具有引用计数,所以,如果释放 bufferevent 时还有未决的延迟回调,则在回调完成之前 bufferevent 不会被删除.

如果设置了 BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE 标志, 并且 bufferevent 有一个套接字或者底层 bufferevent 作为其传输端口,则释放 bufferevent 将关闭这个传输端口.

这个函数由 libevent 0.8 版引入.

10.6.2 操作回调、水位、启用、禁用

接口

```
typedef void ( * bufferevent_data_cb)(struct bufferevent* bev, void * ctx);
typedef void ( * bufferevent_event_cb)(struct bufferevent* bev,
              short events, void* ctx);
void bufferevent_setcb(struct bufferevent* bufev,
                       bufferevent_data_cb readcb,
                       bufferevent_data_cb writecb,
                       bufferevent_event_cb eventcb,
                       void* cbarg);
void bufferevent_getcb(struct bufferevent* bufev,
                       bufferevent_data_cb* readcb_ptr,
                       bufferevent_data_cb* writecb_ptr,
                       bufferevent_event_cb* eventcb_ptr,
                       void** cbarg_ptr);
```

bufferevent_setcb()函数修改 bufferevent 的一个或者多个回调. readcb、 writecb 和 eventcb 函数将分别在已经读取足够的数据、已经写入足够的数据,或者发生错误时被调用.每个回调函数的第一个参数都是发生了事件的 bufferevent , 最后一个参数都是调用 bufferevent_setcb()时用户提供的 cbarg 参数:可以通过它向回调传递数据. 事件回调的 events 参数是一个表示事件标志的位掩码:请看前面的"回调和水位"节.

要禁用回调, 传递 NULL 而不是回调函数. 注意: bufferevent 的所有回调函数共享单个 cbarg ,所以修改它将影响所有回调函数.

这个函数由 1.4.4 版引入.类型名 bufferevent_data_cb 和 bufferevent_event_cb 由 2.0.2-alpha 版引入.

接口

```
void bufferevent_enable(struct bufferevent* bufev, short events);
void bufferevent_disable(struct bufferevent* bufev, short events);
short bufferevent_get_enabled(struct bufferevent* bufev);
```

可以启用或者禁用 bufferevent 上的 EV_READ、EV_WRITE 或者 EV_READ | EV_WRITE 事件.没有启用读取或者写入事件时,bufferevent 将不会试图进行数据读取或者写入.

没有必要在输出缓冲区空时禁用写入事件:bufferevent 将自动停止写入,然后在有数据等待写入时重新开始.

类似地,没有必要在输入缓冲区高于高水位时禁用读取事件:bufferevent 将自动停止读取 ,然后在有空间用于读取时重新开始读取.

默认情况下,新创建的 bufferevent 的写入是启用的,但是读取没有启用.可以调用 bufferevent_get_enabled()确定 bufferevent 上当前启用的事件.

除了 bufferevent_get_enabled()由 2.0.3-alpha 版引入外,这些函数都由 0.8 版引入.

接口

```
void bufferevent_setwatermark(struct bufferevent* bufev,
                              short events,size_t lowmark,
```

```
                                size_t highmark);
```

bufferevent_setwatermark()函数调整单个 bufferevent 的读取水位、写入水位,或者同时调整二者. (如果 events 参数设置了 EV_READ, 调整读取水位. 如果 events 设置了 EV_WRITE 标志,调整写入水位)对于高水位,0 表示"无限".这个函数首次出现在 1.4.4 版.

接口

```
#include <event2/event.h>
#include <event2/bufferevent.h>
#include <event2/buffer.h>
#include <event2/util.h>
#include <stdlib.h>
#include <errno.h>
#include <string.h>
struct info
{
	const char* name;
	size_t total_drained;
};
void read_callback(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
	struct info* inf = ctx;
	struct evbuffer* input = bufferevent_get_input(bev);
	size_t len = evbuffer_get_length(input);
	if (len)
	{
		inf->total_drained += len;
		evbuffer_drain(input, len);
		printf("Drained %lu bytes from %s\n",
		(unsigned long) len, inf->name);
	}
}
void event_callback(struct bufferevent* bev, short events, void * ctx)
{
	struct info* inf = ctx;
	struct evbuffer* input = bufferevent_get_input(bev);
	int finished = 0;
	if (events & BEV_EVENT_EOF)
	{
		size_t len = evbuffer_get_length(input);
		printf("Got a close from %s. We drained %lu bytes from it, "
				"and have %lu left.\n",
				inf->name,
				(unsigned long)inf->total_drained,
				(unsigned long)len);
		finished = 1;
	}
	if (events & BEV_EVENT_ERROR)
	{
		printf("Got an error from %s: %s\n",
		inf->name, evutil_socket_error_to_string(EVUTIL_SOCKET_ERROR()));
		finished = 1;
	}
	if (finished)
```

```
        {
                free(ctx);
                bufferevent_free(bev);
        }
}
struct bufferevent* setup_bufferevent(void)
{
        struct bufferevent* b1 = NULL;
        struct info* info1;
        info1 = malloc(sizeof(struct info));
        info1->name = "buffer 1";
        info1->total_drained = 0;
        /* ... Here we should set up the bufferevent and make sure it
                 getsconnected...*/
        /* Trigger the read callback only whenever there is at least
                128 bytesof data in the buffer.*/
        bufferevent_setwatermark(b1, EV_READ, 128, 0);
        bufferevent_setcb(b1, read_callback, NULL, event_callback, info1);
        bufferevent_enable(b1, EV_READ); /*Start reading.*/
        return b1;
}
```

10.6.3 操作 Bufferevent 中的数据

如果只是通过网络读取或者写入数据,而不能观察操作过程,是没什么好处的.bufferevent 提供了下列函数用于观察要写入或者读取的数据.

接口

```
struct evbuffer* bufferevent_get_input(struct bufferevent * bufev);
struct evbuffer* bufferevent_get_output(struct bufferevent * bufev);
```

这两个函数提供了非常强大的基础:它们分别返回输入和输出缓冲区.关于可以对 evbuffer 类型进行的所有操作的完整信息,请看下一章.

如果写入操作因为数据量太少而停止(或者读取操作因为太多数据而停止) ,则向输出缓冲区添加数据(或者从输入缓冲区移除数据)将自动重启操作.

这些函数由 2.0.1-alpha 版引入.

接口

```
int bufferevent_write(struct bufferevent* bufev,
                      const void* data,
                      size_t size);
int bufferevent_write_buffer(struct bufferevent* bufev,
                             struct evbuffer* buf);
```

这些函数向 bufferevent 的输出缓冲区添加数据.bufferevent_write()将内存中从 data 处开始的 size 字节数据添加到输出缓冲区的末尾.bufferevent_write_buffer()移除 buf 的所有内容,将其放置到输出缓冲区的末尾.成功时这些函数都返回 0,发生错误时则返回-1.

这些函数从 0.8 版就存在了.

接口

```
size_t bufferevent_read(struct bufferevent* bufev, void * data, size_t size);
int bufferevent_read_buffer(struct bufferevent* bufev,struct evbuffer* buf);
```

这些函数从 bufferevent 的输入缓冲区移除数据.bufferevent_read()至多从输入缓冲区移除 size 字节的数据,将其存储到内存中 data 处.函数返回实际移除的字节数.bufferevent_read_buffer()函数抽空输入缓冲区的所有内容,将其放置到 buf 中,成功时返回 0,失败时返回-1.

注意,对于 bufferevent_read(),data 处的内存块必须有足够的空间容纳 size 字节数据.

bufferevent_read()函数从 0.8 版就存在了;bufferevnet_read_buffer()由 2.0.1-alpha 版引入

接口

```
#include <event2/bufferevent.h>
#include <event2/buffer.h>
#include <ctype.h>
void read_callback_uppercase(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
	/* This callback removes the data from bev's input buffer 128
	bytes at a time, uppercases it, and starts sending it
	back.(Watch out! In practice, you shouldn't use toupper to implement
	a network protocol, unless you know for a fact that the current
	locale is the one you want to be using.)*/
	char tmp[128];
	size_t n;
	int i;
	while (1)
	{
		n = bufferevent_read(bev, tmp, sizeof(tmp));
		if (n <= 0)
			break; /* No more data.*/
		for (i=0; i<n; ++i)
			tmp[i] = toupper(tmp[i]);
		bufferevent_write(bev, tmp, n);
	}
}
struct proxy_info
{
	struct bufferevent* other_bev;
};
void read_callback_proxy(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
	/* You might use a function like this if you're implementing
	a simple proxy: it will take data from one connection (on
	bev), and write it to another, copying as little as possible.*/
	struct proxy_info* inf = ctx;
	bufferevent_read_buffer(bev,
	bufferevent_get_output(inf->other_bev));
}
```

```
struct count
{
        unsigned long last_fib[2];
};
void write_callback_fibonacci(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
        /* Here's a callback that adds some Fibonacci numbers to the
        output buffer of bev. It stops once we have added 1k of
        data; once this data is drained, we'll add more.
        */
        struct count* c = ctx;
        struct evbuffer* tmp = evbuffer_new();
        while (evbuffer_get_length(tmp) < 1024)
        {
                unsigned long next = c->last_fib[0] + c->last_fib[1];
                c->last_fib[0] = c->last_fib[1];
                c->last_fib[1] = next;
                evbuffer_add_printf(tmp, "%lu", next);
        }
        /* Now we add the whole contents of tmp to bev.*/
        bufferevent_write_buffer(bev, tmp);
        /* We don't need tmp any longer.*/
        evbuffer_free(tmp);
}
```

10.6.4 读写超时

跟其他事件一样, 可以要求在一定量的时间已经流逝, 而没有成功写入或者读取数据的时候调用一个超时回调.

接口

```
void bufferevent_set_timeouts(struct bufferevent* bufev,
const struct timeval* timeout_read, const struct timeval * timeout_write);
```

设置超时为 NULL 会移除超时回调.

试图读取数据的时候,如果至少等待了 timeout_read 秒,则读取超时事件将被触发.试图写入数据的时候,如果至少等待了 timeout_write 秒,则写入超时事件将被触发.

注意,只有在读取或者写入的时候才会计算超时.也就是说,如果 bufferevent 的读取被禁止,或者输入缓冲区满(达到其高水位) ,则读取超时被禁止.类似的,如果写入被禁止,或者没有数据待写入,则写入超时被禁止.

读取或者写入超时发生时,相应的读取或者写入操作被禁止,然后超时事件回调被调用,带有标志 BEV_EVENT_TIMEOUT | BEV_EVENT_READING 或者 BEV_EVENT_TIMEOUT |BEV_EVENT_WRITING.

这个函数从 2.0.1-alpha 版就存在了, 但是直到 2.0.4-alpha 版才对于各种 bufferevent 类型行为一致.

10.6.5 对 Bufferevent 发起清空操作

清空 bufferevent 要求 bufferevent 强制从底层传输端口读取或者写入尽可能多的数据, 而忽略其他可能保持数据不被写入的限制条件. 函数的细节功能依赖于 bufferevent 的具体类型.

iotype 参数应该是 EV_READ、 EV_WRITE 或者 EV_READ | EV_WRITE, 用于指示应该处理读取、写入,还是二者都处理.state 参数可以是 BEV_NORMAL、BEV_FLUSH 或者 BEV_FINISHED.BEV_FINISHED 指示应该告知另一端,没有更多数据需要发送了;而 BEV_NORMAL 和 BEV_FLUSH 的区别依赖于具体的 bufferevent 类型.

失败时 bufferevent_flush()返回-1,如果没有数据被清空则返回 0,有数据被清空则返回 1.

当前(2.0.5-beta 版)仅有一些 bufferevent 类型实现了 bufferevent_flush().特别是,基于套接字的 bufferevent 没有实现.

10.7 类型特定的 Bufferevent 函数

这些 bufferevent 函数不能支持所有 bufferevent 类型.

接口

```
int bufferevent_priority_set(struct bufferevent* bufev, int pri);
int bufferevent_get_priority(struct bufferevent* bufev);
```

这个函数调整 bufev 的优先级为 pri.关于优先级的更多信息请看 event_priority_set().

成功时函数返回 0,失败时返回-1.这个函数仅能用于基于套接字的 bufferevent.

这个函数由 1.0 版引入.

接口

```
int bufferevent_setfd(struct bufferevent* bufev, evutil_socket_t fd);
evutil_socket_t bufferevent_getfd(struct bufferevent* bufev);
```

这些函数设置或者返回基于 fd 的事件的文件描述符.只有基于套接字的 bufferevent 支持 setfd().两个函数都在失败时返回-1;setfd()成功时返回 0.

bufferevent_setfd()函数由 1.4.4 版引入;bufferevent_getfd()函数由 2.0.2-alpha 版引入.

接口

```
struct event_base* bufferevent_get_base(struct bufferevent * bev);
```

这个函数返回 bufferevent 的 event_base,由 2.0.9-rc 版引入.

接口

```
struct bufferevent* bufferevent_get_underlying(struct bufferevent * bufev);
```

这个函数返回作为 bufferevent 底层传输端口的另一个 bufferevent.关于这种情况,请看关于过滤型 bufferevent 的介绍.

这个函数由 2.0.2-alpha 版引入.

10.8 手动锁定和解锁

有时候需要确保对 bufferevent 的一些操作是原子地执行的.为此,libevent 提供了手动锁定和解锁 bufferevent 的函数

接口

```
void bufferevent_lock(struct bufferevent* bufev);
void bufferevent_unlock(struct bufferevent* bufev);
```

注意:如果创建 bufferevent 时没有指定 BEV_OPT_THREADSAFE 标志,或者没有激活
libevent 的线程支持,则锁定操作是没有效果的.
用这个函数锁定 bufferevent 将自动同时锁定相关联的 evbuffer.这些函数是递归的:锁定
已经持有锁的 bufferevent 是安全的.当然,对于每次锁定都必须进行一次解锁.
这些函数由 2.0.6-rc 版引入.

10.9 已废弃的 Bufferevent 功能

从 1.4 到 2.0 版,bufferevent 的后端代码一直在进行修订.在老的接口中,访问 bufferevent 结构体的内部是很平常的,并且还会使用依赖于这种访问的宏.

更复杂的是,老的代码有时候将"evbuffer"前缀用于 bufferevent 功能.

这里有一个在 2.0 版之前使用过的东西的概要:

当前名称	旧版名称
bufferevent_data_cb	evbuffercb
ufferevent_event_cb	everrorcb
BEV_EVENT_READING	EVBUFFER_READ
BEV_EVENT_WRITE	EVBUFFER_WRITE
BEV_EVENT_EOF	EVBUFFER_EOF
EVBUFFER_EOF	EVBUFFER_ERROR
BEV_EVENT_TIMEOUT	EVBUFFER_TIMEOUT
bufferevent_get_input(b)	EVBUFFER_INPUT(b)
EVBUFFER_INPUT(b)	EVBUFFER_OUTPUT(b)

老的函数定义在 event.h 中,而不是在 event2/bufferevent.h 中.

如果仍然需要访问 bufferevent 结构体内部的某些公有部分,可以包含 event2/bufferevent_struct.h.但是不建议这么做:不同版本的 Libevent 中 bufferevent 结构体的内容可能会改变.本节描述的宏和名字只有在包含了 event2/bufferevent_compat.h 时才能使用.

较老版本中用于设置 bufferevent 的接口有所不同:

接口

```
struct bufferevent* bufferevent_new(evutil_socket_t fd,
                                    evbuffercb readcb,
                                    evbuffercb writecb,
                                    everrorcb errorcb,
                                    void* cbarg);
int bufferevent_base_set(    struct event_base* base,
                             struct bufferevent * bufev);
```

bufferevent_new() 函数仅仅在已经废弃的"默认"event_base 上创建一个套接字 bufferevent.调用 bufferevent_base_set()可以调整套接字 bufferevent 的 event_base.

较老版本不使用 timeval 结构体设置超时,而是使用秒数:

接口

```
void bufferevent_settimeout( struct bufferevent* bufev,
                             int timeout_read,
                             int timeout_write);
```

最后要指出的是, 2.0 之前版本中的 evbuffer 实现是极其低效的,这对将 bufferevent 用于高性能应用是一个问题.

注意

在 LibEvent1.4.4 之前用<=或>=与 timercmp 一起使用是不安全的.

11.高级话题

本章描述 bufferevent 的一些对通常使用不必要的高级特征.如果只想学习如何使用 bufferevent,可以跳过这一章,直接阅读下一章.

11.1 成对的 Bufferevent

有时候网络程序需要与自身通信.比如说,通过某些协议对用户连接进行隧道操作的程序 ,有时候也需要通过同样的协议对自身的连接进行隧道操作. 当然, 可以通过打开一个到自身监听端口的连接,让程序使用这个连接来达到这种目标.但是,通过网络栈来与自身通信比较浪费资源.

替代的解决方案是,创建一对成对的 bufferevent.这样,写入到一个 bufferevent 的字节都被另一个接收(反过来也是) , 但是不需要使用套接字.

接口

```
int bufferevent pair new(struct event base* base, int options,struct bufferevent*
pair[2]);
```

调用 bufferevent_pair_new()会设置 pair[0]和 pair[1]为一对相互连接的 bufferevent.除了 BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE 无效、 BEV_OPT_DEFER_CALLBACKS 总是打开的之外 ,所有通常的选项都是支持的.

为什么 bufferevent 对需要带延迟回调运行？通常某一方上的操作会调用一个通知另一方的回调,从而调用另一方的回调,如此这样进行很多步.如果不延迟回调,这种调用链常常会导致栈溢出或者饿死其他连接,而且还要求所有的回调是可重入的.

成对的 bufferevent 支持 flush:设置模式参数为 BEV_NORMAL 或者 BEV_FLUSH 会强制要求所有相关数据从对中的一个 bufferevent 传输到另一个中,而忽略可能会限制传输的水位设置.增加 BEV_FINISHED 到模式参数中还会让对端的 bufferevent 产生 EOF 事件.

释放对中的任何一个成员不会自动释放另一个,也不会产生 EOF 事件.释放仅仅会使对中的另一个成员成为断开的.bufferevent 一旦断开,就不能再成功读写数据或者产生任何事件了.

接口

```
struct bufferevent* bufferevent_pair_get_partner(struct bufferevent * bev)
```

有时候在给出了对的一个成员时,需要获取另一个成员,这时候可以使用 bufferevent_pair_get_partner().如果 bev 是对的成员,而且对的另一个成员仍然存在,函数将返回另一个成员;否则,函数返回 NULL.

bufferevent 对由 2.0.1-alpha 版本引入,而 bufferevent_pair_get_partner()函数由 2.0.6 版本引入.

11.2 过滤 Bufferevent

有时候需要转换传递给某 bufferevent 的所有数据,这可以通过添加一个压缩层,或者将协议包装到另一个协议中进行传输来实现.

接口

```
enum bufferevent_filter_result
{
        BEV_OK = 0,
        BEV_NEED_MORE = 1,
        BEV_ERROR = 2
};
typedef enum bufferevent_filter_result ( * bufferevent_filter_cb)(
                        struct evbuffer* source,
                        struct evbuffer * destination,
                        ev_ssize_t dst_limit,
                        enum bufferevent_flush_mode mode,
                        void* ctx);
struct bufferevent* bufferevent_filter_new(struct bufferevent * underlying,
                        bufferevent_filter_cb input_filter,
                        bufferevent_filter_cb output_filter,
                        int options,
                        void ( * free_context)(void* ),
                        void* ctx);
```

bufferevent_filter_new()函数创建一个封装现有的"底层"bufferevent 的过滤 bufferevent .所有通过底层 bufferevent 接收的数据在到达过滤 bufferevent 之前都会经过"输入"过滤器的转换;所有通过底层 bufferevent 发送的数据在被发送到底层 bufferevent 之前都会经过"输出"过滤器的转换.

向底层 bufferevent 添加过滤器将替换其回调函数.可以向底层 bufferevent 的 evbuffer 添加回调函数,但是如果想让过滤器正确工作,就不能再设置 bufferevent 本身的回调函数.input_filter 和 output_filter 函数将随后描述.options 参数支持所有通常的选项.如果设置了 BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE , 那 么 释 放 过 滤 bufferevent 也 会 同 时 释 放 底 层 bufferevent.ctx 参数是传递给过滤函数的任意指针;如果提供了 free_context,则在释放 ctx 之前它会被调用.

底层输入缓冲区有数据可读时, 输入过滤器函数会被调用; 过滤器的输出缓冲区有新的数据待写入时,输出过滤器函数会被调用.两个过滤器函数都有一对 evbuffer 参数:从 source 读取数据;向 destination 写入数据,而 dst_limit 参数描述了可以写入 destination 的字节数上限.过滤器函数可以忽略这个参数,但是这样可能会违背高水位或者速率限制.如果 dst_limit 是-1,则没有限制.mode 参数向过滤器描述了写入的方式.值 BEV_NORMAL 表
示应该在方便转换的基础上写入尽可能多的数据;而 BEV_FLUSH 表示写入尽可能多的数据;BEV_FINISHED 表示过滤器函数应该在流的末尾执行额外的清理操作.最后,过滤器函数的 ctx 参数就是传递给 bufferevent_filter_new()函数的指针(ctx 参数) .

如果成功向目标缓冲区写入了任何数据,过滤器函数应该返回 BEV_OK;如果不获得更多的输入,或者不使用不同的清空(flush)模式,就不能向目标缓冲区写入更多的数据,则应该返回 BEV_NEED_MORE;如果过滤器上发生了不可恢复的错误,则应该返 回 BEV_ERROR.

创建过滤器将启用底层 bufferevent 的读取和写入.随后就不需要自己管理读取和写入了:过滤器在不想读取的时候会自动挂起底层 bufferevent 的读取.从 2.0.8-rc 版本开始,可以在过滤器之外独立地启用/禁用底层 bufferevent 的读取和写入.然而,这样可能会让过滤器不能成功取得所需要的数据.

不需要同时指定输入和输出过滤器: 没有给定的过滤器将被一个不进行数据转换的过滤器取代.

11.3 限制最大单个读写大小

默认情况下 bufferevent 不会在每次调用循环的时候读写达到最大的字节数,这样会导致怪异行为和资源缺乏,然而另一方面来讲,默认的设置可能不会满足所有情况.

接口

```
int bufferevent_set_max_single_read(struct bufferevent* bev, size_t size);
int bufferevent_set_max_single_write(struct bufferevent* bev, size_t size);
ev_ssize_t bufferevent_get_max_single_read(struct bufferevent* bev);
ev_ssize_t bufferevent_get_max_single_write(struct bufferevent* bev);
```

这两个"set"函数各分别代替了当前读和写的最大数,如果 *size* 的值为 0 或者大于 EV_SSIZE_MAX,将会以最大值来代替默认值.函数成功返回 0,失败返回-1.

这两个"get"函数分别返回当前每次 loop 循环读和写的最大数.

函数首次加入是在 LibEvent-2.1.1-alpha 版本.

11.4Bufferevent 和速率限制

某些程序需要限制单个或者一组 bufferevent 使用的带宽. 2.0.4-alpha 和 2.0.5-alpha 版本添加了为单个或者一组 bufferevent 设置速率限制的基本功能.

11.4.1 速率限制模型

libevent 的速率限制使用记号存储器(token bucket)算法确定在某时刻可以写入或者读取多少字节. 每个速率限制对象在任何给定时刻都有一个"读存储器(read bucket)"和一个"写存储器(write bucket)",其大小决定了对象可以立即读取或者写入多少字节.每个存储器有一个填充速率,一个最大突发尺寸,和一个时间单位,或者说"滴答(tick)".一个时间单位流逝后,存储器被填充一些字节(决定于填充速率)——但是如果超过其突发尺寸, 则超出的字节会丢失.

因此, 填充速率决定了对象发送或者接收字节的最大平均速率, 而突发尺寸决定了在单次突
发中可以发送或者接收的最大字节数;时间单位则确定了传输的平滑程度.

11.4.2 为 Bufferevent 设置速率限制

接口

```
#define EV_RATE_LIMIT_MAX EV_SSIZE_MAX
struct ev_token_bucket_cfg;
struct ev_token_bucket_cfg* ev_token_bucket_cfg_new(
               size_t read_rate,
               size_t read_burst,
               size_t write_rate,
               size_t write_burst,
               const struct timeval
               * tick_len);
void ev_token_bucket_cfg_free(struct ev_token_bucket_cfg* cfg);
int bufferevent_set_rate_limit(struct bufferevent* bev,
                     struct ev_token_bucket_cfg* cfg);
```

ev_token_bucket_cfg 结构体代表用于限制单个或者一组 bufferevent 的一对记号存储器的配置值.要创建 ev_token_bucket_cfg,调用 ev_token_bucket_cfg_new 函数,提供最大平均读取速率、 最大突发读取量、 最大平均写入速率、 最大突发写入量, 以及一个滴答的长度 .如果 tick_len 参数为 NULL,则默认的滴答长度为一秒.如果发生错误, 函数会返回 NULL.

注意:read_rate 和 write_rate 参数的单位是字节每滴答.也就是说,如果滴答长度是十分之一秒,read_rate 是 300,则最大平均读取速率是 3000 字节每秒.此外,不支持大于 EV_RATE_LIMIT_MAX 的速率或者突发量.

要限制 bufferevent 的传输速率 , 使用一个 ev_token_bucket_cfg , 对其调用 bufferevent_set_rate_limit() .成功时函数返回 0,失败时返回-1.可以对任意数量的 bufferevent 使用相同的 ev_token_bucket_cfg . 要移除速率限制 , 可以调用 bufferevent_set_rate_limit() ,传递 NULL 作为 cfg 参数值.

调用 ev_token_bucket_cfg_free() 可以释放 ev_token_bucket_cfg. 注意 : 当前在没有任何 bufferevent 使用 ev_token_bucket_cfg 之前进行释放是不安全的.

11.4.3 为一组 Eventbuffer 设置速率限制

如果要限制一组 bufferevent 总的带宽使用,可以将它们分配到一个速率限制组中.

接口

```
struct bufferevent_rate_limit_group;
struct bufferevent_rate_limit_group* bufferevent_rate_limit_group_new(
                              struct event_base* base,
                              const struct ev_token_bucket_cfg* cfg);
int bufferevent_rate_limit_group_set_cfg(
                              struct bufferevent_rate_limit_group* group,
                              const struct ev_token_bucket_cfg* cfg);
void bufferevent_rate_limit_group_free(struct bufferevent_rate_limit_group* );
int bufferevent_add_to_rate_limit_group(struct bufferevent* bev,
                              struct bufferevent_rate_limit_group* g);
int bufferevent_remove_from_rate_limit_group(struct bufferevent* bev);
```

要创建速率限制组,使用一个 event_base 和一个已经初始化的 ev_token_bucket_cfg 作为参数调用 bufferevent_rate_limit_group_new 函数.使用 bufferevent_add_to_rate_limit_group 将 bufferevent 添加到组中;使用 bufferevent_remove_from_rate_limit_group 从组中删除 bufferevent.这些函数成功时返回 0,失败时返回-1.

单个 bufferevent 在某时刻只能是一个速率限制组的成员.bufferevent 可以同时有单独的速率限制(通过 bufferevent_set_rate_limit 设置)和组速率限制.设置了这两个限制时,对每个 bufferevent,较低的限制将被应用.

调用 bufferevent_rate_limit_group_set_cfg 修改组的速率限制.函数成功时返回 0,失败时返回-1.bufferevent_rate_limit_group_free 函数释放速率限制组,移除所有成员.

在 2.0 版本中,组速率限制试图实现总体的公平,但是具体实现可能在小的时间范围内并不公平.如果你强烈关注调度的公平性,请帮助提供未来版本的补丁.

11.4.4 检查当前速率限制

有时候需要得知应用到给定 bufferevent 或者组的速率限制,为此,libevent 提供了函数:

接口

```
ev_ssize_t bufferevent_get_read_limit(struct bufferevent* bev);
ev_ssize_t bufferevent_get_write_limit(struct bufferevent* bev);
ev_ssize_t bufferevent_rate_limit_group_get_read_limit(
                              struct bufferevent_rate_limit_group* );
ev_ssize_t bufferevent_rate_limit_group_get_write_limit(
                              struct bufferevent_rate_limit_group* );
```

上述函数返回以字节为单位的 bufferevent 或者组的读写记号存储器大小.注意:如果 bufferevent 已经被强制超过其配置(清空(flush)操作就会这样),则这些值可能是负数.

接口

```
ev_ssize_t bufferevent_get_max_to_read(struct bufferevent* bev);
```

```
ev_ssize_t bufferevent_get_max_to_write(struct bufferevent* bev);
```

这些函数返回在考虑了应用到 bufferevent 或者组(如果有)的速率限制,以及一次最大读写数据量的情况下,现在可以读或者写的字节数.

接口

```
void bufferevent_rate_limit_group_get_totals(
                      struct bufferevent_rate_limit_group* grp,
                      ev_uint64_t* total_read_out,
                      ev_uint64_t * total_written_out);

void bufferevent_rate_limit_group_reset_totals(
                      struct bufferevent_rate_limit_group* grp);
```

每个 bufferevent_rate_limit_group 跟踪经过其发送的总的字节数,这可用于跟踪组中所有 bufferevent 总的使用情况.对一个组调用 bufferevent_rate_limit_group_get_totals 会分别设置 total_read_out 和 total_written_out 为组的总读取和写入字节数.组创建的时候这些计数从 0 开始,调用 bufferevent_rate_limit_group_reset_totals 会复位计数为 0.

11.4.5 手动调整速率限制

对于有复杂需求的程序,可能需要调整记号存储器的当前值.比如说,如果程序不通过使用 bufferevent 的方式产生一些通信量时.

接口

```
int bufferevent_decrement_read_limit(struct bufferevent* bev, ev_ssize_t decr);
int bufferevent_decrement_write_limit(struct bufferevent* bev, ev_ssize_t decr);
int bufferevent_rate_limit_group_decrement_read(
                      struct bufferevent_rate_limit_group* grp,
                      ev_ssize_t decr);
int bufferevent_rate_limit_group_decrement_write(
                      struct bufferevent_rate_limit_group* grp,
                      ev_ssize_t decr);
```

这些函数减小某个 bufferevent 或者速率限制组的当前读或者写存储器.注意:减小是有符=号的.如果要增加存储器,就传入负值.

11.4.6 设置速率限制组的最小可能共享

通常,不希望在每个滴答中为速率限制组中的所有 bufferevent 平等地分配可用的字节.比如说, 有一个含有 10000 个活动 bufferevent 的速率限制组, 它在每个滴答中可以写入 10000 字节,那么,因为系统调用和 TCP 头部的开销,让每个 bufferevent 在每个滴答中仅写入 1 节是低效的.

为解决此问题,速率限制组有一个"最小共享(minimum share)"的概念.在上述情况下 ,不是允许每个 bufferevent 在每个滴答中写入 1 字节, 而是在每个滴答中允许某个 bufferevent 写入一些(最小共享)字节,而其余的 bufferevent 将不允许写入.允许哪个 bufferevent 写入将在每个滴答中随机选择.

默认的最小共享值具有较好的性能,当前(2.0.6-rc 版本)其值为 64.可以通过这个函数调

整最小共享值:

接口

```
int bufferevent_rate_limit_group_set_min_share(
                      struct bufferevent_rate_limit_group* group,
                      size_t min_share);
```

设置 min_share 为 0 将会完全禁止最小共享.速率限制功能从引入开始就具有最小共享了,而修改最小共享的函数在 2.0.6-rc 版本首次引入.

11.4.7 速率限制实现的限制

2.0 版本的 libevent 的速率限制具有一些实现上的限制:

- 不是每种 bufferevent 类型都良好地或者说完整地支持速率限制.bufferevent 速率限制组不能嵌套, 一个 bufferevent 在某时刻只能属于一个速率限制组.
- 速率限制实现仅计算 TCP 分组传输的数据,不包括 TCP 头部.
- 读速率限制实现依赖于 TCP 栈通知应用程序仅仅以某速率消费数据,并且在其缓冲区满的时候将数据推送到 TCP 连接的另一端.
- 某些 bufferevent 实现(特别是 Windows 中的 IOCP 实现)可能调拨过度.
- 存储器开始于一个滴答的通信量.这意味着 bufferevent 可以立即开始读取或者写入,而不用等待一个滴答的时间. 但是这也意味着速率被限制为 N.1 个滴答的 bufferevent 可能传输 N+1 个滴答的通信量.
- 滴答不能小于 1 毫秒,毫秒的小数部分都被忽略.

11.5Bufferevent 和 SSL

bufferevent 可以使用 OpenSSL 库实现 SSL/TLS 安全传输层.因为很多应用不需要或者不想链接 OpenSSL,这部分功能在单独的 libevent_openssl 库中实现.未来版本的 libevent 可能会添加其他 SSL/TLS 库,如 NSS 或者 GnuTLS,但是当前只有 OpenSSL.

OpenSSL 功能在 2.0.3-alpha 版本引入,然而直到 2.0.5-beta 和 2.0.6-rc 版本才能良好工作.

这一节不包含对 OpenSSL、SSL/TLS 或者密码学的概述.

这一节描述的函数都在 event2/bufferevent_ssl.h 中声明.

11.5.1 创建和使用基于 SSL 的 Bufferevent

接口

```
enum bufferevent_ssl_state
{
   BUFFEREVENT_SSL_OPEN = 0,
   BUFFEREVENT_SSL_CONNECTING = 1,
   BUFFEREVENT_SSL_ACCEPTING = 2
};
struct bufferevent*bufferevent_openssl_filter_new(struct event_base* base,
                              struct bufferevent* underlying,
                              SSL* ssl,
                              enum bufferevent_ssl_state state,
```

```
                                int options);
struct bufferevent*bufferevent_openssl_socket_new(struct event_base* base,
                                evutil_socket_t fd,
                                SSL* ssl,
                                enum bufferevent_ssl_state state,
                                int options);
```

可以创建两种类型的 SSL bufferevent:基于过滤器的、在另一个底层 bufferevent 之上进行通信的 buffervent;或者基于套接字的、直接使用 OpenSSL 进行网络通信的 bufferevent .这两种 bufferevent 都要求提供 SSL 对象及其状态描述.如果 SSL 当前作为客户端在进行协商,状态应该是 BUFFEREVENT_SSL_CONNECTING;如果作为服务器在进行协商,则 是 BUFFEREVENT_SSL_ACCEPTING ; 如 果 SSL 握 手 已 经 完 成 , 则 状 态 是 BUFFEREVENT_SSL_OPEN.

接受通常的选项.BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE 表示在关闭 openssl bufferevent 对象的时候同时关闭 SSL 对象和底层 fd 或者 bufferevent.

创建基于套接字的 bufferevent 时,如果 SSL 对象已经设置了套接字,就不需要提供套接字了:只要传递-1 就可以.也可以随后调用 bufferevent_setfd()来设置.

示例

```
SSL* ctx = bufferevent_openssl_get_ssl(bev);

/*SSL_RECEIVED_SHUTDOWN tells SSL_shutdown to act as if we had already
*received a close notify from the other end. SSL_shutdown will then
*send the final close notify in reply. The other end will receive the
*close notify and send theirs. By this time, we will have already
*closed the socket and the other end's real close notify will never be
*received. In effect, both sides will think that they have completed a
*clean shutdown and keep their sessions valid. This strategy will fail
*if the socket is not ready for writing, in which case this hack will
*lead to an unclean shutdown and lost session on the other end.*/

SSL_set_shutdown(ctx, SSL_RECEIVED_SHUTDOWN);
SSL_shutdown(ctx);
bufferevent_free(bev);
```

接口

```
SSL* bufferevent_openssl_get_ssl(struct bufferevent * bev);
```

这个函数返回 OpenSSL bufferevent 使用的 SSL 对象.如果 bev 不是一个基于 OpenSSL 的 bufferevent,则返回 NULL.

接口

```
unsigned long bufferevent_get_openssl_error(struct bufferevent* bev);
```

这个函数返回给定 bufferevent 的第一个未决的 OpenSSL 错误;如果没有未决的错误,则返回 0.错误值的格式与 openssl 库中的 ERR_get_error()返回的相同.

接口

```
int bufferevent_ssl_renegotiate(struct bufferevent* bev);
```

调用这个函数要求 SSL 重新协商,bufferevent 会调用合适的回调函数.这是个高级功能 ,通常应该避免使用,除非你确实知道自己在做什么,特别是有些 SSL 版本具有与重新协商相关的安全问题.

接口

```
int bufferevent_openssl_get_allow_dirty_shutdown(struct bufferevent* bev);
void bufferevent_openssl_set_allow_dirty_shutdown(struct bufferevent* bev,
                                int allow_dirty_shutdown);
```

SSL 协议的优秀版本(SSLV3 和 TLS 版本)支出一个经过验证的关闭操作,可以区分故意关闭或者恶意诱导终止缓冲.默认情况下我们将连接上的适当关闭之外的都做为错误处理,如果 allow_dirty_shutdown 标志设置为 1,则认为连接关闭是 BEV_EVENT_EOF.
allow_dirty_shutdown 首次被加入到 LibEvent 是在 2.1.1-alpha 版本.

示例

```
/* Simple echo server using OpenSSL bufferevents*/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <openssl/ssl.h>
#include <openssl/err.h>
#include <openssl/rand.h>
#include <event.h>
#include <event2/listener.h>
#include <event2/bufferevent_ssl.h>

static void ssl_readcb(struct bufferevent*bev, void*arg)
{
        struct evbuffer
        * in = bufferevent_get_input(bev);
        printf("Received %zu bytes\n", evbuffer_get_length(in));
        printf("----- data ----\n");
        printf("%. * s\n", (int)evbuffer_get_length(in), evbuffer_pullup(in, -1));
        bufferevent_write_buffer(bev, in);
}

static void ssl_acceptcb(struct evconnlistener* serv,
                                int sock, struct sockaddr * sa,
                                int sa_len, void* arg)
{
        struct event_base* evbase;
        struct bufferevent* bev;
        SSL_CTX* server_ctx;
        SSL* client_ctx;
        server_ctx = (SSL_CTX* )arg;
        client_ctx = SSL_new(server_ctx);
        evbase = evconnlistener_get_base(serv);
        bev = bufferevent_openssl_socket_new(evbase, sock, client_ctx,
        BUFFEREVENT_SSL_ACCEPTING,
```

```
        BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
        bufferevent_enable(bev, EV_READ);
        bufferevent_setcb(bev, ssl_readcb, NULL, NULL, NULL);
}

static SSL_CTX*evssl_init(void)
{
        SSL_CTX* server_ctx;
        /* Initialize the OpenSSL library*/
        SSL_load_error_strings();
        SSL_library_init();
        /* We MUST have entropy, or else there's no point to crypto.*/
        if (!RAND_poll())
                return NULL;
        server_ctx = SSL_CTX_new(SSLv23_server_method());
        if (! SSL_CTX_use_certificate_chain_file(server_ctx, "cert") ||
        ! SSL_CTX_use_PrivateKey_file(server_ctx, "pkey", SSL_FILETYPE_PEM))
        {
                puts("Couldn't read 'pkey' or 'cert' file. To generate a key\n"
                "and self-signed certificate, run:\n"
                " openssl genrsa -out pkey 2048\n"
                " openssl req -new -key pkey -out cert.req\n"
                " openssl x509 -req -days 365 -in cert.req -signkey pkey -out cert");
                return NULL;
        }
        SSL_CTX_set_options(server_ctx, SSL_OP_NO_SSLv2);
        return server_ctx;
}

int main(int argc, char** argv)
{
        SSL_CTX* ctx;
        struct evconnlistener* listener;
        struct event_base* evbase;
        struct sockaddr_in sin;
        memset(&sin, 0, sizeof(sin));
        sin.sin_family = AF_INET;
        sin.sin_port = htons(9999);
        sin.sin_addr.s_addr = htonl(0x7f000001); /* 127.0.0.1*/
        ctx = evssl_init();
        if (ctx == NULL)
        return 1;
        evbase = event_base_new();
        listener = evconnlistener_new_bind(evbase,
                        ssl_acceptcb,
                        (void* )ctx,
                        LEV_OPT_CLOSE_ON_FREE | LEV_OPT_REUSEABLE,
                        1024,
                        (struct sockaddr* )&sin,
                        sizeof(sin));
        event_base_loop(evbase, 0);
        evconnlistener_free(listener);
        SSL_CTX_free(ctx);
        return 0;
}
```

11.5.2 线程和 OpenSSL 的一些说明

LibEvent 的线程建造机制将不包括 OpenSSL 锁定.由于 OpenSSL 使用无数的全局变量,必须配置 OpenSSL 是线程安全的,虽然这个过程是 LibEvent 范围外的事,这一话题足以引起讨论.

示例:让 OpenSSL 线程安全的简单示例

```
/ *Please refer to OpenSSL documentation to verify you are doing this correctly,
*Libevent does not guarantee this code is the complete picture, but to be used
*only as an example.* /
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <pthread.h>
#include <openssl/ssl.h>
#include <openssl/crypto.h>
pthread_mutex_t*ssl_locks;
int ssl_num_locks;
/* Implements a thread-ID function as requied by openssl*/
static unsigned long get_thread_id_cb(void)
{
        return (unsigned long)pthread_self();
}
static void thread_lock_cb(int mode, int which, const char*f, int l)
{
        if (which < ssl_num_locks)
        {
                if (mode & CRYPTO_LOCK)
                {
                        pthread_mutex_lock(&(ssl_locks[which]));
                }
                else
                {
                        pthread_mutex_unlock(&(ssl_locks[which]));
                }
        }
}
int init_ssl_locking(void)
{
        int i;
        ssl_num_locks = CRYPTO_num_locks();
        ssl_locks = malloc(ssl_num_locks*sizeof(pthread_mutex_t));
        if (ssl_locks == NULL)
                return -1;
        for (i = 0; i < ssl_num_locks; i++)
        {
                pthread_mutex_init(&(ssl_locks[i]), NULL);
        }
        CRYPTO_set_id_callback(get_thread_id_cb);
        CRYPTO_set_locking_callback(thread_lock_cb);
        return 0;
}
```

12.Evbuffer IO 实用功能

LibEvent 的 bufferevent 实现了向后添加数据和前面移除数据的优化字节序列.evbuffer 用于处理完了 IO 的缓冲部分.它不提供调度 IO 或当 IO 就绪时触发 IO 的功能:这就是 bufferevent 所做的事.

除了特定说明外,本章的函数定义在<event2/buffer.h>中.

12.1 创建或释放一个 Bvbuffer

接口

```
struct evbuffer* evbuffer_new(void);
void evbuffer_free(struct evbuffer* buf);
```

这些函数应该相当清晰:evbuffer_new()分配了一个空的 evbuffer,evbuffer_free()删除一个或全部的内容.

这些函数自从 LibEvent0.8 就存在.

12.2Evbuffer 和线程安全

接口

```
int evbuffer_enable_locking(struct evbuffer* buf, void * lock);
void evbuffer_lock(struct evbuffer* buf);
void evbuffer_unlock(struct evbuffer* buf);
```

默认情况下多线程同时访问一个 evbuffer 是不安全的,如果非得这样,可以为 evbuffer 调用 evbuffer_enable_locking()默认情况下,在多个线程中同时访问 evbuffer 是不安全的.如果需要这样的访问,可以调用 evbuffer_enable_locking() .如果 lock 参数为 NULL , libevent 会使用 evthread_set_lock_creation_callback 提供的锁创建函数创建一个锁. 否则, libevent 将 lock 参数用作锁.

evbuffer_lock()和 evbuffer_unlock()函数分别请求和释放 evbuffer 上的锁.可以使用这两个函数让一系列操作是原子的.如果 evbuffer 没有启用锁,这两个函数不做任何操作.(注意:对于单个操作,不需要调用 evbuffer_lock()和 evbuffer_unlock():如果 evbuffer 启用了锁,单个操作就已经是原子的.只有在需要多个操作连续执行,不让其线程介入的时候,才需要手动锁定 evbuffer)

这些函数都在 2.0.1-alpha 版本中引入.

12.3 检查 Evbuffer

接口

```
size_t evbuffer_get_length(const struct evbuffer* buf);
```

这个函数返回 evbuffer 存储的字节数,它在 2.0.1-alpha 版本中引入.

接口

```
size_t evbuffer_get_contiguous_space(const struct evbuffer* buf);
```

这个函数返回连续地存储在 evbuffer 前面的字节数. evbuffer 中的数据可能存储在多个分隔开的内存块中,这个函数返回当前第一个块中的字节数.

这个函数在 2.0.1-alpha 版本引入.

12.4 向 Evbuffer 添加数据:基础

接口

```
int evbuffer_add(struct evbuffer* buf, const void * data, size_t datlen);
```

这个函数添加 data 处的 datalen 字节到 buf 的末尾,成功时返回 0,失败时返回-1.

接口

```
int evbuffer_add_printf(struct evbuffer* buf, const char * fmt, ...)
int evbuffer_add_vprintf(struct evbuffer* buf, const char * fmt, va_list ap);
```

这些函数添加格式化的数据到 buf 末尾.格式参数和其他参数的处理分别与 C 库函数 printf 和 vprintf 相同.函数返回添加的字节数.

接口

```
int evbuffer_expand(struct evbuffer* buf, size_t datlen);
```

这个函数修改缓冲区的最后一块,或者添加一个新的块,使得缓冲区足以容纳 datlen 字节 ,而不需要更多的内存分配.

示例

```
/* Here are two ways to add "Hello world 2.0.1" to a buffer.*/
/* Directly:*/
evbuffer_add(buf, "Hello world 2.0.1", 17);
/* Via printf:*/
evbuffer_add_printf(buf, "Hello %s %d.%d.%d", "world", 2, 0, 1);
```

evbuffer_add()和 evbuffer_add_printf()函数在 libevent 0.8 版本引入;evbuffer_expand()首次出现在 0.9 版本,而 evbuffer_add_printf()首次出现在 1.1 版本.

12.5 将数据从一个 Evbuffer 移动到另一个

为提高效率,libevent 具有将数据从一个 evbuffer 移动到另一个的优化函数.

接口

```
int evbuffer_add_buffer(struct evbuffer* dst, struct evbuffer * src);
int evbuffer_remove_buffer(  struct evbuffer* src,
```

```
                                struct evbuffer * dst,
                                size_t datlen);
```

evbuffer_add_buffer()将 src 中的所有数据移动到 dst 末尾,成功时返回 0,失败时返回-1.

evbuffer_remove_buffer()函数从 src 中移动 datlen 字节到 dst 末尾,尽量少进行复制.如果字节数小于 datlen,所有字节被移动.函数返回移动的字节数.

evbuffer_add_buffer()在 0.8 版本引入;evbuffer_remove_buffer()是 2.0.1-alpha 版本新增加的.

12.6 添加数据到 Evbuffer 的前面

接口

```
int evbuffer_prepend(struct evbuffer* buf, const void * data, size_t size);
int evbuffer_prepend_buffer(struct evbuffer* dst, struct evbuffer *src);
```

除了将数据移动到目标缓冲区前面之外,这两个函数的行为分别与 evbuffer_add()和 evbuffer_add_buffer()相同.
使用这些函数时要当心,永远不要对与 bufferevent 共享的 evbuffer 使用.这些函数是 2.0.1-alpha 版本新添加的.

12.7 重新排列 Evbuffer 的内部布局

有时候需要取出 evbuffer 前面的 N 字节,将其看作连续的字节数组.要做到这一点,首先必须确保缓冲区的前面确实是连续的.

接口

```
unsigned char* evbuffer_pullup(struct evbuffer * buf, ev_ssize_t size);
```

evbuffer_pullup()函数"线性化"buf 前面的 size 字节,必要时将进行复制或者移动,以保证这些字节是连续的,占据相同的内存块.如果 size 是负的,函数会线性化整个缓冲区.如果 size 大于缓冲区中的字节数,函数返回 NULL.否则,evbuffer_pullup()返回指向 buf 中首字节的指针.

调用 evbuffer_pullup()时使用较大的 size 参数可能会非常慢, 因为这可能需要复制整个缓冲区的内容.

示例

```
#include <event2/buffer.h>
#include <event2/util.h>
#include <string.h>
int parse_socks4(struct evbuffer* buf, ev_uint16_t * port, ev_uint32_t * addr)
{
        /* Let's parse the start of a SOCKS4 request! The format is easy:
        *1 byte of version, 1 byte of command, 2 bytes destport, 4 bytes of
        *destip.*/
        unsigned char* mem;
        mem = evbuffer_pullup(buf, 8);
        if (mem == NULL)
        {
                /* Not enough data in the buffer*/
```

```
                return 0;
        }
        else if (mem[0] != 4 || mem[1] != 1)
        {
                /* Unrecognized protocol or command*/
                return -1;
        }
        else
        {
                memcpy(port, mem+2, 2);
                memcpy(addr, mem+4, 4);
                * port = ntohs( * port);
                * addr = ntohl( * addr);
                /* Actually remove the data from the buffer now that we know we
                like it.*/
                evbuffer_drain(buf, 8);
                return 1;
        }
}
```

提示使用 evbuffer_get_contiguous_space()返回的值作为尺寸值调用 evbuffer_pullup()不会导致任何数据复制或者移动.

evbuffer_pullup()函数由 2.0.1-alpha 版本新增加: 先前版本的 libevent 总是保证 evbuffer 中的数据是连续的,而不计开销.

12.8 从 evbuffer 移除数据

接口

```
int evbuffer_drain(struct evbuffer* buf, size_t len);
int evbuffer_remove(struct evbuffer* buf, void * data, size_t datlen);
```

evbuffer_remove()函数从 buf 前面复制和移除 datlen 字节到 data 处的内存中.如果可用字节少于 datlen,函数复制所有字节.失败时返回-1,否则返回复制了的字节数.

evbuffer_drain()函数的行为与 evbuffer_remove()相同,只是它不进行数据复制:而只是将数据从缓冲区前面移除.成功时返回 0,失败时返回-1.

evbuffer_drain()由 0.8 版引入,evbuffer_remove()首次出现在 0.9 版.

12.9 从 Evbuffer 中复制出数据

有时候需要获取缓冲区前面数据的副本,而不清除数据.比如说,可能需要查看某特定类型的记录是否已经完整到达,而不清除任何数据(像 evbuffer_remove 那样) ,或者在内部重新排列缓冲区(像 evbuffer_pullup 那样) .

接口

```
ev_ssize_t evbuffer_copyout(struct evbuffer* buf, void * data, size_t datlen);
ev_ssize_t evbuffer_copyout_from(struct evbuffer* buf,
```

```
                                const struct evbuffer_ptr* pos,
                                void* data_out, size_t datlen);
```

evbuffer_copyout()的行为与 evbuffer_remove()相同,但是它不从缓冲区移除任何数据. 也就是说, 它从 buf 前面复制 datlen 字节到 data 处的内存中. 如果可用字节少于 datlen ,函数会复制所有字节.失败时返回-1,否则返回复制的字节数.如果从缓冲区复制数据太慢,可以使用 evbuffer_peek()

示例

```
#include <event2/buffer.h>
#include <event2/util.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdlib.h>
int get_record(struct evbuffer* buf, size_t * size_out, char ** record_out)
{
        /*Let’s assume that we’re speaking some protocol where records
        contain a 4-byte size field in network order, followed by that
        number of bytes. We will return 1 and set the ’out’ fields if we
        have a whole record, return 0 if the record isn’t here yet, and
        -1 on error.*/
        size_t buffer_len = evbuffer_get_length(buf);
        ev_uint32_t record_len;
        char* record;
        if (buffer_len < 4)
                return 0; /* The size field hasn’t arrived.*/
        /* We use evbuffer_copyout here so that the size field will stay on
        the buffer for now.*/
        evbuffer_copyout(buf, &record_len, 4);
        /* Convert len_buf into host order.*/
        record_len = ntohl(record_len);
        if (buffer_len < record_len + 4)
                return 0; /* The record hasn’t arrived*/
        /* Okay, _now_ we can remove the record.*/
        record = malloc(record_len);
        if (record == NULL)
                return -1;
        evbuffer_drain(buf, 4);
        evbuffer_remove(buf, record, record_len);
        * record_out = record;
        * size_out = record_len;
        return 1;
}
```

12.10 面向行的输入

接口

```
enum evbuffer_eol_style
{
    EVBUFFER_EOL_ANY,
    EVBUFFER_EOL_CRLF,
    EVBUFFER_EOL_CRLF_STRICT,
    EVBUFFER_EOL_LF,
    EVBUFFER_EOL_NUL
```

```
};
char* evbuffer_readln(struct evbuffer * buffer,
                      size_t * n_read_out,
                      enum evbuffer_eol_style eol_style);
```

很多互联网协议使用基于行的格式.evbuffer_readln()函数从 evbuffer 前面取出一行,用一个新分配的空字符结束的字符串返回这一行.如果 n_read_out 不是 NULL,则它被设置为返回的字符串的字节数. 如果没有整行供读取, 函数返回空. 返回的字符串不包括行结束符.

evbuffer_readln()理解 4 种行结束格式:

- **EVBUFFER_EOL_LF:**行尾是单个换行符(也就是\n,ASCII 值是 0x0A)
- **EVBUFFER_EOL_CRLF_STRICT:**行尾是一个回车符,后随一个换行符(也就是\r\n,ASCII 值是 0x0D 0x0A)
- **EVBUFFER_EOL_CRLF:**行尾是一个可选的回车,后随一个换行符(也就是说,可以是\r\n 或者\n) .这种格式对于解析基于文本的互联网协议很有用,因为标准通常要求\r\n 的行结束符,而不遵循标准的客户端有时候只使用\n.
- **EVBUFFER_EOL_ANY:**行尾是任意数量、任意次序的回车和换行符.这种格式不是特别有用.它的存在主要是为了向后兼容.

注意如果使用 event_se_mem_functions()覆盖默认的 malloc,则 evbuffer_readln 返回的字符串将由你指定的 malloc 替代函数分配.

示例

```
char* request_line;
size_t len;
request_line = evbuffer_readln(buf, &len, EVBUFFER_EOL_CRLF);
if (!request_line)
{
        /* The first line has not arrived yet.*/
}
else
{
        if (!strncmp(request_line, "HTTP/1.0 ", 9))
        {
        /* HTTP 1.0 detected ...*/
        }
        free(request_line);
}
```

evbuffer_readln()接口在 1.4.14-stable 及以后版本中可用.

12.11 在 Evbuffer 中搜索

evbuffer_ptr 结构体指示 evbuffer 中的一个位置,包含可用于在 evbuffer 中迭代的数据.

接口

```
struct evbuffer_ptr
{
        ev_ssize_t pos;
        struct
        {
```

```
                /* internal fields*/
        } _internal;
};
```

pos 是唯一的公有字段,用户代码不应该使用其他字段.pos 指示 evbuffer 中的一个位置 ,以到开始处的偏移量表示.

接口

```
struct evbuffer_ptr evbuffer_search(struct evbuffer* buffer,
                                    const char* what,
                                    size_t len,
                                    const struct evbuffer_ptr * start);
struct evbuffer_ptr evbuffer_search_range(struct evbuffer* buffer,
                                    const char* what, size_t len,
                                    const struct evbuffer_ptr * start,
                                    const struct evbuffer_ptr* end);
struct evbuffer_ptr evbuffer_search_eol(struct evbuffer* buffer,
                                    struct evbuffer_ptr* start,
                                    size_t * eol_len_out,
                                    enum evbuffer_eol_style eol_style);
```

evbuffer_search()函数在缓冲区中查找含有 len 个字符的字符串 what. 函数返回包含字符串位置,或者在没有找到字符串时包含-1 的 evbuffer_ptr 结构体.如果提供了 start 参数,则从指定的位置开始搜索;否则,从开始处进行搜索.

evbuffer_search_range()函数和 evbuffer_search 行为相同,只是它只考虑在 end 之前出现的 what.

evbuffer_search_eol()函数像 evbuffer_readln()一样检测行结束,但是不复制行,而是返回指向行结束符的 evbuffer_ptr. 如果 eol_len_out 非空,则它被设置为 EOL 字符串长度

接口

```
enum evbuffer_ptr_how
{
        EVBUFFER_PTR_SET,
        EVBUFFER_PTR_ADD
};
int evbuffer_ptr_set( struct evbuffer* buffer,
                      struct evbuffer_ptr * pos,
                      size_t position,
                      enum evbuffer_ptr_how how);
```

evbuffer_ptr_set 函数操作 buffer 中的位置 pos.如果 how 等于 EVBUFFER_PTR_SET,指针被移动到缓冲区中的绝对位置 position;如果等于 EVBUFFER_PTR_ADD,则向前移动 position 字节.成功时函数返回 0,失败时返回-1.

示例

```
#include <event2/buffer.h>
#include <string.h>
/* Count the total occurrences of ’ str’ in ’ buf’.*/
int count_instances(struct evbuffer* buf, const char * str)
{
        size_t len = strlen(str);
        int total = 0;
```

```
        struct evbuffer_ptr p;
        if (!len)
                /* Don't try to count the occurrences of a 0-length string.*/
                return -1;
        evbuffer_ptr_set(buf, &p, 0, EVBUFFER_PTR_SET);
        while (1)
        {
                p = evbuffer_search(buf, str, len, &p);
                if (p.pos < 0)
                        break;
                total++;
                evbuffer_ptr_set(buf, &p, 1, EVBUFFER_PTR_ADD);
        }
        return total;
}
```

警告任何修改 evbuffer 或者其布局的调用都会使得 evbuffer_ptr 失效,不能再安全地使用.这些接口是 2.0.1-alpha 版本新增加的.

12.12 检测数据而不复制

有时候需要读取 evbuffer 中的数据而不进行复制(像 evbuffer_copyout()那样) ,也不重新排列内部内存布局(像 evbuffer_pullup()那样) .有时候可能需要查看 evbuffer 中间的数据.

接口

```
struct evbuffer_iovec
{
        void* iov_base;
        size_t iov_len;
};
int evbuffer_peek(    struct evbuffer* buffer,
                      ev_ssize_t len,
                      struct evbuffer_ptr* start_at,
                      struct evbuffer_iovec* vec_out,
                      int n_vec);
```

调用 evbuffer_peek()的时候,通过 vec_out 给定一个 evbuffer_iovec 数组,数组的长度是 n_vec.函数会让每个结构体包含指向 evbuffer 内部内存块的指针(iov_base)和块中数据长度.

如果 len 小于 0,evbuffer_peek()会试图填充所有 evbuffer_iovec 结构体.否则,函数会进行填充,直到使用了所有结构体,或者见到 len 字节为止.如果函数可以给出所有请求的数据,则返回实际使用的结构体个数;否则,函数返回给出所有请求数据所需的结构体个数.

如果 ptr 为 NULL,函数从缓冲区开始处进行搜索.否则,从 ptr 处开始搜索.

示例

```
{
        /* Let's look at the first two chunks of buf, and write them to stderr.*/
        int n, i;
        struct evbuffer_iovec v[2];
```

```
        n = evbuffer_peek(buf, -1, NULL, v, 2);
        for (i=0; i<n; ++i)
        { /* There might be less than two chunks available.*/
                fwrite(v[i].iov_base, 1, v[i].iov_len, stderr);
        }
}

{
        /* Let's send the first 4906 bytes to stdout via write.*/
        int n, i, r;
        struct evbuffer_iovec* v;
        size_t written = 0;
        /* determine how many chunks we need.*/
        n = evbuffer_peek(buf, 4096, NULL, NULL, 0);
        /* Allocate space for the chunks. This would be a good time to use
        alloca() if you have it.*/
        v = malloc(sizeof(struct evbuffer_iovec) * n);
        /* Actually fill up v.*/
        n = evbuffer_peek(buf, 4096, NULL, v, n);
        for (i=0; i<n; ++i)
        {
                size_t len = v[i].iov_len;
                if (written + len > 4096)
                        len = 4096 - written;
                r = write(1 /* stdout*/, v[i].iov_base, len);
                if (r<=0)
                        break;
                /* We keep track of the bytes written separately; if we don't,
                we may write more than 4096 bytes if the last chunk puts
                us over the limit.*/
                written += len;
        }
        free(v);
}

{
        /* Let's get the first 16K of data after the first occurrence of the
        string "start\n", and pass it to a consume() function.*/
        struct evbuffer_ptr ptr;
        struct evbuffer_iovec v[1];
        const char s[] = "start\n";
        int n_written;
        ptr = evbuffer_search(buf, s, strlen(s), NULL);
        if (ptr.pos == -1)
                return; /* no start string found.*/
        /* Advance the pointer past the start string.*/
        if (evbuffer_ptr_set(buf, &ptr, strlen(s), EVBUFFER_PTR_ADD) < 0)
        return; /* off the end of the string.*/
        while (n_written < 16 * 1024)
        {
                /* Peek at a single chunk.*/
                if (evbuffer_peek(buf, -1, &ptr, v, 1) < 1)
                        break;
                /* Pass the data to some user-defined consume function*/
                consume(v[0].iov_base, v[0].iov_len);
                n_written += v[0].iov_len;
```

```
                /* Advance the pointer so we see the next chunk next time.*/
                if (evbuffer_ptr_set(buf, &ptr, v[0].iov_len, EVBUFFER_PTR_ADD)<0)
                        break;
        }
}
```

注意修改 evbuffer_iovec 所指的数据会导致不确定的行为如果任何函数修改了 evbuffer,则 evbuffer_peek()返回的指针会失效如果在多个线程中使用 evbuffer，确保在调用 evbuffer_peek()之前使用 evbuffer_lock(),在使用完 evbuffer_peek()给出的内容之后进行解锁.

这个函数是 2.0.2-alpha 版本新增加的.

12.13 直接向 Evbuffer 添加数据

有时候需要能够直接向 evbuffer 添加数据,而不用先将数据写入到字符数组中,然后再使用 evbuffer_add()进行复制.有一对高级函数可以完成这种功能: evbuffer_reserve_space()和 evbuffer_commit_space().跟 evbuffer_peek()一样,这两个函数使用 evbuffer_iovec 结构体来提供对 evbuffer 内部内存的直接访问.

接口

```
int evbuffer_reserve_space(struct evbuffer* buf, ev_ssize_t size,
                           struct evbuffer_iovec* vec,
                           int n_vecs);
int evbuffer_commit_space(struct evbuffer* buf,
                           struct evbuffer_iovec* vec,
                           int n_vecs);
```

evbuffer_reserve_space()函数给出 evbuffer 内部空间的指针.函数会扩展缓冲区以至少提供 size 字节的空间.到扩展空间的指针,以及其长度,会存储在通过 vec 传递的向量数组中,n_vec 是数组的长度.

n_vec 的值必须至少是 1.如果只提供一个向量,libevent 会确保请求的所有连续空间都在单个扩展区中,但是这可能要求重新排列缓冲区,或者浪费内存.为取得更好的性能,应该至少提供 2 个向量.函数返回提供请求的空间所需的向量数.

写入到向量中的数据不会是缓冲区的一部分,直到调用 evbuffer_commit_space(),使得写入的数据进入缓冲区. 如果需要提交少于请求的空间, 可以减小任何 evbuffer_iovec 结构体的 iov_len 字段,也可以提供较少的向量.函数成功时返回 0,失败时返回-1.

提示和警告:

- 调用任何重新排列 evbuffer 或者向其添加数据的函数都将使从 evbuffer_reserve_space()获取的指针失效.
- 当前实现中,不论用户提供多少个向量,evbuffer_reserve_space()从不使用多于两个.未来版本可能会改变这一点.
- 如果在多个线程中使用 evbuffer,确保在调用 evbuffer_reserve_space()之前使用 evbuffer_lock()进行锁定,然后在提交后解除锁定

示例

```
/* Suppose we want to fill a buffer with 2048 bytes of output from a
generate_data() function, without copying.*/
```

```
struct evbuffer_iovec v[2];
int n, i;
size_t n_to_add = 2048;
/* Reserve 2048 bytes. */
n = evbuffer_reserve_space(buf, n_to_add, v, 2);
if (n<=0)
	return; /* Unable to reserve the space for some reason.*/
for (i=0; i<n && n_to_add > 0; ++i)
{
	size_t len = v[i].iov_len;
	if (len > n_to_add) /* Don't write more than n_to_add bytes.*/
		len = n_to_add;
	if (generate_data(v[i].iov_base, len) < 0)
	{
		/* If there was a problem during data generation, we can just stop
		here; no data will be committed to the buffer.*/
		return;
	}
	/* Set iov_len to the number of bytes we actually wrote, so we
	don't commit too much.*/
	v[i].iov_len = len;
}
/* We commit the space here. Note that we give it 'i' (the number of
vectors we actually used) rather than 'n' (the number of vectors we
had available.*/
if (evbuffer_commit_space(buf, v, i) < 0)
	return; /* Error committing*/
```

糟糕的示例

```
/* Here are some mistakes you can make with evbuffer_reserve().
DO NOT IMITATE THIS CODE.*/
struct evbuffer_iovec v[2];
{
	/* Do not use the pointers from evbuffer_reserve_space() after
	calling any functions that modify the buffer.*/
	evbuffer_reserve_space(buf, 1024, v, 2);
	evbuffer_add(buf, "X", 1);
	/* WRONG: This next line won't work if evbuffer_add needed to rearrange
	the buffer's contents. It might even crash your program. Instead,
	you add the data before calling evbuffer_reserve_space.*/
	memset(v[0].iov_base, 'Y', v[0].iov_len-1);
	evbuffer_commit_space(buf, v, 1);
}
{
	/* Do not modify the iov_base pointers.*/
	const char* data = "Here is some data";
	evbuffer_reserve_space(buf, strlen(data), v, 1);
	/* WRONG: The next line will not do what you want. Instead, you
	should _copy_ the contents of data into v[0].iov_base.*/
	v[0].iov_base = (char * ) data;
	v[0].iov_len = strlen(data);
	/* In this case, evbuffer_commit_space might give an error if you'relucky*/
	evbuffer_commit_space(buf, v, 1);
```

```
}
```

这个函数及其提出的接口从 2.0.2-alpha 版本就存在了.

12.14 使用 Evbuffer 的网络 IO

libevent 中 evbuffer 的最常见使用场合是网络 IO.将 evbuffer 用于网络 IO 的接口是:

接口

```
int evbuffer_write(struct evbuffer* buffer, evutil_socket_t fd);
int evbuffer_write_atmost(struct evbuffer* buffer, evutil_socket_t fd,
       ev_ssize_t howmuch);
int evbuffer_read(struct evbuffer* buffer, evutil_socket_t fd, int howmuch);
```

evbuffer_read()函数从套接字 fd 读取至多 howmuch 字节到 buffer 末尾. 成功时函数返回读取的字节数,0 表示 EOF,失败时返回-1.注意,错误码可能指示非阻塞操作不能立即成功 ,应该检查错误码 EAGAIN(或者 Windows 中的 WSAWOULDBLOCK) .如果 howmuch 为负,evbuffer_read()试图猜测要读取多少数据.

evbuffer_write_atmost()函数试图将 buffer 前面至多 howmuch 字节写入到套接字 fd 中.成功时函数返回写入的字节数,失败时返回-1.跟 evbuffer_read()一样,应该检查错误码, 看是真的错误,还是仅仅指示非阻塞 IO 不能立即完成.如果为 howmuch 给出负值,函数会试图写入 buffer 的所有内容.

调用 evbuffer_write()与使用负的 howmuch 参数调用 evbuffer_write_atmost()一样:函数会试图尽量清空 buffer 的内容.

在 Unix 中,这些函数应该可以在任何支持 read 和 write 的文件描述符上正确工作.在 Windows 中,仅仅支持套接字.注意,如果使用 bufferevent,则不需要调用这些函数,bufferevent 的代码已经为你调用了.

evbuffer_write_atmost()函数在 2.0.1-alpha 版本中引入.

12.15Evbuffer 和回调

evbuffer 的用户常常需要知道什么时候向 evbuffer 添加了数据,什么时候移除了数据.为支持这个,libevent 为 evbuffer 提高了通用回调机制

接口

```
struct evbuffer_cb_info
{
       size_t orig_size;
       size_t n_added;
       size_t n_deleted;
};
typedef void ( * evbuffer_cb_func)(struct evbuffer* buffer,
                              const struct evbuffer_cb_info* info,
                              void * arg);
```

向 evbuffer 添加数据,或者从中移除数据的时候,回调函数会被调用.函数收到缓冲区指针、一个 evbuffer_cb_info 结构体指针,和用户提供的参数.evbuffer_cb_info 结构体的 orig_size 字段指示缓冲区改变大小前的字节数,n_added 字段

指示向缓冲区添加了多少字节;n_deleted 字段指示移除了多少字节.

接口

```
struct evbuffer_cb_entry;
struct evbuffer_cb_entry* evbuffer_add_cb(struct evbuffer * buffer,
                                          evbuffer_cb_func cb,
                                          void* cbarg);
```

evbuffer_add_cb()函数为 evbuffer 添加一个回调函数,返回一个不透明的指针,随后可用于代表这个特定的回调实例.cb 参数是将被调用的函数,cbarg 是用户提供的将传给这个函数的指针.

可以为单个 evbuffer 设置多个回调,添加新的回调不会移除原来的回调.

示例

```
#include <event2/buffer.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
/* Here's a callback that remembers how many bytes we have drained in
total from the buffer, and prints a dot every time we hit a megabyte.*/
struct total_processed
{
        size_t n;
};
void count_megabytes_cb(struct evbuffer* buffer,
const struct evbuffer_cb_info* info, void * arg)
{
        struct total_processed* tp = arg;
        size_t old_n = tp->n;
        int megabytes, i;
        tp->n += info->n_deleted;
        megabytes = ((tp->n) >> 20) - (old_n >> 20);
        for (i=0; i<megabytes; ++i)
                putc('.', stdout);
}
void operation_with_counted_bytes(void)
{
        struct total_processed* tp = malloc(sizeof( * tp));
        struct evbuffer* buf = evbuffer_new();
        tp->n = 0;
        evbuffer_add_cb(buf, count_megabytes_cb, tp);
        /* Use the evbuffer for a while. When we're done:*/
        evbuffer_free(buf);
        free(tp);
}
```

注意:释放非空 evbuffer 不会清空其数据,释放 evbuffer 也不会为回调释放用户提供的数据指针.如果不想让缓冲区上的回调永远激活,可以移除或者禁用回调:

接口

```
int evbuffer_remove_cb_entry(struct evbuffer* buffer,
                struct evbuffer_cb_entry* ent);
int evbuffer remove cb(struct evbuffer* buffer,
```

```
                evbuffer_cb_func cb,
                void* cbarg);
#define EVBUFFER_CB_ENABLED 1
int evbuffer_cb_set_flags(struct evbuffer* buffer,
                struct evbuffer_cb_entry* cb,
                ev_uint32_t flags);
int evbuffer_cb_clear_flags(struct evbuffer* buffer,
                struct evbuffer_cb_entry* cb,
                ev_uint32_t flags);
```

可以通过添加回调时候的 evbuffer_cb_entry 来移除回调,也可以通过回调函数和参数指针来移除.成功时函数返回 0,失败时返回-1.

evbuffer_cb_set_flags()和 evbuffer_cb_clear_flags()函数分别为回调函数设置或者清除给定的标志.当前只有一个标志是用户可见的:EVBUFFER_CB_ENABLED.这个标志默认是打开的.如果清除这个标志,对 evbuffer 的修改不会调用回调函数.

接口

```
int evbuffer_defer_callbacks(struct evbuffer* buffer, struct event_base * base);
```

跟 bufferevent 回调一样,可以让 evbuffer 回调不在 evbuffer 被修改时立即运行,而是延迟到某 event_base 的事件循环中执行.如果有多个 evbuffer,它们的回调潜在地让数据添加到 evbuffer 中,或者从中移除,又要避免栈崩溃,延迟回调是很有用的.

如果回调被延迟,则最终执行时,它可能是多个操作结果的总和.

与 bufferevent 一样,evbuffer 具有内部引用计数的,所以即使还有未执行的延迟回调,释放 evbuffer 也是安全的.

整个回调系统是 2.0.1-alpha 版本新引入的. evbuffer_cb_(set|clear)_flags() 函数从 2.0.2-alpha 版本开始存在.

12.16 为基于 evbuffer 的 IO 避免数据复制

真正高速的网络编程通常要求尽量少的数据复制,libevent 为此提供了一些机制:

接口

```
typedef void ( * evbuffer_ref_cleanup_cb)(const void* data,
                            size_t datalen,
                            void* extra);
int evbuffer_add_reference(struct evbuffer* outbuf,
                      const void* data,
                      size_t datlen,
                      evbuffer_ref_cleanup_cb cleanupfn,
                      void* extra);
```

这个函数通过引用向 evbuffer 末尾添加一段数据.不会进行复制:evbuffer 只会存储一个到 data 处的 datlen 字节的指针.因此,在 evbuffer 使用这个指针期间,必须保持指针是有效的.evbuffer 会在不再需要这部分数据的时候调用用户提供的 cleanupfn 函数,带有提供的 data 指针、datlen 值和 extra 指针参数.函数成功时返回 0,失败时返回-1.

示例

```
#include <event2/buffer.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
/* In this example, we have a bunch of evbuffers that we want to use to
spool a one-megabyte resource out to the network. We do this
without keeping any more copies of the resource in memory than
necessary.*/

#define HUGE_RESOURCE_SIZE (1024 * 1024)
struct huge_resource
{
       /* We keep a count of the references that exist to this structure,
       so that we know when we can free it.*/
       int reference_count;
       char data[HUGE_RESOURCE_SIZE];
};
struct huge_resource* new_resource(void)
{
       struct huge_resource* hr = malloc(sizeof(struct huge_resource));
       hr->reference_count = 1;
       /* Here we should fill hr->data with something. In real life,
       we'd probably load something or do a complex calculation.
       Here, we'll just fill it with EEs.*/
       memset(hr->data, 0xEE, sizeof(hr->data));
       return hr;
}
void free_resource(struct huge_resource* hr)
{
       --hr->reference_count;
       if (hr->reference_count == 0)
              free(hr);
}
static void cleanup(const void* data, size_t len, void * arg)
{
       free_resource(arg);
}
/* This is the function that actually adds the resource to the buffer.*/

void spool_resource_to_evbuffer(struct evbuffer* buf,struct huge_resource* hr)
{
       ++hr->reference_count;
       evbuffer_add_reference(buf, hr->data, HUGE_RESOURCE_SIZE,
       cleanup, hr);
}
```

一些操作系统提供了将文件写入到网络, 而不需要将数据复制到用户空间的方法. 如果存在 ,可以使用下述接口访问这种机制:

evbuffer_add_reference()函数在 LibEvent2.0.2-alpha 版本中开始出现.

12.17 增加一个文件到 Evbuffer

一些操作系统提供了直接写文件到网络的而不需要从文件拷贝数据到用户数据区的方法.可以用一些简单的接口使用这些机制.

接口

```
int evbuffer_add_file(struct evbuffer* output,
                      int fd, ev_off_t offset,
                      size_t length);
```

evbuffer_add_file 假定已经有一个用于读的打开的文件描述符 fd,从文件的 offset 位置开始读取 length 字节数到 output 中,函数执行成功返回 0,失败返回-1.

警告,在 LibEvent2.x 版本中,唯一可靠的处理数据的补充方式是用 evbuffer_write*()发送到网络,用 evbuffer_drain()排掉或者用 evbuffer_*_buffer*()来移动到另外一个 evbuffer 上.不能使用 evbuffer_remove()可靠地提取数据或使用 evbuffer_pullup()来线性化数据等等.LibEvent2.1x 试图修复这个限制.

如果你的操作系统支持 splice()或者 sendfile()函数,LibEvent 将会使用这些函数从 fd 套接字上直接发送数据到网络而不用经过 RAM.如果你的操作系统不支持 splice()或者 sendfile()函数但是支持 mmap()函数,LibEvent 将会对文件进行内存映射,那么你的内核将会有希望判定其不需要拷贝数据到用户内存空间,否则 LibEvent 将会从磁盘读取数据到 RAM 中.

在数据刷新到 evbuffer()中之后或者 evbuffer 释放的时候文件描述符将会关闭,如果你不想这样而想要更细粒度地控制文件,请查看下面的函数.

本函数定义在 LibEvent2.0.1-alpha 版本中.

12.18 细粒度控制文件段

evbuffer_add_file()接口重复添加文件是无效的,因为该函数已经有了文件的所有权.

接口

```
struct evbuffer_file_segment;
struct evbuffer_file_segment* evbuffer_file_segment_new(
                                    int fd,
                                    ev_off_t offset,
                                    ev_off_t length,
                                    unsigned flags);
void evbuffer_file_segment_free(struct evbuffer_file_segment* seg);
int evbuffer_add_file_segment(struct evbuffer* buf,
                              struct evbuffer_file_segment* seg,
                              ev_off_t offset,
                              ev_off_t length);
```

evbuffer_file_segment_new()函数创建并返回了一个新的 evbuffer_file_segment 对象来表示存储在 fd 描述符中的一片从 offset 开始的 length 字节数的文件片段,如果函数错误则返回 NULL.

文件片段可以由 sendfile、splice、mmap、CreateFileMapping 或者 malloc()-and-read()来实现,具体需要视情况而定.这些片段使用最轻量级的支持机制创建并根据需要过度到一个重量级的机制(例如如果你的操作系统支持 sendfile 和 mmap 那么文件片段可以仅仅用 sendfile 去实现,直到你尝试去检查其内容,在这一点上它需要 mmap()).可以用更细粒度的行为控制文件片段用这些标志:

- **EVBUF_FS_CLOSE_ON_FREE**:如果设置了这个标志,则在使用 evbuffer_file_segment_free()关闭文件片段的时候将会在底层关闭文件.
- **EVBUF_FS_DISABLE_MMAP**:如果设置了这个标志,file_segment 将不会对文件使用内存映射的后台模式,即使内存映射更合适.
- **EVBUF_FS_DISABLE_SENDFILE**:如果设置了这个标志,file_segment 将不会对文件使用使用 sendfile 后台模式,即使 sendfile 更合适.
- **EVBUF_FS_DISABLE_LOCKING**:如果设置了这个标志,file_segment 将不会再分配锁:多线程中以任何方式使用它将会使得它不再安全.

一旦有了 evbuffer_file_segment,可以用 evbuffer_add_file_segment()来添加一些或所有 evbuffer.这里的参数 offset 指的是文件片段内的偏移量而不是文件的偏移量.

接口

```
typedef void ( * evbuffer_file_segment_cleanup_cb)(
                      struct evbuffer_file_segment const* seg,
                      int flags,
                      void * arg);
void evbuffer_file_segment_add_cleanup_cb(struct evbuffer_file_segment* seg,
                      evbuffer_file_segment_cleanup_cb cb,
                      void* arg);
```

可以添加一个回调函数到文件段,当最后的文件段引用已经释放并且文件段将要释放的时候调用.该回掉函数不能再生文件段或者增加到任何的 buffer 等.

这些文件段函数首次出现在 LibEvent2.1.1-alpha,evbuffer_file_segment_add_cleanup_cb()首次出现在 LibEvent2.1.2-alpha.

12.19 添加一个 Evbuffer 引用到另一个 Evbuffer

可以添加一个引用到另一个 Evbuffer:比起移动 buffer 的内容并且将它们添加到另一个,你可以为另一个添加一个引用,就好像你拷贝了所有的内部字节.

接口

```
int evbuffer_add_buffer_reference(struct evbuffer* outbuf,struct evbuffer* inbuf);
```

evbuffer_add_buffer_reference()函数就好像从 outbuf 复制所有数据到 inbuf,但是并没有执行任何的非必要拷贝操作.函数成功返回 0,失败返回-1.

注意后续 inbuf 内容的更改对 outbuf 无影响:该函数添加了当前 evbuffer 内容的引用而不是 evbuffer 本身.

注意不能嵌套 buffer 引用:已经成为 evbuffer_add_buffer_reference 的 outbuf 不能成为别的 buffer 的 inbuf.

这个函数首次出现在 LibEvent2.1.1-alpha 中.

12.20 让 Evbuffer 只能添加和删除

接口

```
int evbuffer_freeze(struct evbuffer* buf, int at_front);
int evbuffer_unfreeze(struct evbuffer* buf, int at_front);
```

你可以使用这些函数来临时禁用改变 evbuffer 的头或尾.bufferevent 代码使用这些函数内部来阻止意外编辑输出 buffer 的头或者输入 buffer 的尾.

evbuffer_freeze()函数首次出现在 LibEvent2.0.1-alpha 版本.

12.21 废弃的 Evbuffer 函数

evbuffer 的接口在 LibEvent2.0 已经有了较大改变.在此之前每个 evbuffer 被实现为一个连续的块内存,访问效率很低.

event.h 头文件常用来显示 evbuffer 的内部结构,然而这些都是不再可用的,在 1.4 和 2.0 版本之中依赖 evbuffer 工作的函数都有了很大的改变.

要访问 evbuffer 字节的数量,可以使用 EVBUFFER_LENGTHH()宏,实际数据可以使用 EVBUFFER_DATA()宏,这两个宏都在 event2/bufer_compat.h 头文件中.不过,小心 EVBUFFER_DATA(b)是 evbuvfer_pullup()别名,用它的代价比较昂贵.

别的一些弃用的接口:

接口

```
char* evbuffer_readline(struct evbuffer * buffer);
unsigned char* evbuffer_find(struct evbuffer * buffer,
                             const unsigned char* what,
                             size_t len);
```

evbuffer_find()函数工作原理与当前的 evbuffer_readln(buffer,NULL,EVBUFFER_EOL_ANY)类似.

evbuffer_find()函数会搜索在 buffer 中出现的字符串并返回指向该字符串的指针.与 evbuffer_search()不同,它只能找出首个字符串.为了与老版本的该函数保持兼容,现在线性化整个 buffer 直到字符串的末尾.

回调函数也不同:

弃用的接口

```
typedef void ( * evbuffer_cb)(struct evbuffer* buffer,
                              size_t old_len, size_t new_len,
                              void* arg);
void evbuffer_setcb(struct evbuffer* buffer,
                    evbuffer_cb cb,
                    void * cbarg);
```

evbuffer 只能一次设置一个回调函数,所以设置一个新的回调函数将会使之前的回调函数失效,设置回调函数为空则将使回调函数禁用.

函数调用的时候使用新老版本的 evbuffer 的长度而不是获取 evbuffer_cb_info_structure,因此如果 old_len 比 new_len 大那么数据将会流失,如果 new_len 比 old_len 大数据将被添加.由于不可能推迟一个回调调用,因此增加或删除操作将 不会被批处理成一个单个回调函数调用.

这些废弃的函数仍然在 event2/buffer_compatch.h 中有效.

13.连接监听器:接受一个 TCP 连接

evconnlistener 机制提供了一种监听并接受到来的 TCP 连接的方法.

所有的函数和类型这里都定义在 event2/listener.h 中.除非特别说明,它们首次出现在都在 LibEvent2.0.2-alpha 中.

13.1 创建或释放一个 evconnlistener

接口

```
struct evconnlistener* evconnlistener_new(struct event_base * base,
                      evconnlistener_cb cb,
                      void* ptr,
                      unsigned flags,
                      int backlog,
                      evutil_socket_t fd);
struct evconnlistener* evconnlistener_new_bind(struct event_base * base,
                      evconnlistener_cb cb,
                      void* ptr,
                      unsigned flags,
                      int backlog,
                      const struct sockaddr* sa,
                      int socklen);
void evconnlistener_free(struct evconnlistener* lev);
```

两个 evconnlistener_new*()函数都分配和返回一个新的连接监听器对象.连接监听器使用 event_base 来得知什么时候在给定的监听套接字上有新的 TCP 连接.新连接到达时,监听器调用你给出的回调函数.

两个函数中,base 参数都是监听器用于监听连接的 event_base.cb 是收到新连接时要调用的回调函数;如果 cb 为 NULL,则监听器是禁用的,直到设置了回调函数为止.ptr 指针将传递给回调函数.flags 参数控制回调函数的行为,下面会更详细论述.backlog 是任何时刻网络栈允许处于还未接受状态的最大未决连接数.更多细节请查看系统的 listen()函数文档.如果 backlog 是负的,libevent 会试图挑选一个较好的值;如果为 0,libevent 认为已
经对提供的套接字调用了 listen().

两个函数的不同在于如何建立监听套接字.evconnlistener_new()函数假定已经将套接字绑定到要监听的端口,然后通过 fd 传入这个套接字.如果要 libevent 分配和绑定套接字,可以调用 evconnlistener_new_bind(),传输要绑定到的地址和地址长度.

注意

当使用 evconnlistener_new 的时候务必确认你的监听 socket 是非阻塞模式, 使 用 evutil_make_socket_nonblocking 或手动设置 socket 的正确选项.当监听 socket 处于阻塞模式,将会导致一些无法预知的行为发生.

要释放连接监听器,应调用 evconnlistener_free().

13.1.1 可识别的标志

可以给 evconnlistener_new()函数的 flags 参数传入一些标志.可以用或(OR)运算任意连接下述标志:

- **LEV_OPT_LEAVE_SOCKETS_BLOCKING**:默认情况下, 连接监听器接收新套接字后, 会将其设置为非阻塞的, 以便将其用于 libevent .如果不想要这种行为,可以设置这个标志.
- **LEV_OPT_CLOSE_ON_FREE**:如果设置了这个选项,释放连接监听器会关闭底层套接字.
- **LEV_OPT_CLOSE_ON_EXEC**:如果设置了这个选项,连接监听器会为底层套接字设置 close-on-exec 标志.更多信息请查看 fcntl 和 FD_CLOEXEC 的平台文档.
- **LEV_OPT_REUSEABLE:**某些平台在默认情况下, 关闭某监听套接字后, 要过一会儿其他套接字才可以绑定到同一个端口.设置这个标志会让 libevent 标记套接字是可重用的,这样一旦关闭,可以立即打开其他套接字,在相同端口进行监听.
- **LEV_OPT_THREADSAFE**:为监听器分配锁,这样就可以在多个线程中安全地使用了.这是 2.0.8-rc 的新功能.

13.1.2 连接监听器回调

接口

```
typedef void ( * evconnlistener_cb)(struct evconnlistener* listener,
                      evutil_socket_t sock,
                      struct sockaddr* addr,
                      int len,
                      void * ptr);
```

当一个新的连接到来,提供的回调函数将会被调用.参数 *listener* 是用于接受连接的连接监听器.产生 *sock* 是新的 socket.参数 *addr* 和 len 分别是接受的连接地址和地址的长度.参数 *ptr* 是传到 evconnlistener_new()的用户提供的指针.

13.2 启用和禁用 evconnlistener

接口

```
int evconnlistener_disable(struct evconnlistener* lev);
int evconnlistener_enable(struct evconnlistener* lev);
```

这两个函数临时启用或禁用监听新的连接的功能.

13.3 调整 evconnlistener 的回调函数

接口

```
void evconnlistener_set_cb(struct evconnlistener* lev,
                           evconnlistener_cb cb,
                           void* arg);
```

该函数调整已有 evconnlistener 的回调函数和回调函数参数.该函数出现在 LibEvent2.0.9-rc 版本中.

13.4 检查 evconnlistener

接口

```
evutil_socket_t evconnlistener_get_fd(struct evconnlistener* lev);
struct event_base* evconnlistener_get_base(struct evconnlistener * lev);
```

这些函数分别返回了监听器关联的 socket 和 event_base.
evconnlistener_get_fd()函数出现在 LibEvent2.0.3-alpha 版本中.

13.5 检查错误

设置一个错误回调函数,当在监听器上调用 accept()函数调用失败的时候收集错误信息.在当面临一个不解决就可能锁掉进程的错误条件的时候则显得非常重要.

接口

```
typedef void ( * evconnlistener_errorcb)(struct evconnlistener* lis, void * ptr);
void evconnlistener_set_error_cb(struct evconnlistener* lev,
                                 evconnlistener_errorcb errorcb);
```

如果调用 evconnlistener_set_error_cb()函数为监听器设置一个错误回调函数,每次监听器出现错误的时候该函数都会返回.该函数接收监听器作为其第一个参数,传递到 evconnlistener_new()接口的参数 ptr 作为其第二个参数.

函数首次出现在 LibEvent2.0.8-rc 版本中.

13.6 示例程序:一个 echo 服务器

示例

```
#include <event2/listener.h>
#include <event2/bufferevent.h>
#include <event2/buffer.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
```

```
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
static void echo_read_cb(struct bufferevent* bev, void * ctx)
{
	/* This callback is invoked when there is data to read on bev.*/
	struct evbuffer* input = bufferevent_get_input(bev);
	struct evbuffer* output = bufferevent_get_output(bev);
	/* Copy all the data from the input buffer to the output buffer.*/
	evbuffer_add_buffer(output, input);
}
static void echo_event_cb(struct bufferevent* bev, short events, void * ctx)
{
	if (events & BEV_EVENT_ERROR)
		perror("Error from bufferevent");
	if (events & (BEV_EVENT_EOF | BEV_EVENT_ERROR))
	{
		bufferevent_free(bev);
	}
}
static voidaccept_conn_cb(struct evconnlistener* listener,
		evutil_socket_t fd,
		struct sockaddr* address,
		int socklen,
		void* ctx)
{
	/* We got a new connection! Set up a bufferevent for it.*/
	struct event_base* base = evconnlistener_get_base(listener);
	struct bufferevent* bev = bufferevent_socket_new(
		base, fd, BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
	bufferevent_setcb(bev, echo_read_cb, NULL, echo_event_cb, NULL);
	bufferevent_enable(bev, EV_READ|EV_WRITE);
}
static void accept_error_cb(struct evconnlistener* listener, void * ctx)
{
	struct event_base* base = evconnlistener_get_base(listener);
	int err = EVUTIL_SOCKET_ERROR();
	fprintf(stderr, "Got an error %d (%s) on the listener. "
		"Shutting down.\n", err, evutil_socket_error_to_string(err));
	event_base_loopexit(base, NULL);
}
int main(int argc, char** argv)
{
	struct event_base* base;
	struct evconnlistener* listener;
	struct sockaddr_in sin;
	int port = 9876;
	if (argc > 1)
	{
		port = atoi(argv[1]);
	}
	if (port<=0 || port>65535)
	{
		puts("Invalid port");
		return 1;
	}
	base = event_base_new();
```

```
        if (!base)
        {
                puts("Couldn't open event base");
                return 1;
        }
        /* Clear the sockaddr before using it, in case there are extra*
        platform-specific fields that can mess us up.*/
        memset(&sin, 0, sizeof(sin));
        /* This is an INET address*/
        sin.sin_family = AF_INET;
        /* Listen on 0.0.0.0*/
        sin.sin_addr.s_addr = htonl(0);
        /* Listen on the given port.*/
        sin.sin_port = htons(port);
        listener = evconnlistener_new_bind(base, accept_conn_cb, NULL,
                                LEV_OPT_CLOSE_ON_FREE|LEV_OPT_REUSEABLE, -1,
                                (struct sockaddr * )&sin, sizeof(sin));
        if (!listener)
        {
                perror("Couldn't create listener");
                return 1;
        }
        evconnlistener_set_error_cb(listener, accept_error_cb);
        event_base_dispatch(base);
        return 0;
}
```

14.使用 LibEvent 的 DNS:高和低层功能

LibEvent 提供了少量的 API 来解决 DNS 名称,以及用于实现简单的 DNS 服务.

我们将由名称查询的高层机制开始介绍,然后介绍低层机制和服务机制.

注意 LibEvent 的当前 DNS 客户端实现有限制,不支持 TCP 查询,DNSSec 或任意记录类型,我们希望在将来版本 LibEvent 修复这些问题,但不是当前版本.

14. 1 正文前页:可移植的阻塞式名称解析

为移植已经使用阻塞式名字解析的程序,libevent 提供了标准 getaddrinfo()接口的可移植实现.对于需要运行在没有 getaddrinfo()函数,或者 getaddrinfo()不像我们的替代函数那样遵循标准的平台上的程序,这个替代实现很有用.

getaddrinfo()接口由 RFC 3493 的 6.1 节定义. 关于 libevent 如何不满足其一致性实现的概述 ,请看下面的"兼容性提示 "节.

接口

```
struct evutil_addrinfo
{
        int ai_flags;
```

```
        int ai_family;
        int ai_socktype;
        int ai_protocol;
        size_t ai_addrlen;
        char* ai_canonname;
        struct sockaddr* ai_addr;
        struct evutil_addrinfo* ai_next;
};
#define EVUTIL_AI_PASSIVE / * ...* /
#define EVUTIL_AI_CANONNAME / * ...* /
#define EVUTIL_AI_NUMERICHOST / * ...* /
#define EVUTIL_AI_NUMERICSERV / * ...* /
#define EVUTIL_AI_V4MAPPED / * ...* /
#define EVUTIL_AI_ALL / * ...* /
#define EVUTIL_AI_ADDRCONFIG / * ...* /
int evutil_getaddrinfo(const char* nodename, const char * servname,
const struct evutil_addrinfo* hints, struct evutil_addrinfo ** res);
void evutil_freeaddrinfo(struct evutil_addrinfo* ai);
const char* evutil_gai_strerror(int err);
```

evutil_getaddrinfo()函数试图根据 hints 给出的规则,解析指定的 nodename 和 servname ,建立一个 evutil_addrinfo 结构体链表,将其存储在*res 中.成功时函数返回 0,失败时返回非零的错误码.

必须至少提供 nodename 和 servname 中的一个.如果提供了 nodename,则它是 IPv4 字面地址(如 127.0.0.1) 、IPv6 字面地址(如::1) ,或者是 DNS 名字(如 www.example.com) .如果提供了 servname,则它是某网络服务的符号名(如 https) ,或者是一个包含十进制端口号的字符串(如 443) .如果不指定 servname,则*res 中的端口号将是零.

如果不指定 nodename,则*res 中的地址要么是 localhost(默认) ,要么是"任意"(如果设置了 EVUTIL_AI_PASSIVE) .

hints 的 ai_flags 字段指示 evutil_getaddrinfo 如何进行查询,它可以包含 0 个或者多个以或运算连接的下述标志:

- **EVUTIL_AI_PASSIVE**:这个标志指示将地址用于监听,而不是连接.通常二者没有差别,除非 nodename 为空:对于连接, 空的 nodename 表示 localhost (127.0.0.1 或者::1) ; 而对于监听, 空的 nodename 表示任意(0.0.0.0 或者::0) .
- **EVUTIL_AI_CANONNAME**:如果设置了这个标志,则函数试图在 ai_canonname 字段中报告标准名称.
- **EVUTIL_AI_NUMERICHOST**:如果设置了这个标志,函数仅仅解析数值类型的 IPv4 和 IPv6 地址;如果 nodename 要求名字查询,函数返回 EVUTIL_EAI_NONAME 错误.
- **EVUTIL_AI_NUMERICSERV**:如果设置了这个标志,函数仅仅解析数值类型的服务名.如果 servname 不是空,也不是十进制整数,函数返回 EVUTIL_EAI_NONAME 错误.
- **EVUTIL_AI_V4MAPPED**:这个标志表示,如果 ai_family 是 AF_INET6,但是找不到 IPv6 地址,则应该以 v4 映射(v4-mapped)型 IPv6 地址的形式返回结果中的 IPv4 地址. 当前 evutil_getaddrinfo()不支持这个标志,除非操作系统支持它.
- **EVUTIL_AI_ALL**:如果设置了这个标志和 EVUTIL_AI_V4MAPPED,则无论结果是否包含 IPv6 地址,IPv4 地址都应该以 v4 映射型 IPv6 地址的形式返回.当前 evutil_getaddrinfo()不支持这个标志,除非操作系统支持它.
- **EVUTIL_AI_ADDRCONFIG**:如果设置了这个标志,则只有系统拥有非本地的 IPv4 地址时,结果才包含 IPv4 地址;只有系统拥有非本地的 IPv6 地址时,结果才包含 IPv6 地址.

hints 的 ai_famil y 字段指示 evutil_getaddrinfo()应该返回哪个地址. 字段值可以是 AF_INET ,表示只请求 IPv4 地址;也可以是 AF_INET6,表示只请求 IPv6 地址;或者用 AF_UNSPEC 表示请求所有可用地址.

hints 的 ai_socktype 和 ai_protocol 字段告知 evutil_getaddrinfo()将如何使用返回的地址.这两个字段值的意义与传递给 socket()函数的 socktype 和 protocol 参数值相同.

成功时函数新建一个 evutil_addrinfo 结构体链表,存储在*res 中,链表的每个元素通过 ai_next 指针指向下一个元素.因为链表是在堆上分配的, 所以需要调用 evutil_freeaddrinfo()进行释放.

如果失败,函数返回数值型的错误码:

- **EVUTIL_EAI_ADDRFAMILY**:请求的地址族对 nodename 没有意义.
- **EVUTIL_EAI_AGAIN**:名字解析中发生可以恢复的错误,请稍后重试.
- **EVUTIL_EAI_FAIL**:名字解析中发生不可恢复的错误:解析器或者 DNS 服务器可能已经崩溃.
- **EVUTIL_EAI_BADFLAGS**:hints 中的 ai_flags 字段无效.
- **EVUTIL_EAI_FAMILY**:不支持 hints 中的 ai_family 字段.
- **EVUTIL_EAI_MEMORY**:回应请求的过程耗尽内存.
- **EVUTIL_EAI_NODATA**:请求的主机不存在.
- **EVUTIL_EAI_SERVICE**:请求的服务不存在.
- **EVUTIL_EAI_SOCKTYPE**:不支持请求的套接字类型,或者套接字类型与 ai_protocol 不匹配.
- **EVUTIL_EAI_SYSTEM**:名字解析中发生其他系统错误,更多信息请检查 errno.
- **EVUTIL_EAI_CANCEL**:应用程序在解析完成前请求取消.evutil_getaddrinfo()函数从不产生这个错误,但是后面描述的 evdns_getaddrinfo()可能产生这个错误.调用 evutil_gai_strerror()可以将上述错误值转化成描述性的字符串.

注意 如果操作系统定义了 addrinfo 结构体,则 evutil_addrinfo 仅仅是操作系统内置的 addrinfo 结构体的别名.类似地,如果操作系统定义了 AI_*标志,则相应的 EVUTIL_AI_*标志仅仅是本地标志的别名;如果操作系统定义了 EAI_*错误,则相应的 EVUTIL_EAI_*只是本地错误码的别名.

示例:解析主机名,建立阻塞的连接

```
#include <sys/socket.h>
#include <sys/types.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <assert.h>
#include <unistd.h>
evutil_socket_t get_tcp_socket_for_host(const char* hostname, ev_uint16_t port)
{
        char port_buf[6];
        struct evutil_addrinfo hints;
        struct evutil_addrinfo* answer = NULL;
        int err;
        evutil_socket_t sock;
        /* Convert the port to decimal.*/
        evutil_snprintf(port_buf, sizeof(port_buf), "%d", (int)port);
        /* Build the hints to tell getaddrinfo how to act.*/
        memset(&hints, 0, sizeof(hints));
        hints.ai_family = AF_UNSPEC; /* v4 or v6 is fine.*/
        hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
        hints.ai_protocol = IPPROTO_TCP; /* We want a TCP socket*/
        /* Only return addresses we can use.*/
        hints.ai_flags = EVUTIL_AI_ADDRCONFIG;
        /* Look up the hostname.*/
        err = evutil_getaddrinfo(hostname, port_buf, &hints, &answer);
```

```
        if (err != 0)
        {
                fprintf(stderr, "Error while resolving ’%s’: %s",
                hostname, evutil_gai_strerror(err));
                return -1;
        }
        /* If there was no error, we should have at least one answer.*/
        assert(answer);
        /* Just use the first answer.*/
        sock = socket(answer->ai_family,
        answer->ai_socktype,
        answer->ai_protocol);
        if (sock < 0)
                return -1;
        if (connect(sock, answer->ai_addr, answer->ai_addrlen))
        {
                /* Note that we’re doing a blocking connect in this function.*
                If this were nonblocking, we’d need to treat some errors*
                (like EINTR and EAGAIN) specially.*/
                EVUTIL_CLOSESOCKET(sock);
                return -1;
        }
        return sock;
}
```

上述函数和常量是 2.0.3-alpha 版本新增加的,声明在 event2/util.h 中.

14.2 使用 evdns_getaddrinfo()进行非阻塞名字解析

通常的 getaddrinfo(),以及上面的 evutil_getaddrinfo()的问题是,它们是阻塞的:调用线程必须等待函数查询 DNS 服务器,等待回应.对于 libevent,这可能不是期望的行为.

对于非阻塞式应用,libevent 提供了一组函数用于启动 DNS 请求,让 libevent 等待服务器回应.

接口

```
typedef void ( * evdns_getaddrinfo_cb)(int result,
                                       struct evutil_addrinfo* res,
                                       void * arg);
struct evdns_getaddrinfo_request;
struct evdns_getaddrinfo_request* evdns_getaddrinfo(
                                       struct evdns_base* dns_base,
                                       const char* nodename,
                                       const char * servname,
                                       const struct evutil_addrinfo* hints_in,
                                       evdns_getaddrinfo_cb cb,
                                       void* arg);
void evdns_getaddrinfo_cancel(struct evdns_getaddrinfo_request* req);
```

除了不会阻塞在 DNS 查询上,而是使用 libevent 的底层 DNS 机制进行查询外,evdns_getaddrinfo()和 evutil_getaddrinfo()是一样的.因为函数不是总能立即返回结果,所以需要提供一个 evdns_getaddrinfo_cb 类型的回调函数,以及一个给回调函数的可选的用户参数.

此外,调用 evdns_getaddrinfo()还要求一个 evdns_base 指针.evdns_base 结构体为 libevent 的 DNS 解析器保持状态和配置.关于如何获取 evdns_base 指针,请看下一节.

如果失败或者立即成功,函数返回 NULL.否则,函数返回一个 evdns_getaddrinfo_request 指针.在解析完成之前可以随时使用 evdns_getaddrinfo_cancel()和这个指针来取消解析.

注意: 不论 evdns_getaddrinfo()是否返回 NULL, 是否调用了 evdns_getaddrinfo_cancel() ,回调函数总是会被调用.

evdns_getaddrinfo()内部会复制 nodename、servname 和 hints 参数,所以查询进行过程中不必保持这些参数有效.

示例:使用 evdns_getaddrinfo()的非阻塞查询

```
#include <event2/dns.h>
#include <event2/util.h>
#include <event2/event.h>
#include <sys/socket.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <assert.h>
int n_pending_requests = 0;
struct event_base* base = NULL;
struct user_data
{
	char* name; /*
	the name we’re resolving*/
	int idx; /* its position on the command line*/
};
void callback(int errcode, struct evutil_addrinfo* addr, void * ptr)
{
	struct user_data* data = ptr;
	const char* name = data->name;
	if (errcode)
	{
		printf("%d. %s -> %s\n",
			data->idx, name,
			evutil_gai_strerror(errcode));
	}
	else
	{
		struct evutil_addrinfo* ai;
		printf("%d. %s", data->idx, name);
		if (addr->ai_canonname)
			printf(" [%s]", addr->ai_canonname);
		puts("");
		for (ai = addr; ai; ai = ai->ai_next)
		{
			char buf[128];
			const char* s = NULL;
			if (ai->ai_family == AF_INET) {
			struct sockaddr_in* sin = (struct sockaddr_in * )ai->ai_addr;
			s = evutil_inet_ntop(AF_INET, &sin->sin_addr, buf, 128);
		}
		else if (ai->ai_family == AF_INET6)
```

```
                {
                        struct sockaddr_in6* sin6 =(sockaddr_in6 * )ai->ai_addr;
                        s = evutil_inet_ntop(AF_INET6, &sin6->sin6_addr, buf, 128);
                }
                if (s)
                        printf(" -> %s\n", s);
        }
        evutil_freeaddrinfo(addr);
        }
        free(data->name);
        free(data);
        if (--n_pending_requests == 0)
                event_base_loopexit(base, NULL);
}

/* Take a list of domain names from the
command line and resolve them in parallel.*/

int main(int argc, char** argv)
{
        int i;
        struct evdns_base* dnsbase;
        if (argc == 1)
        {
                puts("No addresses given.");
                return 0;
        }
        base = event_base_new();
        if (!base)
                return 1;
        dnsbase = evdns_base_new(base, 1);
        if (!dnsbase)
                return 2;
        for (i = 1; i < argc; ++i)
        {
                struct evutil_addrinfo hints;
                struct evdns_getaddrinfo_request* req;
                struct user_data* user_data;
                memset(&hints, 0, sizeof(hints));
                hints.ai_family = AF_UNSPEC;
                hints.ai_flags = EVUTIL_AI_CANONNAME;
                /* Unless we specify a socktype, we'll get at least two entries for*
                each address: one for TCP and one for UDP. That's not what we*
                want.*/
                hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
                hints.ai_protocol = IPPROTO_TCP;
                if (!(user_data = malloc(sizeof(struct user_data))))
                {
                        perror("malloc");
                        exit(1);
                }
                if (!(user_data->name = strdup(argv[i])))
                {
                perror("strdup");
                exit(1);
                }
```

```
                user_data->idx = i;
                ++n_pending_requests;
                req = evdns_getaddrinfo(
                                dnsbase, argv[i], NULL /* no service name given*/,
                                &hints,
                                callback,
                                user_data);
                if (req == NULL)
                {
                        printf(" [request for %s returned immediately]\n", argv[i]);
                        /* No need to free user data or decrement n pending requests;
                                that*happened in the callback.*/
                }
        }
        if (n_pending_requests)
                event_base_dispatch(base);
        evdns_base_free(dnsbase, 0);
        event_base_free(base);
        return 0;
}
```

这些函数是 2.0.3-alpha 版本新增加的,声明在 event2/dns.h 中.

14.3 创建和配置 evdns_base

使用 evdns 进行非阻塞 DNS 查询之前需要配置一个 evdns_base.evdns_base 存储名字服务器列表和 DNS 配置选项,跟踪活动的、进行中的 DNS 请求.

接口

```
struct evdns_base* evdns_base_new(struct event_base * event_base,int initialize);
void evdns_base_free(struct evdns_base* base, int fail_requests);
```

成功时 evdns_base_new()返回一个新建的 evdns_base,失败时返回 NULL.如果 initialize 参数为 true, 函数试图根据操作系统的默认值配置 evdns_base; 否则, 函数让 evdns_base 为空,不配置名字服务器和选项.

可以用 evdns_base_free()释放不再使用的 evdns_base.如果 fail_request 参数为 true, 函数会在释放 evdns_base 前让所有进行中的请求使用取消错误码调用其回调函数.

14.3.1 使用系统配置初始化 evdns

如果需要更多地控制 evdns_base 如何初始化,可以为 evdns_base_new()的 initialize 参数传递 0,然后调用下述函数.

接口

```
#define DNS_OPTION_SEARCH 1
#define DNS_OPTION_NAMESERVERS 2
#define DNS_OPTION_MISC 4
#define DNS_OPTION_HOSTSFILE 8
#define DNS_OPTIONS_ALL 15
int evdns_base_resolv_conf_parse(struct evdns_base
                        * base, int flags,
                        const char* filename);
```

```
#ifdef WIN32
       int evdns_base_config_windows_nameservers(struct evdns_base* );
       #define EVDNS_BASE_CONFIG_WINDOWS_NAMESERVERS_IMPLEMENTED
#endif
```

evdns_base_resolv_conf_parse()函数扫描 resolv.conf 格式的文件 filename, 从中读取 flags 指示的选项(关于 resolv.conf 文件的更多信息,请看 Unix 手册).

- **DNS_OPTION_SEARCH**:请求从 resolv.conf 文件读取 domain 和 search 字段以及 ndots 选项,使用它们来确定使用哪个域(如果存在)来搜索不是全限定的主机名.
- **DNS_OPTION_NAMESERVERS**:请求从 resolv.conf 中读取名字服务器地址.
- **DNS_OPTION_MISC**:请求从 resolv.conf 文件中读取其他配置选项.
- **DNS_OPTION_HOSTSFILE**:请求从/etc/hosts 文件读取主机列表.
- **DNS_OPTION_ALL**:请求从 resolv.conf 文件获取尽量多的信息.

Windows 中没有可以告知名字服务器在哪里的 resolv.conf 文件,但可以用 evdns_base_config_windows_nameservers()函数从注册表(或者 NetworkParams,或者其他隐藏的地方)读取名字服务器.

resolv.conf 文件格式

resolv.conf 是一个文本文件,每一行要么是空行,要么包含以#开头的注释,要么由一个跟随零个或者多个参数的标记组成.可以识别的标记有:

- **nameserver**:必须后随一个名字服务器的 IP 地址.作为一个扩展,libevent 允许使用 IP:Port 或者[IPv6]:port 语法为名字服务器指定非标准端口.
- **domain**:本地域名
- **search**:解析本地主机名时要搜索的名字列表.如果不能正确解析任何含有少于"ndots"个点的本地名字,则在这些域名中进行搜索.比如说,如果"search"字段值为 example.com,"ndots"为 1,则用户请求解析"www"时,函数认为那是"www.example.com".
- **options**:空格分隔的选项列表.选项要么是空字符串,要么具有格式 option:value(如果有参数) .可识别的选项有:
  - **dots:INTEGER**:用于配置搜索,请参考上面的"search",默认值是 1.
  - **timeout:FLOAT**:等待 DNS 服务器响应的时间,单位是秒.默认值为 5 秒.
  - **max-timeouts:IN**T:名字服务器响应超时几次才认为服务器当机? 默认是 3 次.
  - **max-inflight:INT**:最多允许多少个未决的 DNS 请求?(如果试图发出多于这么多个请求,则过多的请求将被延迟,直到某个请求被响应或者超时) .默认值是 64.
  - **attempts:INT**:在放弃之前重新传输多少次 DNS 请求? 默认值是 3.
  - **randomize-case:INT**:如果非零,evdns 会为发出的 DNS 请求设置随机的事务 ID,并且确认回应具有同样的随机事务 ID 值.这种称作"0x20 hack"的机制可以在一定程度上阻止对 DNS 的简单激活事件攻击. 这个选项的默认值是 1.
  - **bind-to:ADDRESS**:如果提供,则向名字服务器发送数据之前绑定到给出的地址.对于 2.0.4-alpha 版本,这个设置仅应用于后面的名字服务器条目.
  - **initial-probe-timeout:FLOAT**:确定名字服务器当机后,libevent 以指数级降低的频率探测服务器以判断服务器是否恢复 .这个选项配置(探测时间间隔)序列中的第一个超时,单位是秒.默认值是 10.
  - **getaddrinfo-allow-skew:FLOAT**:同时请求 IPv4 和 IPv6 地址时, evdns_getaddrinfo()用单独的 DNS 请求包分别请求两种地址 ,因为有些服务器不能在一个包中同时处理两种请求. 服务器回应一种地址类型后, 函数等待一段时间确定另一种类型的地址是否到达.这个选项配置等待多长时间,单位是秒.默认值是 3 秒.不识别的字段和选项会被忽略.

14.3.2 手动配置 evdns

如果需要更精细地控制 evdns 的行为，可以使用下述函数：

接口

```
int evdns_base_nameserver_sockaddr_add(struct evdns_base* base,
                    const struct sockaddr* sa,
                    ev_socklen_t len,
                    unsigned flags);
int evdns_base_nameserver_ip_add(struct evdns_base* base,
                            const char* ip_as_string);
int evdns_base_load_hosts(struct evdns_base* base,
                            const char * hosts_fname);
void evdns_base_search_clear(struct evdns_base* base);
void evdns_base_search_add(struct evdns_base* base,
                            const char * domain);
void evdns_base_search_ndots_set(struct evdns_base* base, int ndots);
int evdns_base_set_option(struct evdns_base* base,
                            const char * option,
                            const char* val);
int evdns_base_count_nameservers(struct evdns_base* base);
```

evdns_base_nameserver_sockaddr_add()函数通过地址向 evdns_base 添加名字服务器 。当前忽略 flags 参数，为向前兼容考虑，应该传入 0。成功时函数返回 0，失败时返回负值 。（这个函数在 2.0.7-rc 版本加入）

evdns_base_nameserver_ip_add()函数向 evdns_base 加入字符串表示的名字服务器，格式可以是 IPv4 地址、IPv6 地址、带端口号的 IPv4 地址（IPv4:Port)，或者带端口号的 IPv6 地址（[IPv6]:Port） 。成功时函数返回 0，失败时返回负值。

evdns_base_load_hosts()函数从 hosts_fname 文件中载入主机文件（格式与/etc/hosts 相同） 。成功时函数返回 0，失败时返回负值。

evdns_base_search_clear()函数从 evdns_base 中移除所有（通过 search 配置的）搜索后缀；evdns_base_search_add()则添加后缀。

evdns_base_set_option()函数设置 evdns_base 中某选项的值。选项和值都用字符串表示 。（2.0.3 版本之前，选项名后面必须有一个冒号）解析一组配置文件后，可以使用 evdns_base_count_nameservers()查看添加了多少个名字服务器。

14.3.3 库端配置

有一些为 evdns 模块设置库级别配置的函数：

接口

```
typedef void ( * evdns_debug_log_fn_type)(int is_warning, const char* msg);
```

```
void evdns_set_log_fn(evdns_debug_log_fn_type fn);
void evdns_set_transaction_id_fn(ev_uint16_t ( * fn)(void));
```

因为历史原因，evdns 子系统有自己单独的日志。evdns_set_log_fn()可以设置一个回调函数，以便在丢弃日志消息前做一些操作。

为安全起见，evdns 需要一个良好的随机数发生源：使用 0x20 hack 的时候，evdns 通过这个源来获取难以猜（hard-to-guess）的事务 ID 以随机化查询（请参考“randomize-case”选项）。然而，较老版本的 libevent 没有自己的安全的 RNG（随机数发生器）。此时可以通过调用 evdns_set_transaction_id_fn()，传入一个返回难以预测（hard-to-predict）的两字节无符号整数的函数，来为 evdns 设置一个更好的随机数发生器。

2.0.4-alpha 以及后续版本中，libevent 有自己内置的安全的 RNG，
evdns_set_transaction_id_fn()就没有效果了。

15.底层 DNS 接口

有时候需要启动能够比从 evdns_getaddrinfo()获取的 DNS 请求进行更精细控制的特别的 DNS 请求，libevent 也为此提供了接口。

缺少的特征:当前 libevent 的 DNS 支持缺少其他底层 DNS 系统所具有的一些特征，如支持任意请求类型和 TCP 请求。如果需要 evdns 所不具有的特征，欢迎贡献一个补丁。也可以看看其他全特征的 DNS 库，如 c-ares。

接口

```
#define DNS_QUERY_NO_SEARCH /* ...*/
#define DNS_IPv4_A /* ...*/
#define DNS_PTR /* ...*/
#define DNS_IPv6_AAAA /* ...*/
typedef void ( * evdns_callback_type)(int result, char type, int count,
                            int ttl,
                            void* addresses,
                            void * arg);
struct evdns_request* evdns_base_resolve_ipv4(struct evdns_base * base,
                            const char* name,
                            int flags,
                            evdns_callback_type callback,
                            void * ptr);
struct evdns_request* evdns_base_resolve_ipv6(struct evdns_base * base,
                            const char* name,
                            int flags,
                            evdns_callback_type callback,
                            void * ptr);
struct evdns_request* evdns_base_resolve_reverse(struct evdns_base * base,
                            const struct in_addr* in,
                            int flags,
                            evdns_callback_type callback,
                            void* ptr);
struct evdns_request* evdns_base_resolve_reverse_ipv6(
                            struct evdns_base* base,
```

```
                                const struct in6_addr * in,
                                int flags,
                                evdns_callback_type callback,
                                void* ptr);
```

这些解析函数为一个特别的记录发起 DNS 请求。每个函数要求一个 evdns_base 用于发起请求、一个要查询的资源（正向查询时的主机名，或者反向查询时的地址）、一组用以确定如何进行查询的标志、一个查询完成时调用的回调函数，以及一个用户提供的传给回调函数的指针。

flags 参数可以是 0，也可以用 DNS_QUERY_NO_SEARCH 明确禁止原始查询失败时在搜索列表中进行搜索 DNS_QUERY_NO_SEARCH 对反向查询无效，因为反向查询不进行搜索。

请求完成（不论是否成功）时回调函数会被调用。回调函数的参数是指示成功或者错误码（参看下面的 DNS 错误表）的 result、一个记录类型（DNS_IPv4_A、DNS_IPv6_AAAA，或者 DNS_PTR）、addresses 中的记录数、以秒为单位的存活时间、地址（查询结果），以及用户提供的指针。

发生错误时传给回调函数的 addresses 参数为 NULL。没有错误时：对于 PTR 记录，addresses 是空字符结束的字符串；对于 IPv4 记录，则是网络字节序的四字节地址值数组；对于 IPv6 记录，则是网络字节序的 16 字节记录数组。（注意：即使没有错误，addresses 的个数也可能是 0。名字存在，但是没有请求类型的记录时就会出现这种情况）

可能传递给回调函数的错误码如下：

DNS 错误码	
错误码	**意义**
DNS_ERR_NONE	没有错误
DNS_ERR_FORMAT	服务器不识别查询请求
DNS_ERR_SERVERFAILED	服务器内部错误
DNS_ERR_NOTEXIST	没有给定名字的记录
DNS_ERR_NOTIMPL	服务器不识别这种类型的查询
DNS_ERR_REFUSED	因为策略设置，服务器拒绝查询
DNS_ERR_TRUNCATED	DNS 记录不适合 UDP 分组
DNS_ERR_UNKNOWN	未知的内部错误
DNS_ERR_TIMEOUT	等待超时
DNS_ERR_SHUTDOWN	用户请求关闭 evdns 系统
DNS_ERR_CANCEL	用户请求取消查询

可以用下述函数将错误码转换成错误描述字符串：

接口

```
const char* evdns_err_to_string(int err);
```

每个解析函数都返回不透明的 evdns_request 结构体指针。回调函数被调用前的任何时候都可以用这个指针来取消请求：

接口

```
void evdns_cancel_request(struct evdns_base* base,struct evdns_request* req);
```

用这个函数取消请求将使得回调函数被调用，带有错误码 DNS_ERR_CANCEL。

15.1 挂起 DNS 客户端操作,更换名字服务器

有时候需要重新配置或者关闭 DNS 子系统，但不能影响进行中的 DNS 请求。

接口

```
int evdns_base_clear_nameservers_and_suspend(struct evdns_base* base);
int evdns_base_resume(struct evdns_base* base);
```

evdns_base_clear_nameservers_and_suspend()会移除所有名字服务器，但未决的请求会被保留，直到随后重新添加名字服务器，调用 evdns_base_resume()。

这些函数成功时返回 0，失败时返回-1。它们在 2.0.1-alpha 版本引入。

16.DNS 服务器接口

libevent 为实现不重要的 DNS 服务器，响应通过 UDP 传输的 DNS 请求提供了简单机制。本节要求读者对 DNS 协议有一定的了解。

16.1 创建和关闭 DNS 服务器

接口

```
struct evdns_server_port* evdns_add_server_port_with_base(struct event_base* base,
                      evutil_socket_t socket,
                      int flags,
                      evdns_request_callback_fn_type callback,
                      void* user_data);
typedef void ( * evdns_request_callback_fn_type)(
                      struct evdns_server_request* request,
                      void* user_data);
void evdns_close_server_port(struct evdns_server_port* port);
```

要开始监听 DNS 请求，调用 evdns_add_server_port_with_base()。函数要求用于事件处理的 event_base、用于监听的 UDP 套接字、可用的标志（现在总是 0）、一个收到 DNS 查询时要调用的回调函数，以及要传递给回调函数的用户数据指针。函数返回 evdns_server_port 对象。

使用 DNS 服务器完成工作后，需要调用 evdns_close_server_port()。

evdns_add_server_port_with_base() 是 2.0.1-alpha 版本引入的，而 evdns_close_server_port()则由 1.3 版本引入。

16.2 检测 DNS 请求

不幸的是，当前 libevent 没有提供较好的获取 DNS 请求的编程接口，用户需要包含 event2/dns_struct.h 文件，查看 evdns_server_request 结构体。

未来版本的 libevent 应该会提供更好的方法。

接口

```
struct evdns_server_request
{
    int flags;
    int nquestions;
    struct evdns_server_question
    ** questions;
};
#define EVDNS_QTYPE_AXFR 252
#define EVDNS_QTYPE_ALL 255
struct evdns_server_question
{
    int type;
    int dns_question_class;
    char name[1];
};
```

flags 字段包含请求中设置的 DNS 标志；nquestions 字段是请求中的问题数；questions 是 evdns_server_question 结构体指针数组。每个 evdns_server_question 包含请求的资源类型（请看下面的 EVDNS_*_TYPE 宏列表）、请求类别（通常为 EVDNS_CLASS_INET），以及请求的主机名。

这些结构体在 1.3 版本中引入，但是 1.4 版之前的名字是 dns_question_class。名字中的“class”会让 C++用户迷惑。仍然使用原来的“class”名字的 C 程序将不能在未来发布版本中正确工作。

接口

```
int evdns_server_request_get_requesting_addr(struct evdns_server_request* req,
                        struct sockaddr* sa,
                        int addr_len);
```

有时候需要知道某特定 DNS 请求来自何方，这时调用 evdns_server_request_get_requesting_add()就可以了。应该传入有足够存储空间以容量地址的 sockaddr：建议使用 sockaddr_storage 结构体。

这个函数在 1.3 版本中引入.

16.3 响应 DNS 请求

DNS 服务器收到每个请求后，会将请求传递给用户提供的回调函数，还带有用户数据指针 。回调函数必须响应请求或者忽略请求，或者确保请求最终会被回答或者忽略。回应请求前可以向回应中添加一个或者多个答案：

接口

```
int evdns_server_request_add_a_reply(struct evdns_server_request* req,
```

```
                        const char* name,
                        int n,
                        const void * addrs,
                        int ttl);
int evdns_server_request_add_aaaa_reply(struct evdns_server_request* req,
                        const char* name,
                        int n,
                        const void * addrs,
                        int ttl);
int evdns_server_request_add_cname_reply(struct evdns_server_request* req,
                        const char* name,
                        const char * cname,
                        int ttl);
```

上述函数为请求 req 的 DNS 回应的结果节添加一个 RR （类型分别为 A、 AAAA 和 CNAME） 。各个函数中，name 是要为之添加结果的主机名，ttl 是以秒为单位的存活时间。对于 A 和 AAAA 记录，n 是要添加的地址个数，addrs 是到原始地址的指针：对于 A 记录，是以 n*4 字节序列格式给出的 IPv4 地址； 对于 AAAA 记录， 是以 n*16 字节序列格式给出的 IPv6 地址。

成功时函数返回 0，失败时返回-1。

接口

```
int evdns_server_request_add_ptr_reply(struct evdns_server_request* req,
                        struct in_addr* in,
                        const char * inaddr_name,
                        const char * hostname,
                        int ttl);
```

这个函数为请求的结果节添加一个 PTR 记录。参数 req 和 ttl 跟上面的函数相同。必须提供 in（一个 IPv4 地址）和 inaddr_name(一个 arpa 域的地址）中的一个，而且只能提供一个 ，以指示为回应提供哪种地址。hostname 是 PTR 查询的答案。

接口

```
#define EVDNS_ANSWER_SECTION 0
#define EVDNS_AUTHORITY_SECTION 1
#define EVDNS_ADDITIONAL_SECTION 2
#define EVDNS_TYPE_A 1
#define EVDNS_TYPE_NS 2
#define EVDNS_TYPE_CNAME 5
#define EVDNS_TYPE_SOA 6
#define EVDNS_TYPE_PTR 12
#define EVDNS_TYPE_MX 15
#define EVDNS_TYPE_TXT 16
#define EVDNS_TYPE_AAAA 28
#define EVDNS_CLASS_INET 1
int evdns_server_request_add_reply(struct evdns_server_request* req,
                        int section,
                        const char* name,
                        int type,
                        int dns_class,
                        int ttl,
                        int datalen,
```

```
                        int is_name,
                        const char* data);
```

这个函数为请求 req 的 DNS 回应添加任意 RR。section 字段指示添加到哪一节，其值应该是某个 EVDNS_*_SECTION。name 参数是 RR 的名字字段。type 参数是 RR 的类型字段，其值应该是某个 EVDNS_TYPE_*。dns_class 参数是 RR 的类别字段。RR 的 rdata 和 rdlength 字段将从 data 处的 datalen 字节中产生。如果 is_name 为 true，data 将被编码成 DNS 名字（例如，使用 DNS 名字压缩）。否则，data 将被直接包含到 RR 中。

接口

```
int evdns_server_request_respond(struct evdns_server_request* req, int err);
int evdns_server_request_drop(struct evdns_server_request* req);
```

evdns_server_request_respond()函数为请求发送 DNS 回应，带有用户添加的所有 RR， 以及错误码 err。 如果不想回应某个请求， 可以调用 evdns_server_request_drop()来忽略请求，释放请求关联的内存和结构体。

接口

```
#define EVDNS_FLAGS_AA 0x400
#define EVDNS_FLAGS_RD 0x080
void evdns_server_request_set_flags(struct evdns_server_request* req,int flags);
```

如果要为回应消息设置任何标志，可以在发送回应前的任何时候调用这个函数。除了 evdns_server_request_set_flags()首次在 2.0.1-alpha 版本中出现外，本节描述的所有函数都在 1.3 版本中引入。

16. 4DNS 服务器示例

接口

```
#include <event2/dns.h>
#include <event2/dns_struct.h>
#include <event2/util.h>
#include <event2/event.h>
#include <sys/socket.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <assert.h>
/* Let’s try binding to 5353. Port 53 is more traditional, but on most
operating systems it requires root privileges.*/
#define LISTEN_PORT 5353
#define LOCALHOST_IPV4_ARPA "1.0.0.127.in-addr.arpa"
#define LOCALHOST_IPV6_ARPA ("1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0."
\"0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.ip6.arpa")
const ev_uint8_t LOCALHOST_IPV4[] = { 127, 0, 0, 1 };
const ev_uint8_t LOCALHOST_IPV6[] = { 0,0,0,0,0,0,0,0, 0,0,0,0,0,0,0,1 };
#define TTL 4242
/* This toy DNS server callback answers requests for localhost (mapping it to
127.0.0.1 or ::1) and for 127.0.0.1 or ::1 (mapping them to localhost).*/
void server_callback(struct evdns_server_request* request, void * data)
{
       int i;
       int error=DNS_ERR_NONE;
```

```
	/* We should try to answer all the questions. Some DNS servers don't do
	this reliably, though, so you should think hard before putting two
	questions in one request yourself.*/
	for (i=0; i < request->nquestions; ++i)
	{
		const struct evdns_server_question* q = request->questions[i];
		int ok=-1;
		/* We don't use regular strcasecmp here, since we want a locale-
		independent comparison.*/
		if (0 == evutil_ascii_strcasecmp(q->name, "localhost"))
		{
			if (q->type == EVDNS_TYPE_A)
				ok = evdns_server_request_add_a_reply(request,
					q->name,
					1,
					LOCALHOST_IPV4,
					TTL);
			else if (q->type == EVDNS_TYPE_AAAA)
				ok = evdns_server_request_add_aaaa_reply(request,
					q->name,
					1,
					LOCALHOST_IPV6,
					TTL);
		}
		else if (0 == evutil_ascii_strcasecmp(q->name, LOCALHOST_IPV4_ARPA))
		{
			if (q->type == EVDNS_TYPE_PTR)
			ok = evdns_server_request_add_ptr_reply(request,
					NULL,
					q->name,
					"LOCALHOST",
					TTL);
		}
		else if (0 == evutil_ascii_strcasecmp(q->name, LOCALHOST_IPV6_ARPA))
		{
			if (q->type == EVDNS_TYPE_PTR)
			ok = evdns_server_request_add_ptr_reply(request,
					NULL,
					q->name,
					"LOCALHOST",
					TTL);
		}
		else
		{
			error = DNS_ERR_NOTEXIST;
		}
		if (ok<0 && error==DNS_ERR_NONE)
			error = DNS_ERR_SERVERFAILED;
	}
	/* Now send the reply.*/
	evdns_server_request_respond(request, error);
}
int main(int argc, char** argv)
{
	struct event_base* base;
	struct evdns_server_port* server;
```

```
        evutil_socket_t server_fd;
        struct sockaddr_in listenaddr;
        base = event_base_new();
        if (!base)
                return 1;
        server_fd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
        if (server_fd < 0)
                return 2;
        memset(&listenaddr, 0, sizeof(listenaddr));listenaddr.sin_family = AF_INET;
        listenaddr.sin_port = htons(LISTEN_PORT);
        listenaddr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
        if (bind(server_fd, (struct sockaddr * )&listenaddr, sizeof(listenaddr))<0)
                return 3;
        server = evdns_add_server_port_with_base(base, server_fd, 0,
        server_callback, NULL);
        event_base_dispatch(base);
        evdns_close_server_port(server);
        event_base_free(base);
        return 0;
}
```

17.废弃的 DNS 接口

废弃的接口

```
void evdns_base_search_ndots_set(struct evdns_base* base,const int ndots);
int evdns_base_nameserver_add(struct evdns_base* base,unsigned long int address);
void evdns_set_random_bytes_fn(void ( * fn)(char* , size_t));
struct evdns_server_port* evdns_add_server_port(evutil_socket_t socket,
                      int flags,
                      evdns_request_callback_fn_type callback,
                      void* user_data);
```

evdns_base_search_ndots_set()等价于使用 evdns_base_set_option()设置 ndots 选项。除了只能添加 IPv4 地址的名字服务器外，evdns_base_nameserver_add()函数的行为与 evdns_base_nameserver_ip_add()相同。特别的是，evdns_base_nameserver_add()要求网络字节序的四字节地址。

2.0.1-alpha 版本之前，不能为 DNS 服务端口指定 event_base。通过 evdns_add_server_port()添加的服务端口只能使用默认的 event_base。

从版本 2.0.1-alpha 到 2.0.3-alpha，可以使用 evdns_set_random_bytes_fn()，而不是 evdns_set_transsaction_id_fn()，来指定用于产生随机数的函数。这个函数现在没有效果了，因为 libevent 有自己的安全的随机数发生器了。DNS_QUERY_NO_SEARCH 标志曾经称作 DNS_NO_SEARCH。

2.0.1-alpha 版本之前，没有单独的 evdns_base 记号：evdns 子系统中的所有信息都是全局存储的，操作这些信息的函数不需要 evdns_base 参数。这些函数现在都废弃了，但是还声明在 event2/dns_compat.h 中。它们通过一个单独的全局 evdns_base 实现，通过 2.0.3-alpha 版本引入的 evdns_get_global_base()可以访问这个 evdns_base。

函数对照表	
当前函数	废弃的 global_evdns_base 版本函数
event_base_new()	evdns_init()
evdns_base_free()	evdns_base_free()
evdns_base_nameserver_add()	evdns_nameserver_add()
evdns_nameserver_add()	evdns_count_nameservers()
evdns_base_clear_nameservers_and_suspend()	evdns_clear_nameservers_and_suspend()
evdns_base_resume()	evdns_resume()
evdns_base_nameserver_ip_add()	evdns_nameserver_ip_add()
evdns_base_resolve_ipv4()	evdns_resolve_ipv4()
evdns_base_resolve_ipv6()	evdns_resolve_ipv6()
evdns_base_resolve_reverse()	evdns_resolve_reverse()
evdns_base_resolve_reverse_ipv6()	evdns_resolve_reverse_ipv6(
evdns_base_set_option()	evdns_set_option()
evdns_base_resolv_conf_parse()	evdns_resolv_conf_parse()
evdns_base_search_clear()	evdns_search_clear()
evdns_base_search_add()	evdns_search_add()
evdns_base_search_ndots_set()	evdns_search_ndots_set()
evdns_base_config_windows_nameservers()	evdns_config_windows_nameservers()

如果 evdns_config_windows_nameservers() 可用，则 EVDNS_CONFIG_WINDOWS_NAMESERVERS_IMPLEMENTED 宏会被定义。

18.LibEvent 编程示例

18. 1Event 客户端服务器示例

18. 1. 1 客户端

client.c

```
/*Author:ZhouYong
http://blog.csdn.net/zhouyongku
Date:2016-11-29*/

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include<sys/types.h>
#include<sys/socket.h>
#include<netinet/in.h>
#include<arpa/inet.h>
#include<event2/event.h>

#define MAX_READ_MSG_LEN     4096

const   char * g_szServerIP = "127.0.0.1";
const   short          g_nConnectPort = 15623;
```

```
//Wait For socket can read,then call the callback fun.
void OnClientRead(int fd,short narg,void *pParam );


int main()
{


	/*------------------------ConnectToServer------------------------*/
	int fd = socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
	if( fd<0 )
	{
		printf("Client Create Socket Error!\n");
		return -1;
	}

	sockaddr_in addr;
	inet_aton(g_szServerIP,&addr.sin_addr);
	addr.sin_port = htons(g_nConnectPort);
	addr.sin_family = PF_INET;

	if( connect(fd,(sockaddr*)&addr,sizeof(addr)) <0 )
	{
		close(fd);
		printf("Client Connect To Server ip=%s port=%d
failed!!\n",g_szServerIP,g_nConnectPort);
		return -1;
	}

	printf("Client Connect To Server ip=%s port=%d
success!\n",g_szServerIP,g_nConnectPort);

	sleep(1);
	/*------------------------CreateEventBase------------------------*/
	event_base *pBase = event_base_new();
	if( NULL == pBase )
	{
		printf("Client Create Event Base Error!\n");
		return -1;
	}


	/*------------------------CreateEvent------------------------*/
	event  *pEvent = event_new(pBase,fd,EV_READ|EV_PERSIST,OnClientRead,NULL);
	if( NULL == pEvent )
	{
		printf("Client Create Event Failed!\n");
		return -1;
	}


	/*------------------------Add Event To List------------------------*/
	event_add(pEvent,NULL);
```

```
        /*------------------------EventLoop------------------------*/
        event_base_dispatch(pBase);

        return 0;

}

void OnClientRead(int fd,short narg,void *pParam )
{

        char szMsg[MAX_READ_MSG_LEN] = { 0 };
        int nLen = read(fd, szMsg, MAX_READ_MSG_LEN-1);
        if( nLen <= 0 )
        {
                printf("OnClientRead failed of read message!\n");
                return;
        }

        szMsg[nLen] = '\0';

        printf("OnClientRead read msg=%s\n", szMsg);

}
```

18.1.2 服务器端

server.c

```
/*Author:ZhouYong
http://blog.csdn.net/zhouyongku
Date:2016-11-29*/
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include<sys/types.h>
#include<sys/socket.h>
#include<netinet/in.h>
#include<arpa/inet.h>
#include<event2/event.h>

#define MAX_LISTEN_SOCKET_NUM1024
#define MAX_SEND_MSG_LEN            4096
const   short          g_nConnectPort = 15623;

void OnAccept( int fdListener,short nArg,void *pParam );

int main()
{

        /*------------------------Bind socket and listen------------------------*/
        sockaddr_in addr;
```

```
        addr.sin_addr.s_addr= 0;
        addr.sin_family = PF_INET;
        addr.sin_port = htons(g_nConnectPort);

        int fdListener = socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);

        if( fdListener<0 )
        {
                printf("Server Create Socket Error!\n");
                return -1;
        }


        if( bind(fdListener,(sockaddr*)&addr,sizeof(addr)) <0 )
        {
                printf("Server bind Socket Error!\n");
                return -1;
        }

        if( listen(fdListener,MAX_LISTEN_SOCKET_NUM) <0 )
        {
                printf("Server listen  Error!\n");
                return -1;
        }


        /*------------------------Create eventbase------------------------*/
        event_base *pBase = event_base_new();
        if( NULL == pBase )
        {
                printf("Server Create Event Base Error!\n");
                return -1;
        }

        /*------------------------CreateEvent------------------------*/
        event   *pEvent =
event_new(pBase,fdListener,EV_READ|EV_PERSIST,OnAccept,pBase);
        if( NULL == pEvent )
        {
                printf("Server Create Event Failed!\n");
                return -1;
        }



        /*------------------------Add Event To List------------------------*/
        event_add(pEvent,NULL);




        /*------------------------EventLoop------------------------*/
        event_base_dispatch(pBase);

        return 0;
```

```
}


void OnAccept( int fdListener,short nArg,void *pParam )
{
	if( NULL == pParam ) return;

	event_base *pBase = (event_base*)pParam;


	evutil_socket_t fdClient;
	struct sockaddr_in addrClient;
	socklen_t nAddrLen;

	fdClient = accept(fdListener, (sockaddr*)&addrClient, &nAddrLen );
	if( fdClient <0 )
	{
		printf("Server OnAccept failed of accept!");
		return;
	}

	evutil_make_socket_nonblocking(fdClient);

	printf("Server accept socket =%d!\n",fdClient);

	//event *pEvent = event_new(pBase,fdClient,EV_READ|EV_PERSIST,......


}
```

18.1.3 编译源码

编译

```
[root@localhost Test2]# g++ -c client.c
[root@localhost Test2]# g++ -levent client.o -o client
[root@localhost Test2]# g++ -c server.c
[root@localhost Test2]# g++ -levent server.o -o server
```

18.1.4 脚本文件

批量运行脚本

```
[root@localhost Test2]# vi run.sh
#!/bin/bash
for i in $(seq 1 100 )
do
    ./client &

done
```

18.1.4 运行测试

运行服务端

```
[root@localhost Test2]# rm -rf *.o
[root@localhost Test2]# ll
total 44
-rwxr-xr-x. 1 root root 13340 Nov 29 22:33 client
-rw-r--r--. 1 root root  2156 Nov 29 21:45 client.c
-rw-r--r--. 1 root root    61 Nov 29 22:19 run.sh
-rwxr-xr-x. 1 root root 13239 Nov 29 22:34 server
-rw-r--r--. 1 root root  2267 Nov 29 22:12 server.c
[root@localhost Test2]# ./server
```

批量运行客户端

```
[root@localhost Test2]# sh run.sh
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
Client Connect To Server ip=127.0.0.1 port=15623 success!
```

服务器反馈

```
[root@localhost Test2]# ./server
Server accept socket =7!
Server accept socket =8!
Server accept socket =9!
Server accept socket =10!
Server accept socket =11!
Server accept socket =12!
Server accept socket =13!
Server accept socket =14!
Server accept socket =15!
Server accept socket =16!
Server accept socket =17!
Server accept socket =18!
```

```
Server accept socket =19!
Server accept socket =20!
Server accept socket =21!
```

性能观察

```
[root@localhost Test2]# top
top - 22:41:26 up  1:59,  6 users,  load average: 0.04, 0.05, 0.13
Tasks: 424 total,   2 running, 422 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  0.0 us,  0.2 sy,  0.0 ni, 99.8 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
KiB Mem :  3874956 total,  2739080 free,   644724 used,   491152 buff/cache
KiB Swap:  2097148 total,  2097148 free,        0 used.  2969920 avail Mem

  PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU %MEM     TIME+ COMMAND
 3001 root      20   0  252412   1492   1080 S   0.7  0.0   0:33.81 pcscd
 1002 root      20   0  243868   6316   4808 S   0.3  0.2   0:09.48 vmtoolsd
 3498 zhouyong  20   0 1168896  24696  16296 S   0.3  0.6   0:17.31 gnome-settings-
 3748 zhouyong  20   0  144768   3360   2520 S   0.3  0.1   0:16.37 escd
 6600 root      20   0  143828   6124   3884 S   0.3  0.2   0:22.44 sshd
    1 root      20   0  192088   7388   2616 S   0.0  0.2   0:05.42 systemd
    2 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.04 kthreadd
    3 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.19 ksoftirqd/0
    5 root       0 -20       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.00 kworker/0:0H
    6 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.01 kworker/u128:0
    7 root      rt   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.24 migration/0
    8 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.00 rcu_bh
    9 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.00 rcuob/0
   10 root      20   0       0      0      0 S   0.0  0.0   0:00.00 rcuob/1
```

18.2BufferEvent 客户端服务器示例

18.2.1 客户端

client.c

```
/*Author:ZhouYong
http://blog.csdn.net/zhouyongku
Date:2016-11-29
*/
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<unistd.h>
#include<string.h>
#include<sys/types.h>
#include<sys/socket.h>
#include<netinet/in.h>
#include<arpa/inet.h>
#include<event2/event.h>
#include<event2/bufferevent.h>

#define MAX_READ_MSG_LEN     4096

const   char *          g_szServerIP = "127.0.0.1";
const   short           g_nConnectPort = 15623;
const   char *          g_szWellcomeMsg="This is bufferevent test client demo.\n";
```

```
const  char*          g_szUserMsg="Hi,I'm client with bufferevent!\n";

//Wait For data in buffer is ready to read,then call the callback fun.
void OnRead(bufferevent *pBufEvent,void *pParam );

//Wait For  buffer can write now,then call the callback fun.
void OnWrite(bufferevent *pBufEvent,void *pParam );

//Wait while some event happen to the socket,then call the callback fun.
void OnEvent(bufferevent *pBufEvent,short nEventType,void *pParam );

int main()
{

	printf(g_szWellcomeMsg);

	/*----------Use Bufferevent to connect server--------------*/

	sockaddr_in addr;
	inet_aton(g_szServerIP,&addr.sin_addr);
	addr.sin_port = htons(g_nConnectPort);
	addr.sin_family = PF_INET;

	event_base *pBase = event_base_new();
	if( NULL == pBase )
	{
		printf("Client Create Event Base Error!\n");
		return -1;
	}

	bufferevent *pBufEvent;

	//recv an close message
	pBufEvent = bufferevent_socket_new(pBase,-1,BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
	if( NULL == pBufEvent )
	{
		printf("Client bufferevent_socket_new Error!\n");
		return -1;
	}

	bufferevent_setcb(pBufEvent,OnRead,OnWrite,OnEvent,NULL);
	bufferevent_enable(pBufEvent, EV_READ | EV_WRITE | EV_PERSIST);

	if (bufferevent_socket_connect(pBufEvent,(sockaddr* )&addr,sizeof(addr)) < 0)
	{
		printf("Client bufferevent_socket_connect Error!\n");
		bufferevent_free(pBufEvent);
		return -1;
	}

	printf("Server bufferevent socket connect ip=%s port=%d
success!\n",g_szServerIP,g_nConnectPort);

	bufferevent_write(pBufEvent,g_szUserMsg,strlen(g_szUserMsg)+1);

	event_base_dispatch(pBase);
```

```
        return 0;

}

void OnRead(bufferevent *pBufEvent,void *pParam )
{
        printf("client OnRead!\n");
        char szMsg[MAX_READ_MSG_LEN] = { 0 };

        int nLen = bufferevent_read(pBufEvent,szMsg,MAX_READ_MSG_LEN );
        if( nLen >0 )
        {
                printf("Client OnRead Msg=[%s]\n",szMsg);
        }
}
void OnWrite(bufferevent *pBufEvent,void *pParam )
{
        printf("client OnWrite!\n");

}
void OnEvent(bufferevent *pBufEvent,short nEventType,void *pParam )
{

        if (nEventType & BEV_EVENT_EOF)
        {
                printf("OnEvent connection closed\n");
                bufferevent_free(pBufEvent);
        }
        else if ( nEventType &BEV_EVENT_CONNECTED )
        {
                printf("OnEvent connect to server success!\n");
        }
        else if (nEventType & BEV_EVENT_ERROR)
        {
                printf("OnEvent meet some other error\n");
        }
        else
        {
                //TODO:......
        }

}
```

18.2.2 服务器端

server.c

```
/*Author:ZhouYong
http://blog.csdn.net/zhouyongku
Date:2016-11-29
*/
```

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<unistd.h>
#include<string.h>
#include<sys/types.h>
#include<sys/socket.h>
#include<netinet/in.h>
#include<arpa/inet.h>
#include<event2/event.h>
#include<event2/bufferevent.h>
#include<event2/util.h>
#include<event2/listener.h>

#define MAX_READ_MSG_LEN     4096
#define MAX_LISTEN_SOCKET_NUM1024
const  char *         g_szServerIP = "127.0.0.1";
const  short          g_nConnectPort = 15623;
const  char *         g_szWellcomeMsg="This is bufferevent test Server demo.\n";
const  char*          g_szUserMsg="Hi,I'm Server with bufferevent!\n";


//Wait for an socket connect in,then call the callback fun
void OnAccept(evconnlistener *listener, evutil_socket_t fdClient,
                      sockaddr *pAddr, int nSocklen, void *pParam);

//Wait For data in buffer is ready to read,then call the callback fun.
void OnRead(bufferevent *pBufEvent,void *pParam );

//Wait For  buffer can write now,then call the callback fun.
void OnWrite(bufferevent *pBufEvent,void *pParam );

//Wait while some event happen to the socket,then call the callback fun.
void OnEvent(bufferevent *pBufEvent,short nEventType,void *pParam );


int main()
{

       printf(g_szWellcomeMsg);


       sockaddr_in addr;
       addr.sin_addr.s_addr = 0;
       addr.sin_port = htons(g_nConnectPort);
       addr.sin_family = PF_INET;

       event_base *pBase = event_base_new();
       if( NULL == pBase )
       {
              printf("Server Create Event Base Error!\n");
              return -1;
       }


       evconnlistener *pEvListener = evconnlistener_new_bind(pBase,
                                    OnAccept,
```

```
                                    pBase,
                                    LEV_OPT_REUSEABLE|LEV_OPT_CLOSE_ON_FREE,
                                    MAX_LISTEN_SOCKET_NUM,
                                    (sockaddr*)&addr,
                                    sizeof(addr));
        if( NULL == pEvListener )
        {
                event_base_free(pBase);
                printf("Server evconnlistener_new_bind failed!\n");
                return -1;
        }
        event_base_dispatch(pBase);

        evconnlistener_free(pEvListener);

        event_base_free(pBase);

        return 0;

}

void OnAccept(evconnlistener *listener, evutil_socket_t fdClient,
                      sockaddr *pAddr, int nSocklen, void *pParam)
{
        if( NULL == pParam || NULL == pAddr ) return ;

        /*const char *const strIP = inet_ntoa(pAddr->sa_data);

        if( NULL == strIP )
        {
                printf("Server OnAccept meet an error!\n");
                return ;
        }*/

        printf("Server OnAccept an socket ip=%s,id=%d\n", pAddr->sa_data,fdClient);

        event_base *pBase = (event_base*)pParam;

        //*-----------Allocate a bufferevent for client connection-----------*/
        bufferevent *pBufEvent =  bufferevent_socket_new(pBase,
                              fdClient,
                              BEV_OPT_CLOSE_ON_FREE);
        if( NULL == pBufEvent )
        {
                printf("Server bufferevent_socket_new Error!\n");
                return;
        }
        bufferevent_setcb(pBufEvent, OnRead, OnWrite, OnEvent, NULL);
        bufferevent_enable(pBufEvent, EV_READ | EV_WRITE| EV_PERSIST);


}


void OnRead(bufferevent *pBufEvent,void *pParam )
{
```

```
        printf("Server  OnRead!\n");
        char szMsg[MAX_READ_MSG_LEN] = { 0 };

        int nLen = bufferevent_read(pBufEvent,szMsg,MAX_READ_MSG_LEN );
        if( nLen >0 )
        {
                printf("Server OnRead Msg=[%s]\n",szMsg);
        }
        bufferevent_write(pBufEvent,g_szUserMsg,strlen(g_szUserMsg)+1);
}
void OnWrite(bufferevent *pBufEvent,void *pParam )
{
        printf("Server OnWrite!\n");

}
void OnEvent(bufferevent *pBufEvent,short nEventType,void *pParam )
{

        if (nEventType & BEV_EVENT_EOF)
        {
                printf("OnEvent connection closed\n");
                //这将自动 close 套接字和 free 读写缓冲区
                bufferevent_free(pBufEvent);
        }
        else if ( nEventType &BEV_EVENT_CONNECTED )
        {
                printf("OnEvent connect to server success!\n");
        }
        else if (nEventType & BEV_EVENT_ERROR)
        {
                printf("OnEvent meet some other error\n");
        }
        else
        {
                //TODO:......
        }

}
```

18.2.3 编译源码

同 18.1.3

18.2.4 脚本文件

同 18.1.4

18.2.4 运行测试

运行服务端

```
[root@localhost Test3]# ./server
This is bufferevent test Server demo.
```

```
Server OnAccept an socket ip=,id=7
Server  OnRead!
Server OnRead Msg=[Hi,I'm client with bufferevent!
]
Server OnWrite!
```

运行客户端

```
[root@localhost Test3]# ./client
This is bufferevent test client demo.
Server bufferevent_socket_connect ip=127.0.0.1 port=15623 success!
OnEvent connect to server success!
client OnWrite!
client OnRead!
Client OnRead Msg=[Hi,I'm Server with bufferevent!
```

接口

```
```

接口

```
```

接口

```
```

接口

```
```