

# Datakommunikasjon og Nettverksprogrammering, Hovedrapport

Odd-Erik Frantzen, gruppe 34

## Innhold

1. Introduksjon .....	3
1.1 Introduksjon .....	3
1.2 Felles begreper .....	3
1.3 Kompilering med Boost .....	3
2. Øving 3 – Kommunikasjon over TCP. Matteklient og ensides webserver. ....	3
2.1 Begreper .....	3
2.2 Programmeringsmetoder .....	3
2.3 Utdrag fra kode .....	4
2.3.1 Server .....	4
2.3.2 Klient .....	5
2.3.3 Web server .....	7
2.4 Pakkefangst .....	7
2.4.1 Matteklient og Matteserver .....	7
2.4.2 Web server .....	8
2.5 Diskusjon .....	9
3. Øving 4 – Kommunikasjon over UDP .....	10
3.1 Begreper .....	10
3.2 Programmeringsmetoder .....	10
3.3 Utdrag fra kode .....	10
3.3.1 Server .....	10
3.3.2 Klient .....	12
3.4 Pakkefangst .....	13
3.5 Diskusjon .....	13
4. Øving 5 – Programmatisk bruk av databaser via ORM .....	14
4.1 Begreper .....	14
4.2 Programmeringsmetoder .....	14
4.2.1 Kompilering .....	14
4.2.2 ORM objekter i ODB .....	14
4.2.3 Objekter/Klasser/Metoder brukt: .....	15
4.3 Utdrag fra kode .....	15

4.3.1 Definisjon av ORM objektet .....	15
4.3.1 Oppgave 2 – skapelse, lasting og persistence.....	16
4.3.2 Oppgave 3 og 4 – Race condition skrivefeil, og optimistisk låsing.....	17
4.4 MySQL verdier under kjøring .....	18
4.4.1 Oppgave 2 .....	18
4.4.2 Oppgave 3 .....	18
4.4.3 Oppgave 4 .....	19
4.5 Diskusjon .....	20
5. Øving 6 – Websocket .....	20
5.1 Begreper.....	20
5.2 Programmeringsmetoder .....	20
5.3 Utdrag fra kode .....	21
5.4 Pakkefangst .....	24
5.5 Diskusjon .....	26

## 1. Introduksjon

### 1.1 Introduksjon

Full kildekode for alle øvingene ligger ute på <https://github.com/odderikf/datacom>.

### 1.2 Felles begreper

C++ - valgt programmeringsspråk for de fleste øvinger.

Boost – en gruppe biblioteker til C++ ment til å utvide standardbiblioteket, altså “booste” det.

I/O - In/Out, å ta inn data fra drivere og gi data ut til drivere, deriblant nettverkskort.

ASIO - Står for Async I/O. Det er et bibliotek under Boost som tilbyr funksjoner for synkrone og asynkrone I/O operasjoner, slik som TCP og UDP

### 1.3 Kompilering med Boost

Asio importeres da som `<boost/asio.hpp>`.

For å kompilere må det da legges til linkerflagg. I CMake kan dette gjøres med

```
find_package(Boost 1.65.1 REQUIRED COMPONENTS system)
include_directories(${Boost_INCLUDE_DIR})
target_link_libraries(TARGET ${Boost_LIBRARIES})
```

## 2. Øving 3 – Kommunikasjon over TCP. Matteklient og ensides webserver.

### 2.1 Begreper

C++ - valgt programmeringsspråk for øvingen.

ASIO – Biblioteket som har blitt brukt for asynkron TCP i øvingen.

TCP – Protokoll på transportlaget som brukes til bl.a. HTTP

### 2.2 Programmeringsmetoder

Jeg har valgt å bruke C++ som programmeringsspråk, og biblioteket ASIO som er del av Boost (Boost::ASIO).

Namespacet `boost::asio::ip::tcp` er mye brukt, og det er derfor “using `boost::asio::ip::tcp`” i toppen av filene. Da slipper jeg altså å skrive fullt namespace hver gang namespacet `tcp` er brukt.

Det brukes også `shared pointers`, disse er i `<memory>` modulen i C++ sitt standardbibliotek. Disse er da `pointers` (referanser til hvor i minne noe er) med minnesikkerhet lagt oppå seg.

Generelt brukes:

```
boost::asio::io_service
tcp::socket
std::make_shared<T>(CONSTRUCTOR ARGS)
std::shared_ptr<T>
std::getline(istream, string)
```

```
std::cout
boost::asio::streambuf
boost::asio::async_read_until(socket, buffer, markerstring, callback)
boost::asio::async_write(socket, buffer, callback)
std::string
std::istream, std::ostream
std::exception
```

For matteserver og webserver er det også:

```
tcp::endpoint;
tcp::acceptor;
```

Mens for matteklient:

```
tcp::resolver
```

## 2.3 Utdrag fra kode

### 2.3.1 Server

Startpunkt, lager et serverobjekt og starter det:

```
int main() {

    WebServer server;
    server.start();

    return 0;
}
```

Konstruktør lager et endepunkt og en akseptør til å ta imot requests:

```
WebServer() : endpoint(tcp::v4(), 8081), acceptor(io_service, endpoint){}
```

Start starter en accept\_request, som vil starte en asynk prosess som tar seg av requests, og så starter den io\_service sin mainloop:

```
void start(){
    accept_request();
    Io_service.run();
}
```

Aksepterer nye requests og gir de en TCP socket. Kjører en ny instans av seg selv asynkront når den mottar en request, og gir socket til handle\_request loopen:

```
void accept_request(){
    auto socket = std::make_shared<tcp::socket>(io_service);
    acceptor.async_accept(*socket, [this, socket](const boost::system::error_code &ec){
        accept_request();
        if(!ec){
            std::cout << "boop" << std::endl;
            handle_request(socket)
        }
    });
}
```

Ta seg av en klientforbindelse, ved å lese data fra request, tolke den, og sende et svar:

```
void handle_request(const std::shared_ptr<tcp::socket> &socket){
    auto read_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
    boost::asio::async_read_until(*socket, *read_buffer, "\r\n", [=](const
boost::system::error_code &ec, size_t){
        if(!ec){
            std::string message;
            std::string failmessage;
            std::istream read_stream(read_buffer.get());
            std::getline(read_stream, message);
            message.pop_back();
            if(message == "exit") return;
```

[ Strengtolkning og så videre for kalkulator ]

```
        auto write_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
        std::ostream write_stream(write_buffer.get());
        if(failmessage.length()) write_stream << failmessage << "\r\n";
        else write_stream << (isPlus ? a+b : a-b) << "\r\n";

        // Write to client
        boost::asio::async_write(*socket, *write_buffer, [this, socket,
write_buffer](const boost::system::error_code &ec, size_t) {
            // If not error:
            if (!ec) {
                std::cout << "server: reply sent to client" << std::endl;
                handle_request(socket);
            }
        });
    }
});
}
```

### 2.3.2 Klient

Entry point starter en MathClient mot localhost:8081:

```
int main() {
    MathClient("127.0.0.1", 8081);
}
```

Konstruktør tar en url og en port, og resolver asynkront hvor serveren er. Den kjører så io\_service sin mainloop. Inni callbacken lager den en socket, kobler seg mot serveren, og går over til matteklient-loopen ask:

```
MathClient(const std::string &host, unsigned short port) : resolver(io_service) {
    // Create query from host and port
    auto query = tcp::resolver::query(host, std::to_string(port));
```

```

// Resolve query (DNS-lookup if needed)
resolver.async_resolve(query, [this](const boost::system::error_code &ec,
                                   boost::asio::ip::tcp::resolver::iterator it) {
    // If not error:
    if (!ec) {
        std::cout << "client: query resolved" << std::endl;

        auto socket = std::make_shared<tcp::socket>(io_service);

        boost::asio::async_connect(*socket, it, [this, socket](const
boost::system::error_code &ec,
                                   boost::asio::ip::tcp::resolver::iterator
/*it*/) {
            // If not error:
            if (!ec) {

                std::cout << "client: connected to server" << std::endl;
                std::cout << "Syntaks: a+b eller a-b" << std::endl;
                ask(socket);

            }
        });
    }
});

io_service.run();
}

```

Ask-loopen skriver da meldingen til server, leser svaret, printer det ut, og rekurserer (altså loop):

```

void ask(std::shared_ptr<tcp::socket> const& socket){
    // write buffer with automatic memory management through reference counting
    auto write_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
    std::ostream write_stream(write_buffer.get());
    std::string message;

    std::getline(std::cin, message);
    write_stream << message << "\r\n"
        "";
    if(message == "exit") return;

    boost::asio::async_write(*socket, *write_buffer, [this, socket,
write_buffer](const boost::system::error_code &ec, size_t) {
        // If not error:
        if (!ec) {
            auto read_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
            // Read from client until newline ("\r\n")
            boost::asio::async_read_until(*socket, *read_buffer, "\r\n", [this,
socket, read_buffer](const boost::system::error_code &ec, size_t) {
                // If not error:
                if (!ec) {
                    std::string message;

```

```

        std::istream read_stream(read_buffer.get());
        std::getline(read_stream, message);
        std::cout << message << std::endl;
        ask(socket);
    }
    });
}
});
}

```

### 2.3.3 Web server

Her er det egentlig mye av det samme som i matteserver, hovedforskjellen er meldingen som blir sendt i svar:

```

std::string response = "HTTP/1.1 200 OK\r\nconnection: keep-
alive\r\n\r\n<html>\r\n<body>\r\n\r\n";
response += "<h1>Velkommen</h1>\r\n\r\n";
response += "<ul>";
while(std::getline(read_stream, message)){
    message.pop_back();
    if(message != "")
        response += ("<li>" + message + "</li>\r\n\r\n");
}
response += "</ul>\r\n\r\n";
response += "</body>\r\n</html>\r\n\r\n\r\n";
write_stream << response;

```

## 2.4 Pakkefangst

### 2.4.1 Matteklient og Matteserver

Starter server og klient, og fanger da kommunikasjonen mellom de. Ser at det skjer en 3-way handshake med syn, syn/ack, ack

Length	Info
74	44990 → 8081 [SYN] Seq=0 Win=43690
74	8081 → 44990 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
66	44990 → 8081 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=

Ser da på første melding sit TCP felt og ser at melding sendes fra en dynamisk port (da klient ikke oppgir port) til port 8081 der serveren lytter.

```

+ Internet Protocol version 4, S
- Transmission Control Protocol,
  Source Port: 44990
  Destination Port: 8081
  [Stream index: 0]

```

Serveren vet da at den nye socketen skal koble til port 44990

Sender så «2+2» fra klienten, og ser da at klienten sender hele meldingen i en TCP request, som da har PSH for å vise at meldingen er ferdig. Det sendes også med ACK i hver melding, i tillegg til at det

noen ganger kommer separate ACK. Serveren svarer da ACK, og så PSH,ACK med svaret på 2+2, som da er 4.

```

44990 → 8081 [ACK] Seq=1 Ack=
44990 → 8081 [PSH, ACK] Seq=
8081 → 44990 [ACK] Seq=1 Ack=
8081 → 44990 [PSH, ACK] Seq=
44990 → 8081 [ACK] Seq=6 Ack=

```

Her kan vi da se dataen i klartekst:

Data (5 bytes)  
Data: 312b310d0a  
[Length: 5]

```

0000  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 08 00 45 00  .....E.
0010  00 39 90 ae 40 00 40 06 ac 0e 7f 00 00 01 7f 00  ..9..@.@. ....
0020  00 01 af be 1f 91 66 19 06 06 a4 ab 0f b1 80 18  ....f. ....
0030  01 56 fe 2d 00 00 01 01 08 0a 03 4c 52 11 03 48  ..V.-...LR..H
0040  8d 82 31 2b 31 0d 0a  ..1+1..

```

Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1  
Transmission Control Protocol, Src Port: 8081, Dst Port: 44990, Seq: 1, A  
Data (3 bytes)  
Data: 320d0a  
[Length: 3]

```

0000  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 08 00 45 00  .....E.
0010  00 37 99 19 40 00 40 06 a3 a5 7f 00 00 01 7f 00  ..7..@.@. ....
0020  00 01 1f 91 af be a4 ab 0f b1 66 19 06 0b 80 18  ....f. ....
0030  01 56 fe 2b 00 00 01 01 08 0a 03 4c 52 13 03 4c  ..V.+...LR..L
0040  52 11 32 0d 0a  R.2..

```

Til slutt skriver jeg exit i klienten, som da returnerer uten å sende melding. Når socketen da går ut av scope, så blir den destruert (selv om den er pointer, da smart pointers har referansetelling). Da sendes FIN til server, og server svarer FIN.

```

44990 → 8081 [FIN, ACK] Seq=11 Ack=
8081 → 44990 [FIN, ACK] Seq=7 Ack=
44990 → 8081 [ACK] Seq=12 Ack=

```

## 2.4.2 Web server

Kjører curl på serveren og får da



Protocol	Length	Info
TCP	74	42060 → 80 [SYN] Seq=0 W
TCP	74	80 → 42060 [SYN, ACK] Se
TCP	66	42060 → 80 [ACK] Seq=1 A
HTTP	139	GET / HTTP/1.1
TCP	66	80 → 42060 [ACK] Seq=1 A
HTTP	283	HTTP/1.1 200 OK
TCP	66	42060 → 80 [ACK] Seq=74
TCP	66	80 → 42060 [FIN, ACK] Se
TCP	66	42060 → 80 [FIN, ACK] Se
TCP	66	80 → 42060 [ACK] Seq=219

Altså skjer det en TCP handshake, en GET, en OK, og mutuell FIN.

```

odderikf@odderikf-mint:~$ curl 127.0.0.1 -p 8080
<html>
<body>
<h1>Velkommen</h1>
<ul><li>GET / HTTP/1.1</li>
<li>Host: 127.0.0.1</li>
<li>User-Agent: curl/7.58.0</li>
<li>Accept: */*</li>
</ul>
</body>
</html>
curl: (7) Couldn't connect to server

```

Curl henter da nettsiden, men klager så på at den ikke får forbindelse, som er rart, men kan være pga. at serveren ikke bevarer forbindelse. Den laster derimot uten problem i chromium:

## Velkommen

- GET / HTTP/1.1
- Host: 127.0.0.1
- Connection: keep-alive
- Upgrade-Insecure-Requests: 1
- User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86\_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Ubuntu Chromium/73.0.3683.75 Chrome/73.0.3683.75 Safari/537.36
- Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,\*/\*;q=0.8
- Accept-Encoding: gzip, deflate, br
- Accept-Language: en-GB,en-US;q=0.9,en;q=0.8

For chromium, ser pakkefangst ganske identisk ut, men det skjer en ny TCP oppkobling og en GET request for favicon, som da blir besvart med indekssiden på nytt da serveren ikke gjør noe sjekk på \*hva\* som bes om, og vil svare selv på en TCP pakke som bare er to newlines. Uten noe innhold vil den såklart ikke ha noen headers å fylle listen på siden med.

## 2.5 Diskusjon

Den asynkrone kommunikasjonen gjør at flere kan koble seg opp samtidig, og TCP overleverer informasjon pålitelig. Det er såklart store pakkehoder, og overflødige ACK meldinger, men det er ganske lett å bruke og det er pålitelig.

### 3. Øving 4 – Kommunikasjon over UDP

#### 3.1 Begreper

UDP – Transportprotokoll med mindre pakkehode enn TCP, som også mangler sjekk på om pakker kommer frem. Raskere, men mindre effektiv.

#### 3.2 Programmeringsmetoder

Jeg har valgt å bruke C++ som programmeringsspråk, og biblioteket ASIO som er del av Boost (Boost::ASIO).

Generelt er fremgangsmåten basert på forrige øving, men en del detaljer blir forskjellig med UDP.

Namespacet `boost::asio::ip::udp` er mye brukt, og det er derfor “using `boost::asio::ip::udp`” i toppen av filene. Da slipper jeg altså å skrive fullt namespace hver gang namespace `udp` er brukt.

Det brukes også shared pointers, disse er i `<memory>` modulen i C++ sitt standardbibliotek. Disse er da pointers (referanser til hvor i minne noe er) med minnesikkerhet lagt oppå seg.

I denne øvingen valgte jeg å la klient kjøre helt synkront, da det oppstår en del detaljer ekstra i de asynkrone funksjonene, og klienten trenger ikke snakke med mer enn en socket.

Generelt brukes:

```
boost::asio::io_service
udp::socket
std::make_shared<T>(CONSTRUCTOR ARGS)
std::shared_ptr<T>
std::cout
boost::asio::buffer
boost::array<T, SIZE>
socket.send_to(buffer, endpoint, flag)
socket.receive_from(buffer, endpoint, flag)
udp::endpoint
std::string
std::istream, std::ostream
std::exception
```

For matteserver og webserver er det også:

```
socket.async_receive_from(buffer, endpoint, flag, callback)
socket.async_send_to(buffer, endpoint, flag, callback)
```

Mens for matteklient:

```
udp::resolver
```

#### 3.3 Utdrag fra kode

##### 3.3.1 Server

Likt forrige, så startes serveren ved å lage et objekt av `WebServer` og kjøre `start()` på det. Den konstruerer et endpoint på 8081, og lager en socket, og start starter så `accept_request()` og `io_service.run()`.

`Accept_request` ser da forskjellig ut. UDP mangler en acceptor som gjør 3-way-handshake, så det starter direkte med en melding. Jeg har da valgt å sende en enkelt byte fra klient for å begynne

oppkoblingen. Man lager da et endpoint objekt, og ber socketen motta en melding. Om endpointet oppgitt ikke er initialisert enda, blir da melding fra hvem som helst å mottas, og endpointet vil bli satt til å være denne avsenderen. Tar da å gjør dette asynkront, og har callback metoden til å starte en ny asynkron `accept_request`, og så lager den en ny socket, svarer klienten med den samme byten som ble mottatt så klienten kan få med seg den nye socketen som endpoint, og så starter den `handle_request` loopen.

```
void accept_request(){
    auto remote_endpoint = std::make_shared<udp::endpoint>();
    auto buf = std::make_shared<boost::array<unsigned char, 1>>>();

    base_socket.async_receive_from(boost::asio::buffer(*buf), *remote_endpoint, 0,
    [=](boost::system::error_code ec, std::size_t s){
        accept_request();
        if(!ec && (*buf)[0] == 'h'){
            std::cout << remote_endpoint->address() << ':' << remote_endpoint->port()
            << std::endl;
            auto socket = std::make_shared<udp::socket>(io_service);
            socket->open(udp::v4());
            socket->send_to(boost::asio::buffer(*buf), *remote_endpoint, 0);
            handle_request(socket, remote_endpoint);
        }
    });
}
```

`handle_request` tar da å mottar asynkront fra et spesifikt endepunkt. Callbacken rekurserer for å kunne motta neste melding fortløpende, tolker meldingen den mottar, og sender svar asynkront.

```
void handle_request(std::shared_ptr<udp::socket> const& socket,
std::shared_ptr<udp::endpoint> const& remote_endpoint){
    auto buf = std::make_shared<boost::array<char, 256>>>();
    socket->async_receive_from(boost::asio::buffer(*buf), *remote_endpoint, [=](const
boost::system::error_code &ec, size_t s){
        if(!ec){
            std::string message_in(buf->begin(), buf->begin()+s);
            std::string failmessage;
            if(message_in == "exit") return;
            else handle_request(socket, remote_endpoint);
        }
    });
}
```

[ Strengtolkning og så videre for kalkulator ]

```
std::string message_out;

if(failmessage.length()){
    message_out = failmessage;
}
else {
    message_out = std::to_string(isPlus ? a+b : a-b);
}
message_out += "\r\n";
```

```

        message_out += '\0';

        // Write to client
        socket->async_send_to(boost::asio::buffer(message_out), *remote_endpoint,
[=](const boost::system::error_code &ec, size_t) {
            // If not error:
            if (!ec) {
                std::cout << "server: reply sent to client" << std::endl;
                std::cout << message_out << std::endl;
            }
        });
    }
}
}

```

### 3.3.2 Klient

Konstruerer først et MathClient objekt med «127.0.0.1» og 8081 som adresse og port.

Konstruktør tar så å lager et resolver::query objekt for adresse og port, og får resolver til å konstruere et endpoint fra queriet. Så lages det en socket, og en boost::array<char, 1>, med bare 'h' i seg. Dette sendes da til endepunktet. Så lages ett nytt endepunkt, som brukes i receive\_from for å initialiseres med det nye endepunktet fra serveren for denne UDP forbindelsen. Den sjekker da at meldingen er 'h', og gir så socketen og det nye endepunktet til ask loopen.

```

MathClient(const std::string &host, unsigned short port) : resolver(io_service) {
    // Create query from host and port
    auto query = udp::resolver::query(host, std::to_string(port));
    udp::endpoint remote_base(*resolver.resolve(query));

    udp::socket socket(io_service);
    socket.open(udp::v4());

    boost::array<char, 1> buf0 = {'h'};
    boost::array<char, 1> buf1;
    boost::system::error_code ec;

    socket.send_to(boost::asio::buffer(buf0), remote_base);
    udp::endpoint remote_endpoint;
    socket.receive_from(boost::asio::buffer(buf1), remote_endpoint);
    if(buf1[0] == 'h'){
        std::cout << remote_endpoint.address() << ':' << remote_endpoint.port() <<
std::endl;
        std::string message_out;
        ask(socket, remote_endpoint);
        io_service.run();
    }
}

```

I ask loopen leses det inn tekst fra konsoll, teksten sendes til server, et svar hentes fra server, og svaret blir skrevet ut.

```

void ask(udp::socket &socket, udp::endpoint &remote_endpoint){
    std::string message_out;

```

```

while( std::cin >> message_out and message_out != "exit"){
    socket.send_to(boost::asio::buffer(message_out), remote_endpoint);
    boost::array<char, 256> message_in;
    socket.receive_from(boost::asio::buffer(message_in), remote_endpoint);
    std::cout << std::string(message_in.data()) << std::endl;
    ask(socket, remote_endpoint);
}
}

```

### 3.4 Pakkefangst

Starter opp server og klient. Ser da at de sender en UDP pakke hver vei. Den første sendes da fra en dynamisk port til 8081, og får svar fra en ny dynamisk port.

Protocol	Length	Info
UDP	43	33260 → 8081 Len=1
UDP	43	59438 → 33260 Len=1

Dataen i begge er da h

Data (1 byte)
Data: 68
[Length: 1]

0000	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 08 00 45 00	.....E
0010	00 1d 9e 65 40 00 40 11	9e 68 7f 00 00 01 7f 00	...e@.@.h.....
0020	00 01 81 ec 1f 91 00 09	fe 1c 68	.....h

Sender så «1+1» fra klient, og ser at det går en pakke hver vei, nå via de to dynamiske portene

45	33260 → 59438	Len=3
53	59438 → 33260	Len=11

Vi kan og merke at lengden på UDP pakkene er rundt 40-50 byte, med veldig kort data. Svaret er lengre, da det sendes tall som streng med et visst antall siffer, mens fra klient ble det sendt bare tre karakterer, '1', '+', '1'. Vi kan så sammenligne med pakkefangst av øving 3 sin matteklient, der den samme samtalen ender opp på 60-70 byte, eller 140 om man teller med ACK meldingene.

TCP	71	57396 → 8081	[PSH, ACK]	Seq=1 Ack=1 Win=43776 Len=5	TSval=76556201 TSecr=76552242
TCP	66	8081 → 57396	[ACK]	Seq=1 Ack=6 Win=43776 Len=0	TSval=76556201 TSecr=76556201
TCP	69	8081 → 57396	[PSH, ACK]	Seq=1 Ack=6 Win=43776 Len=3	TSval=76556202 TSecr=76556201
TCP	66	57396 → 8081	[ACK]	Seq=6 Ack=4 Win=43776 Len=0	TSval=76556202 TSecr=76556202

### 3.5 Diskusjon

UDP er da mindre, og sender halvparten så mange pakker. Det er derimot mulig for pakker å forsvinne uten at avsender er klar over det og kan sende pakken over på nytt, som kan forårsake

kommunikasjonsfeil. For eksempel, I dette eksempelet kunne klienten ventet for evig på et svar, uten å gi bruker mulighet til å spørre på nytt, uten at server vet at noe er galt. Dette kan tas seg av i kode på forskjellige vis, f.eks. kunne jeg latt bruker spørre ett nytt spørsmål mens klient venter på svar, og da ville det nye spørsmålet kunne blitt svart på. Ellers kunne det blitt brukt timeout på svar, og spørsmålet kunne ha blitt sendt på nytt om det timer ut. Løsninger blir såklart på case-by-case basis, da den generelle løsningen er å bruke TCP istedenfor UDP, som ikke alltid er ideelt eller praktisk. Løsningene foreslått her avhenger da av at et svar forventes, og dette er da ofte ikke sant om man først har valgt UDP.

## 4. Øving 5 – Programmatisk bruk av databaser via ORM

### 4.1 Begreper

ORM – Object-Relational Mapping. Et begrep for når man har en strukturert kobling mellom objekter i kode (e.g. i C++ eller Java), og relasjoner i en relasjonsdatabase (e.g. MySQL eller SQLite). Eksempler på ORM verktøy er da ODB for C++, og Java Persistence i Java.

### 4.2 Programmeringsmetoder

Jeg har valgt å bruke C++ som programmeringsspråk, og ODB som verktøy for ORM.

#### 4.2.1 Kompilering

Siden C++ mangler Reflection, da det er et fullstendig compilert språk, er det veldig vanskelig å få til et typisk ORM rammeverk i det. ODB har da valgt å bruke preprocessor til det arbeidet som reflection gjør. Kode må derfor kjøres gjennom ODB sin egen compiler for å lage databaseobjektene, som kompliserer kompilasjon litt. For å få dette til i CMAKE brukte jeg da <https://github.com/BtbN/OdbCmake>. Stegene jeg måtte ta:

Legge filen database.h fra repoet til prosjektet.

Basere CMakeLists formatet på den i repoet

Legge mappen cmake/Modules fra repoet til i prosjektet, som da har filene FindODB.cmake og UseODB.cmake, som forteller CMake hvordan den skal finne og bruke pakken ODB

Inkludere lisensfilen fra repoet som Odbmake\_LICENSE.txt, da den eneste begrensningen i lisensen er at lisensen må inkluderes

#### 4.2.2 ORM objekter i ODB

ORM objekter defineres da i odb ved å sette #pragma flagg rundt klasser og felter som skal kobles mot database, og legge til «friend class odb::access», som lar odb få tilgang til private felter i klassen.

Dette inkluderer da å spesifisere at en klasse er et db objekt, og om klassen bruker optimistisk låsing.

Du kan og spesifisere informasjon om feltene, slik som at noe er id, at id skal auto\_increments, default verdier, nøyaktig type en variabel skal ha i databasen (f.eks. varchar(X)/text på strenger)

Når ODB da preprosesserer vil den generere støttetekoden rundt denne klassen, og en sql fil man kan bruke for å skape tabellen i databasen.

Man må da inkludere den genererte headerfilen i tillegg til selve klassen sin header når det skal brukes. Man kan få en klage i IDE på at den ikke finnes, men når man har kjørt den en gang tar ihvertfall CLion innser at filen finnes i cmake-build-debug/odb\_gen. Man må såklart også inkludere <odb/database.hxx> og <odb/mysql/database.hxx> for bindingene. Erstatt evt. Mysql med et annet støttet databasespråk.

#### 4.2.3 Objekter/Klasser/Metoder brukt:

```
Std::cin, std::cout  
std::string  
odb::mysql::database  
odb::transaction  
#pragma db
```

#### 4.3 Utdrag fra kode

##### 4.3.1 Definisjon av ORM objektet

Her brukes da `#pragma db` som markør til preprosessor om at dette er ODB flagg. Object brukes da til å si det er et ORM objekt. Optimistic betyr at optimistisk låsing skal brukes. Dette må da fjernes for oppgave 3 der man skal få feil, og må inkluderes for oppgave 4 der optimistisk låsing skal la oss oppdage og angre feilen. Som nevnt er friend class `odb::access` for å la odb få endre på interne variabler, da odb ikke bruker getters og setters via reflections slik som i javabeans. Det kreves også av odb at det finnes en konstruktør uten argumenter, men denne kan da være privat.

```
#pragma db object optimistic  
class account{  
private:  
    friend class odb::access;  
    account(){};
```

Det brukes så "id" til å markere at dette er id for tabellen, og «auto» for auto increment. `Default(0)` setter defaultverdi, `type(Str)` setter typen spesifikt istedenfor implisitt. `Version` brukes til å si at dette er feltet brukt for optimistic locking.

```
#pragma db id auto  
int _account_number;  
  
#pragma db default(0)  
double _balance;  
#pragma db type("VARCHAR(100)")  
string _name;  
  
#pragma db version default(0)  
unsigned' long version;
```

Det er da ingen krav om getters og setters i odb, men har her brukt det som virker som et vanlig c++ format, der du bruker variabelnavnet som funksjon, og legger en understrek foran det ekte navnet. ODB virker til å gjenkjenne dette formatet, da understrekene foran ikke tas med i den genererte sql filen.

```
public: // getters og setters:  
    const int &account_number() const{ return _account_number; }  
    const double &balance() const{return _balance; }  
    void balance(const double &v){ _balance=v; }  
    const string &name() const{ return _name; }  
    void name(const string &v) { _name=v; }  
    account(const string &name) : _name(name){}; //konstruktør  
};
```

Det genereres som nevnt en tilsvarende sql fil, `account.sql`:

```
/* This file was generated by ODB, object-relational mapping (ORM)
 * compiler for C++.
 */
```

```
DROP TABLE IF EXISTS `account`;
```

```
CREATE TABLE `account` (
  `account_number` INT NOT NULL PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
  `balance` DOUBLE NOT NULL DEFAULT 0,
  `name` VARCHAR(100) NOT NULL,
  `version` BIGINT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT 0)
ENGINE=InnoDB;
```

#### 4.3.1 Oppgave 2 – skapelse, lasting og persistence

Skaper først databaseobjektet, forteller den at den skal bruke bruker test, med tomt passord, på databasen «datacom5». Man kan videre evt. spesifisere en host, port, socket, charset, og flagg, men disse er ikke nødvendig for localhost.

```
odb::mysql::database db("test", "", "datacom5");
```

Så lager jeg en blokk, bare for å ha et scope for transaksjonene å falle ut av så jeg slipper å finne på nye navn for de. Jeg lager instanser av objektene spesifisert i account.hpp, starter en transaksjon, og ber databasen persiste objektene. Til slutt committer jeg.

```
{
  account john("john");
  john.balance(50.2);
  account jane("jane");

  odb::transaction t(db.begin());

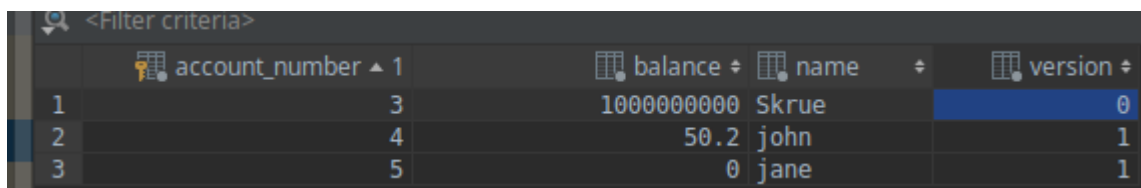
  db.persist(john);
  db.persist(jane);

  t.commit();
}
```

Så får jeg applikasjonen til å vente så jeg kan sjekke endringer i mysql

```
string waiter;
cin >> waiter;
```

Ser da at den har skapt de to brukerne



	account_number	balance	name	version
1	3	1000000000	Skrue	0
2	4	50.2	john	1
3	5	0	jane	1

Så starter jeg en ny transaksjon, henter alle kontoer der balansen er større enn 25, setter de til 25.3, og committer. Merk at odb har en veldig fin måte å querye på, som bruker prepared statements i

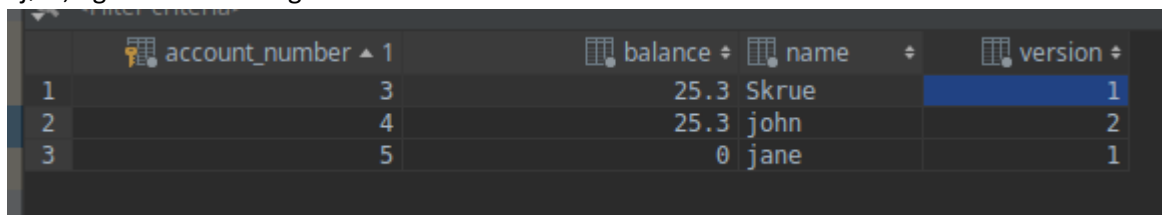


bakenden. Antakeligvis har `odb::query<account>` et objekt for hvert felt, med en override på `>` operatoren som returnerer en comparator funksjon eller lignende.

```
{
    odb::transaction t(db.begin());

    for(account &e : db.query<account>(odb::query<account>::balance > 25)){
        e.balance(25.3);
        db.update(e);
    }
    t.commit();
}
```

Ser da at den har endret balansen til ikke bare John, men også Skrue, som fantes før programmet ble kjørt, og som hadde en god del mer enn 25kr.



	account_number	balance	name	version
1	3	25.3	Skrue	1
2	4	25.3	john	2
3	5	0	jane	1

#### 4.3.2 Oppgave 3 og 4 – Race condition skrivefeil, og optimistisk låsing

Henter første bruker med navn john, og første bruker med navn jane.

```
odb::transaction t(db.begin());
account john = *db.query_one<account>(odb::query<account>::name == "john");
account jane = *db.query_one<account>(odb::query<account>::name == "jane");
t.commit();
```

Venter så på input for å kunne tvinge fram race conditions til å skje den vei jeg ønsker.

Så endrer jeg verdien til john i en commit. Merk at man ikke kan skru på autocommit i odb, så objekter oppdateres ikke i database uten en commit.

```
odb::transaction t2(db.begin());
cout << "changing john" << endl;
john.balance(john.balance() + 413.612);
db.update(john);
t2.commit();
```

Venter så igjen, for så å oppdatere jane. Jane oppdateres derimot i en try/catch, for å fasilitere øving 4.

For øving 3 er da bare try blokken relevant, der jane oppdateres på lignende vis som john, men såklart mister jane penger der john mottok dem.

```
try {
    odb::transaction t2(db.begin());

    cout << "changing jane";
    jane.balance(jane.balance() - 413.612);
    db.update(jane);

    t2.commit();
}
```

I øving 4 vil da dette feile og kaste en `odb::object_changed` exception dersom det har skjedd en versjonsfeil, da optimistic flagget er på klassen i øving 4. Om denne feilen skjer, tar vi da å fanger den, og angreir endringer på john. Vi tar så å kaster feilen igjen, da vi fortsatt har hatt en feil under kjøring som burde bli informert om.

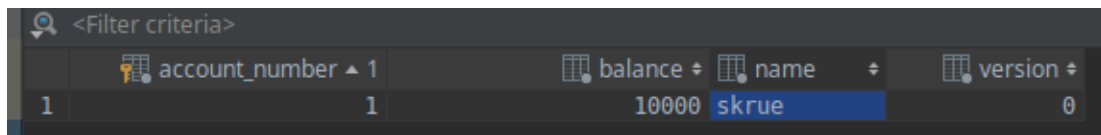
```
catch (odb::object_changed &e) {
    odb::transaction t2(db.begin());
    odb::result<account> r3 =
db.query<account>(odb::query<account>::account_number ==
john.account_number());
    account john2 = *r3.begin();
    john2.balance(john2.balance() - 413.612);
    db.update(john2);
    t2.commit();
    throw e;
}
```

#### 4.4 MySQL verdier under kjøring

Finner ikke noe under pakkefangst når ODB kjører.

##### 4.4.1 Oppgave 2

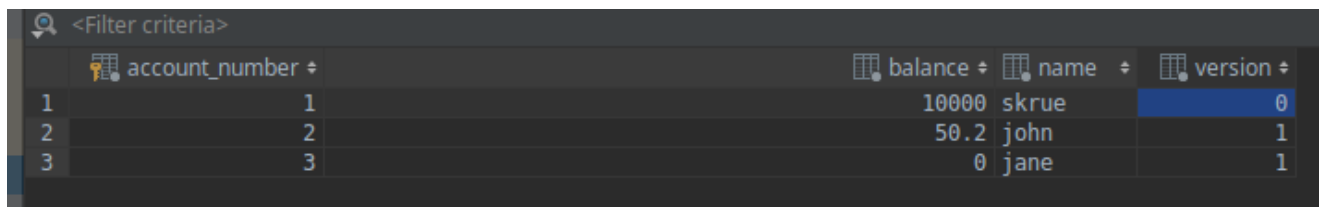
Starter med en tom tabell, pluss én konto.



The screenshot shows a database table with columns: account\_number, balance, name, and version. There is one row with account\_number 1, balance 10000, name skrue, and version 0.

	account_number	balance	name	version
1	1	10000	skrue	0

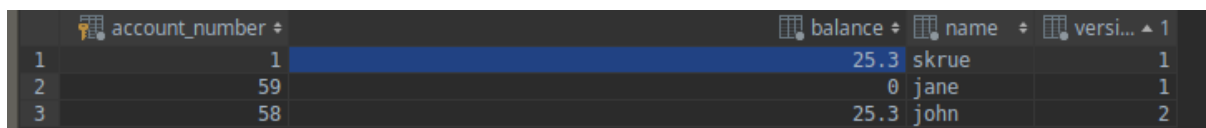
Kjører så første del av oppgave 2, der objektene lages og så persistes. Vi ser da at john og jane har blitt opprettet i databasen:



The screenshot shows a database table with columns: account\_number, balance, name, and version. There are three rows: account\_number 1 (balance 10000, name skrue, version 0), account\_number 2 (balance 50.2, name john, version 1), and account\_number 3 (balance 0, name jane, version 1).

	account_number	balance	name	version
1	1	10000	skrue	0
2	2	50.2	john	1
3	3	0	jane	1

Kjører så resten av oppgave 2, der vi oppdaterer balansen til de med over 25 kroner, og ser da at skrue også har fått sin konto oppdatert.

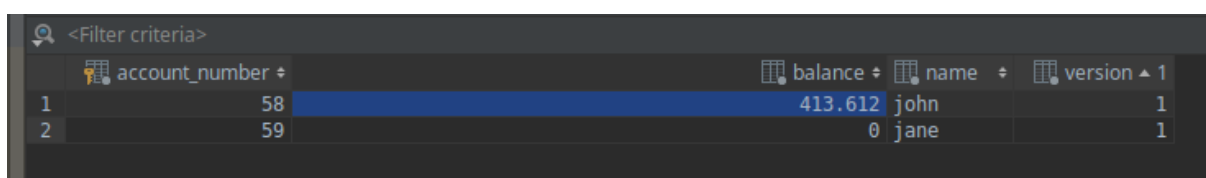


The screenshot shows a database table with columns: account\_number, balance, name, and version. There are three rows: account\_number 1 (balance 25.3, name skrue, version 1), account\_number 2 (balance 0, name jane, version 1), and account\_number 3 (balance 25.3, name john, version 2).

	account_number	balance	name	version
1	1	25.3	skrue	1
2	59	0	jane	1
3	58	25.3	john	2

##### 4.4.2 Oppgave 3

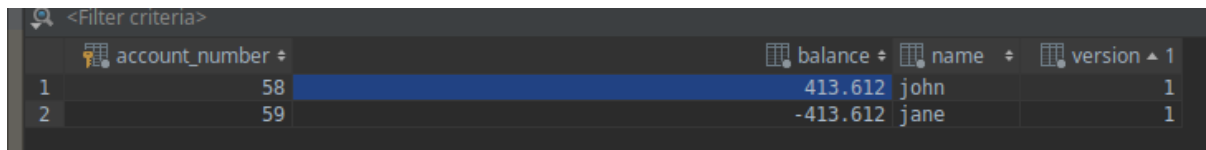
Setter først saldo på jane og john til 0. Starter oppgave 3, og lar den fortsette en gang, så den har oppdatert john. Vi ser at john har mottatt penger



The screenshot shows a database table with columns: account\_number, balance, name, and version. There are two rows: account\_number 1 (balance 413.612, name john, version 1) and account\_number 2 (balance 0, name jane, version 1).

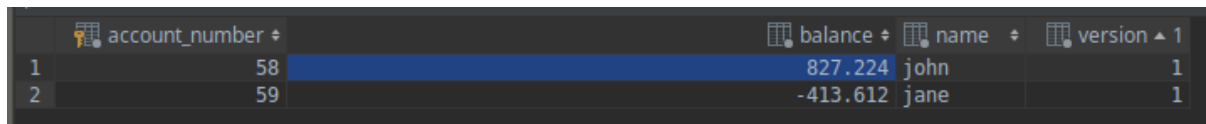
	account_number	balance	name	version
1	58	413.612	john	1
2	59	0	jane	1

Vi starter så en ny instans av oppgave 3, så den leser verdier midt i forrige kjøring. Vi lar så den første kjøringen bli ferdig, og ser at john og jane har rette verdier



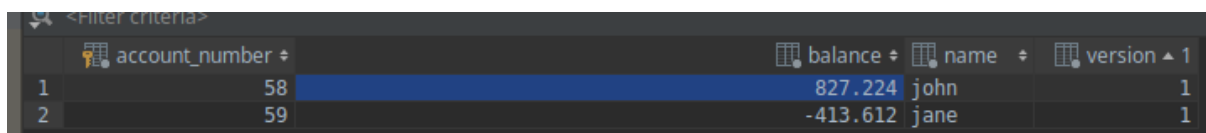
	account_number	balance	name	version
1	58	413.612	john	1
2	59	-413.612	jane	1

Vi lar så andre kjøring endre john, som gir han en ny verdi som den skal



	account_number	balance	name	version
1	58	827.224	john	1
2	59	-413.612	jane	1

Men når vi så endrer jane, endrer vi henne med tanke på at hun hadde 0kr. Men siden vi sist leste hennes saldo, har hun gått ned 413.612kr, og skulle altså vært på -827.224. Her ser vi da at 413.612 kroner i gjeld har forsvunnet.

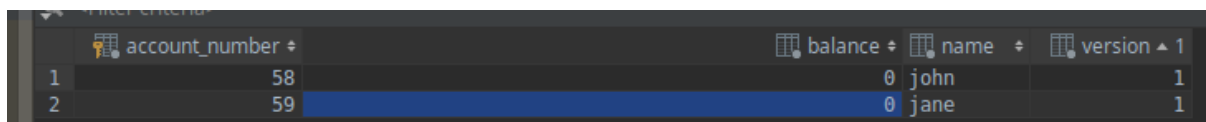


	account_number	balance	name	version
1	58	827.224	john	1
2	59	-413.612	jane	1

#### 4.4.3 Oppgave 4

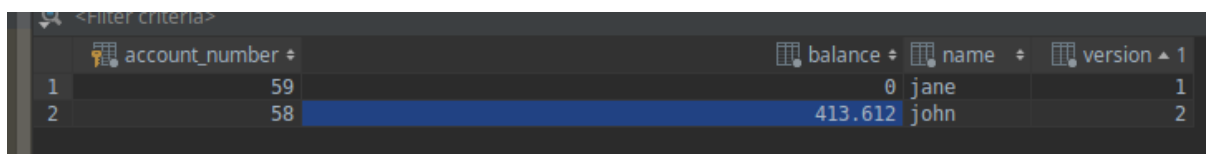
Legger så på optimistic og version flaggene igjen i account.hpp og kjører oppgave3 igjen, på nøyaktig samme vis.

Før endring:



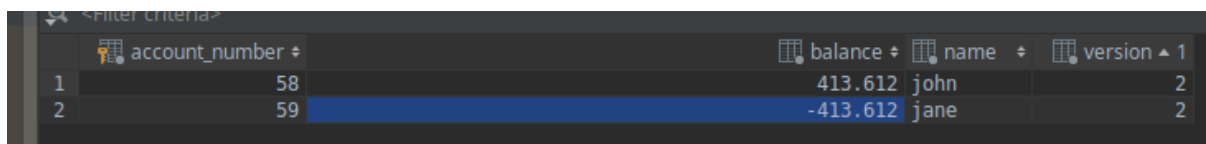
	account_number	balance	name	version
1	58	0	john	1
2	59	0	jane	1

Etter første kjøring endrer john.



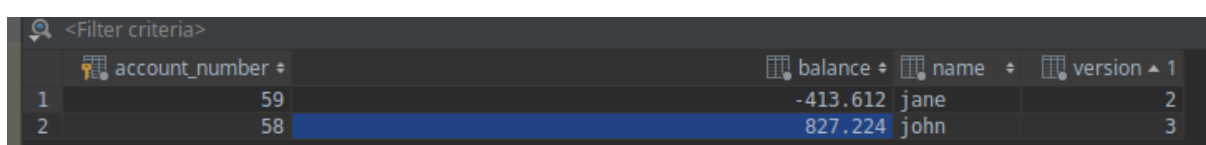
	account_number	balance	name	version
1	59	0	jane	1
2	58	413.612	john	2

Starter andre kjøring, lar den lese, og så lar første kjøring fullføre. Merk at versjonsnummeret har endret seg



	account_number	balance	name	version
1	58	413.612	john	2
2	59	-413.612	jane	2

Lar andre kjøring endre john og ser at vi får rimelig saldo på john



	account_number	balance	name	version
1	59	-413.612	jane	2
2	58	827.224	john	3

Lar den fullføre og ser vi får kastet en feil

```
oppgave3 x  opgave3 x
/home/odderikf/coding/datacom/oving5/cmake-build-debug/oppgave3
waiting /
changing john
waiting /
terminate called after throwing an instance of 'odb::object_changed'
  what(): object changed concurrently

Process finished with exit code 134 (interrupted by signal 6: SIGABRT)
```

Og at endringene fra andre kjøring er blitt reversert:

<Filter criteria>				
	account_number	balance	name	version
1	59	-413.612	jane	2
2	58	413.612	john	4

## 4.5 Diskusjon

ORM er da en ganske grei måte å oversette databaser til objekter og tilbake på. C++ bindingene er også ganske grei å jobbe med, dog litt rar å kompilere. Jeg er usikker på hvordan ODB spesifikt snakker med mysql serveren, da pakkefangst ikke viste noe kommunikasjon. ODB virker til å ha god nok syntaks til å spesifisere nøyaktige typer, felter, etc til å kunne retrofytte det til eksisterende database, men det tar også å genereres definisjoner for tabeller om man ønsker å ha kodeklassene som definitivt versjon istedenfor å lage database først. Den lager derimot ikke ALTER TABLE versjoner av disse, så man må såklart tenke over selv hvordan man skal evt. overføre data mellom versjoner av databaseklassene.

## 5. Øving 6 – Websocket

### 5.1 Begreper

Websocket – en protokoll på applikasjonslaget for toveis-kommunikasjon. Starter som en HTTP GET forespørsel med noen header flagg som ber om å oppgradere, og serveren svarer da med relevante felter om dette er støttet, og deretter kan man snakke direkte.

### 5.2 Programmeringsmetoder

Jeg har valgt å bruke C++ som programmeringsspråk, og biblioteket ASIO som er del av Boost (Boost::ASIO). Jeg har i tillegg brukt openssl for sin sha funksjon. For kompilering med OpenSSL kan man da i CMake linke alt med:

```
find_package(OpenSSL REQUIRED)
IF(OPENSSL_FOUND)
    SET(OPENSSL_USE_STATIC_LIBS true)
ENDIF()
target_link_libraries(oving6 OpenSSL::Crypto)
```

Jeg bruker da boost::asio::ip::tcp som tidligere, og har «using boost::asio::ip::tcp» på toppen av filen.

Serveren sin struktur er da lignende den i øving 3.

Klasser/objekter/funksjoner brukt:

```
std::vector
std::shared_ptr
std::make_shared<T>(CONSTRUCTOR ARGS)
std::ostream
std::map
std::getline
boost::algorithm::trim(string)
SHA1(key, keysize, digest)

boost::asio::io_service
tcp::endpoint
tcp::acceptor
tcp::socket
boost::asio::async_read_until(socket, buffer, end_str, callback)
boost::asio::async_write(socket, buffer, callback)
boost::asio::streambuf
```

### 5.3 Utdrag fra kode

Jeg tar som tidligere først å lager et WebServer objekt, og kjører start på det. Konstruktør lager et endpoint og en acceptor. Start kjører accept\_request og så io\_service. Det er da også noen magiske tall involvert i oppgaven. MAGIC\_GUID er da den oppgitt i RFC standarden for websockets, mens FIN, OP\_TEXTFRAME og OP\_CLOSE er bitflagg for første byte i frames på websocket.

```
#define MAGIC_GUID "258EAF5-E914-47DA-95CA-C5AB0DC85B11"
#define FIN 0b10000000
#define OP_TEXTFRAME 0b0001
#define OP_CLOSE 0b1000
```

Accept request lager en socket, lytter på den, og i callbacken gir den så socketen videre til handle\_request

```
void accept_request(){
    auto socket = std::make_shared<tcp::socket>(io_service);
    acceptor.async_accept(*socket, [this, socket](const boost::system::error_code &ec){
        accept_request();
        if(!ec){
            handle_request(socket);
        }
    });
}
```

Handle request tar så å leser hele http requesten async. Den tar så å sjekker at det er en GET /hello request, og så leser den inn alle headers til et map (dictionary / hashmap)

```
auto read_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
boost::asio::async_read_until(*socket, *read_buffer, "\r\n\r\n", [=](const
boost::system::error_code &ec, size_t){
    if(!ec){
        std::string message;
        std::string failmessage;
```

```

std::istream read_stream(read_buffer.get());
message.pop_back();
if(message == "exit") return;
read_stream >> message;
if(message != "GET") return;
read_stream >> message;
if(message != "/hello") return;
std::getline(read_stream, message); // get rid of rest of line

std::map<std::string, std::string> headers;
while(std::getline(read_stream, message) && message != "\r"){
    [ splitter på : og trimmer vekk whitespace ]
    headers[title] = value;
}

```

Så sjekker den at alle headerne finnes og deres verdier stemmer med RFC standarden for websockets

```

if(headers.find("Host") == headers.end()) return;
if(headers.find("Upgrade") == headers.end()) return;
if(headers["Upgrade"] != "websocket") return;
if(headers.find("Connection") == headers.end()) return;
if(headers["Connection"] != "Upgrade") return;
if(headers.find("Sec-WebSocket-Key") == headers.end()) return;
if(headers.find("Sec-WebSocket-Version") == headers.end()) return;
if(headers["Sec-WebSocket-Version"] != "13") return;

```

Så genererer den digesten til websocket key-en:

```

std::string sec_websocket_key = headers["Sec-WebSocket-Key"];
sec_websocket_key += MAGIC_GUID;
unsigned char digest[SHA_DIGEST_LENGTH] = {0};
SHA1((unsigned char *)sec_websocket_key.data(), sec_websocket_key.size(),
(unsigned char *)&digest);

```

Og base-64 enkoder den.

```
std::string accept_key;
```

```

char alphabet[64] = {'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L', 'M',
                    'N', 'O', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z',
                    'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i', 'j', 'k', 'l', 'm',
                    'n', 'o', 'p', 'q', 'r', 's', 't', 'u', 'v', 'w', 'x', 'y', 'z',
                    '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '+', '/'};

```

```

int group24bit[7];
for(int i = 0; i < 6; ++i){
    group24bit[i] = digest[3*i];
    group24bit[i] <= 8;
    group24bit[i] |= digest[3*i+1];
    group24bit[i] <= 8;
    group24bit[i] |= digest[3*i+2];
}
group24bit[6] = digest[3*6];
group24bit[6] <= 8;

```

```

group24bit[6] |= digest[3*6+1];
group24bit[6] <= 8;
for(int i = 0; i < 6; ++i){
    accept_key += alphabet[group24bit[i] >> 18];
    accept_key += alphabet[group24bit[i] >> 12 & 0b00111111];
    accept_key += alphabet[group24bit[i] >> 6 & 0b00111111];
    accept_key += alphabet[group24bit[i] & 0b00111111];
}

accept_key += alphabet[group24bit[6] >> 18];
accept_key += alphabet[group24bit[6] >> 12 & 0b00111111];
accept_key += alphabet[group24bit[6] >> 6 & 0b00111111];
accept_key += '='; //special case instead of the 6 bits that are padded zeroes

```

Så kan vi endelig lage handshaken

```

accept_key += "\r\n";
std::string handshake =
    "HTTP/1.1 101 Switching Protocols\r\n"
    "Upgrade: websocket\r\n"
    "Connection: Upgrade\r\n"
    "Sec-WebSocket-Accept: ";
handshake += accept_key;
handshake += "\r\n";

```

Og sende den til klienten

```

auto write_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
std::ostream write_stream(write_buffer.get());
write_stream << handshake;

async_write(*socket, *write_buffer, [this, socket, write_buffer](const
boost::system::error_code &ec, size_t) {
    if (!ec) {
        std::cout << "server: Switching Protocols with client" << std::endl;
        std::string temp;
        handle_connection(socket);
    }
});

```

I handle connection tar vi da å sender første melding over websocketen, og så etterlater vi videre kommunikasjon til listen\_connection. Listen\_connection er da ikke ferdig skrevet da den delen var valgfri, oppgaven ba kun om å kunne sende denne første meldingen fra serveren. Listen\_connection vil derfor heller ikke dokumenteres her.

```

void handle_connection(const std::shared_ptr<tcp::socket> &socket){
    auto write_buffer = std::make_shared<boost::asio::streambuf>();
    std::ostream write_stream(write_buffer.get());
    std::string message = "hello world";
    write_stream << (unsigned char) (FIN | OP_TEXTFRAME);
    write_stream << (unsigned char) message.size();
    write_stream << message;
    boost::asio::async_write(*socket, *write_buffer, [=](const
boost::system::error_code &ec, size_t) {

```

```

    if (!ec) {
        std::cout << "server: sent hello world to client" << std::endl;
        listen_connection(socket);
    }
});
}

```

For å oppsummere tar da listen\_connection å leser inn 2 byte fra socketen, ser hva slags op kode dette er, stenger oppkoblingen om det er OP\_CLOSE, ellers sjekker lengden og leser videre det den må for å motta resten av meldingen. Den ville så måtte demaskert meldingen, som er der jeg sluttet å jobbe på den. Til slutt tar den da å forsøker sende meldingen videre til alle oppkoblede websockets, inkudert avsender.

Lagde så et test script i form av en HTML med script tag. Den ser da slik ut:

## Etablerer websocket

hello world

Den gråe boksen starter tom, men blir endret til innholdet i pakken hver gang en websocket pakke sendes. Alternativt settes den til Failed om noe går galt.

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Title</title>
</head>
<body>
    <h1>Etablerer websocket</h1>
    <h2 style="background-color: lightgrey;width: 10em;height: 1.2em;"
id="responsebox"></h2>
    <script>
        let ws = new WebSocket('ws://localhost:8080/hello');
        ws.onopen = e => console.log("open");
        ws.onmessage = e => {
            console.log(e.data);
            document.getElementById("responsebox").innerText = e.data;
        };
        ws.onerror = e => {
            document.getElementById("responsebox").innerText = "Failed";
        }
    </script>
</body>
</html>

```

### 5.4 Pakkefangst

Starter server. Laster så HTML filen i chromium. Merk at filen ikke lastes via programmet, men via CLion på port 63342, så første request vi ser her er da fra javascript som kobler seg mot localhost 8080. Ser at vi først får en SYN, RST/ACK over ipv6. Det kjøres så suksessful three-way handshake over ipv4.



Source	Destination	Protocol	Length	Info
:::1	:::1	TCP	94	45708 → 8080 [SYN] Seq=0 Win=4
:::1	:::1	TCP	74	8080 → 45708 [RST, ACK] Seq=1
127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	74	35270 → 8080 [SYN] Seq=0 Win=4
127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	74	8080 → 35270 [SYN, ACK] Seq=0
127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	35270 → 8080 [ACK] Seq=1 Ack=1

Deretter kjøres det en GET /hello http/1.1

10	0.355962620	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	35270 → 8080 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=43776 Len=0 TSval=3715052696 TSecr=3715052696
11	0.359822114	127.0.0.1	127.0.0.1	HTTP	714	GET /hello HTTP/1.1
12	0.359843145	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	8080 → 35270 [ACK] Seq=1 Ack=649 Win=45056 Len=0 TSval=3715052700 TSecr=3715052700

+ Frame 11: 714 bytes on wire (5712 bits), 714 bytes captured (5712 bits) on interface 0	
+ Ethernet II, Src: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)	
+ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1	
+ Transmission Control Protocol, Src Port: 35270, Dst Port: 8080, Seq: 1, Ack: 1, Len: 648	
- Hypertext Transfer Protocol	
+ GET /hello HTTP/1.1\r\n	
Host: localhost:8080\r\n	
Connection: Upgrade\r\n	
Pragma: no-cache\r\n	
Cache-Control: no-cache\r\n	
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Ubuntu Chromium/73.0.3683.75 Chrome/73.0.3683.75 Safari/537.36\r\n	
Upgrade: websocket\r\n	
Origin: http://localhost:63342\r\n	
Sec-WebSocket-Version: 13\r\n	
Accept-Encoding: gzip, deflate, br\r\n	
Accept-Language: en-GB,en-US;q=0.9,en;q=0.8\r\n	
+ Cookie: Webstorm-4775b0cb=0d385bcd-19c7-4caa-9066-c927f42b030a; Clion-6d28f2f1=85dde0e5-99fa-4510-9ad9-d4a7ad3de779\r\n	
Sec-WebSocket-Key: NJoAFIwgRL1LT0VuNxrDMw==\r\n	
Sec-WebSocket-Extensions: permessage-deflate; client_max_window_bits\r\n	
\r\n	
[Full request URI: http://localhost:8080/hello]	
[HTTP request 1/1]	
[Response in frame: 13]	

Vi ser da at den har WebSocket sine headerfelter, bl.a. Upgrade: websocket\r\n. Det svares så med en Switching Protocols fra serveren, med en sec-websocket accept og andre felter

12	0.359843145	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	8080 → 35270 [ACK] Seq=1 Ack=649 Win=45056 Len=0 TSval=3715052700 TSecr=3715052700
13	0.360190399	127.0.0.1	127.0.0.1	HTTP	195	HTTP/1.1 101 Switching Protocols
14	0.360266294	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	35270 → 8080 [ACK] Seq=649 Ack=130 Win=44800 Len=0 TSval=3715052700 TSecr=3715052700

+ Frame 13: 195 bytes on wire (1560 bits), 195 bytes captured (1560 bits) on interface 0	
+ Ethernet II, Src: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)	
+ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1	
+ Transmission Control Protocol, Src Port: 8080, Dst Port: 35270, Seq: 1, Ack: 649, Len: 129	
- Hypertext Transfer Protocol	
+ HTTP/1.1 101 Switching Protocols\r\n	
Upgrade: websocket\r\n	
Connection: Upgrade\r\n	
Sec-WebSocket-Accept: 5xbdNR8jXQxVBA118Ro+vbaZJm8=\r\n	
\r\n	
[HTTP response 1/1]	
[Time since request: 0.000368285 seconds]	
[Request in frame: 11]	

Til slutt kommer det her en websocket text, med FIN flagg da hele sendes i én melding. Vi ser at maske er false, payload lengden er oppgitt, opcode er text, og fin er true. Meldingen har da blitt sendt i klartekst.

15	0.360273272	127.0.0.1	127.0.0.1	WebSocket	79	WebSocket Text [FIN]
16	0.360278953	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	35270 → 8080 [ACK] Seq=649 Ack=143 Win=44800 Len=0 TSval=3715052700 TSecr=3715052700

+ Frame 15: 79 bytes on wire (632 bits), 79 bytes captured (632 bits) on interface 0	
+ Ethernet II, Src: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)	
+ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1	
+ Transmission Control Protocol, Src Port: 8080, Dst Port: 35270, Seq: 130, Ack: 649, Len: 13	
- WebSocket	
1... .... = Fin: True	
.000 .... = Reserved: 0x0	
.... 0001 = Opcode: Text (1)	
0... .... = Mask: False	
.000 1011 = Payload length: 11	
Payload	
- Line-based text data (1 lines)	
hello world	

Videre sendes det en drøss Keep-Alive meldinger fra JS om å sjekke status. Når jeg da kjører «ws.send('hei') i js konsoll på siden, ser jeg da at det sendes med MASKED flagget. Wireshark

demaskerer da meldingen for oss, og vi kan se at den er hei. Serveren svarer da ikke meningsfullt, da jeg som nevnt ikke har gjort ferdig den valgfrie delen av øvingen.

170	721.696899462	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 [TCP Keep-Alive ACK] 8080 → 3527
259	755.272450913	127.0.0.1	127.0.0.1	WebSocket	75 WebSocket Text [FIN] [MASKED]
260	755.312760763	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 8080 → 35270 [ACK] Seq=143 Ack=6
261	756.694159870	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	71 8080 → 35270 [PSH, ACK] Seq=143
262	756.694204545	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 35270 → 8080 [ACK] Seq=658 Ack=1

+ Frame 259: 75 bytes on wire (600 bits), 75 bytes captured (600 bits) on interface 0	
+ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00_00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)	
+ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1, Dst: 127.0.0.1	
+ Transmission Control Protocol, Src Port: 35270, Dst Port: 8080, Seq: 649, Ack: 143, Len: 9	
- WebSocket	
1...	.... = Fin: True
.000	.... = Reserved: 0x0
....	0001 = Opcode: Text (1)
1...	.... = Mask: True
.000	0011 = Payload length: 3
Masking-Key: 4c2c6230	
Masked payload	
Payload	
- Line-based text data (1 lines)	
hei	

## 5.5 Diskusjon

Jeg ser da at WebSocket er en grei måte å sende ganske små meldinger frem og tilbake toveis på. Det er derimot veldig tungt å skrive bibliotek for det, da det er veldig mange småting som må til for bl.a. protokollswitching og demaskering, og dessuten er det å lese en del av en frame og så tolke bits litt verbost i C++, og tok en stund å få til rett.