

# ***Tin Can Skype***

## ***RB-MRO3 - Gruppe 3***

**Uddannelse og semester:**

*Robotteknologi - 3. semester*

**Afleveringsdato:**

*18. December 2015*

**Vejleder:**

*Ib Refer (refer@mami.sdu.dk)*

**Gruppemedlemmer:**

*Anders Ellinge (aelli14@student.sdu.dk)*

*Anders Fredensborg Rasmussen (andra14@student.sdu.dk)*

*Daniel Holst Hviid (dahvi14@student.sdu.dk)*

*Mathias Elbæk Gregersen (magre14@student.sdu.dk)*

*Rasmus Skjerning Nielsen (rasni14@student.sdu.dk)*

*René Tidemand Haagensen (rehaa14@student.sdu.dk)*

*Sarah Darmer Rasmussen (srasm14@student.sdu.dk)*



*Det Tekniske Fakultet  
Syddansk Universitet*

# **1 Abstract**

## 2 Forord

Denne rapport er udarbejdet af gruppe 3, på andet semester på Civilingenør i Robotteknologi på Syddansk Universitet. Rapporten er blevet skrevet i forbindelse med dette semesters projekt og beskriver hvordan denne gruppe har valgt at løse opgaverne i det valgte projekt, "Tin Can Skype", som er et chatprogram, der bruger DTMF-toner og indeholder bla. et simpelt log-in og historik system.

Formålet med denne rapport er, at læseren skal være i stand til at læse og forstå projektet ved blot at have grundlæggende viden om C++ og datakommunikation, og ved at læse rapporten.

I forbindelse med dette projekt, blev følgende udstyr stillet til rådighed:

- To mikrofoner
- To højtalere

## Indhold

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Abstract</b>                       | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>Forord</b>                         | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Indledning</b>                     | <b>6</b>  |
| 3.1      | Projektbeskrivelse . . . . .          | 6         |
| 3.1.1    | Krav til produktet . . . . .          | 6         |
| 3.1.2    | Metodebeskrivelse . . . . .           | 7         |
| 3.1.3    | Afgrænsning . . . . .                 | 7         |
| 3.2      | Workload (product backlog) . . . . .  | 8         |
| <b>4</b> | <b>Det Fysiske Lag</b>                | <b>9</b>  |
| 4.1      | Teori . . . . .                       | 9         |
| 4.1.1    | Nyquist raten . . . . .               | 9         |
| 4.1.2    | Goertzel . . . . .                    | 9         |
| 4.1.3    | DTMF . . . . .                        | 10        |
| 4.1.4    | C++ og SFML . . . . .                 | 10        |
| 4.1.5    | Optag . . . . .                       | 10        |
| 4.2      | Implementering . . . . .              | 13        |
| 4.3      | Diskussion . . . . .                  | 15        |
| 4.4      | Afspil . . . . .                      | 16        |
| 4.4.1    | Implementation . . . . .              | 17        |
| 4.4.2    | Disussion . . . . .                   | 18        |
| <b>5</b> | <b>Data Link Laget</b>                | <b>18</b> |
| 5.1      | Teori . . . . .                       | 18        |
| <b>6</b> | <b>Applikationslaget</b>              | <b>20</b> |
| 6.1      | Teori om persistens . . . . .         | 20        |
| 6.2      | Controller klassen . . . . .          | 20        |
| 6.2.1    | Afsending af besked . . . . .         | 20        |
| 6.2.2    | Modtagelse af besked . . . . .        | 20        |
| 6.2.3    | Øvrige metoder i controller . . . . . | 21        |
| 6.3      | Login klassen . . . . .               | 22        |
| 6.4      | Files klassen . . . . .               | 22        |
| 6.5      | CharDefinition klassen . . . . .      | 23        |
| 6.6      | UI source . . . . .                   | 23        |
| <b>7</b> | <b>Konklusion</b>                     | <b>25</b> |

|          |                        |           |
|----------|------------------------|-----------|
| <b>8</b> | <b>Perspektivering</b> | <b>26</b> |
| <b>9</b> | <b>Litteraturliste</b> | <b>27</b> |
| 9.1      | Bøger . . . . .        | 27        |
| 9.2      | Hjemmesider . . . . .  | 27        |

## 3 Indledning

### 3.1 Projektbeskrivelse

I dette projekt er to højtalere og to mikrofoner blevet stillet til rådighed. Formålet med dette projekt er, at kunne sende data vha. DTMF-toner.

Det valgte projekt er et chatprogram, der udvikles i C++, og skal have de primære funktioner:

- Overførsel af tekst.
- Log-in funktioner.
- Historik af chat-samtale.

Desuden er disse sekundære funktioner blevet overvejet:

- Filoverførsel
- Gruppe chat
- Spil
- Redigering af tidligere beskeder
- Video streamings funktioner
- Humørikoner

Herudover er der desuden blevet overvejet at bruge en tredje computer, som kan bruges som en server. Her vil mindst to computere altså være i stand til at kommunikere med hinanden vha. DTMF-toner.

#### 3.1.1 Krav til produktet

Følgende krav blev stillet til projektet:

- Bærbare computere skal kommunikere med hinanden, eller evt. et embedded system, ved udveksling af lyd
- Der skal anvendes DTMF toner, og der skal designes en kommunikationsprotokol
- Der skal udvikles en distribueret applikation i C++
- Der skal anvendes en lagdelt softwarearkitektur
- Arkitekturen kunne være client/server med f.eks. tykke klienter

For at fuldføre dette projekt skal der anvendes to computere som skal være i stand til at kommunikere med hinanden ved hjælp af lyd i form af DTMF-toner. Derudover skal dette programmeres i C++, her bruges klasser.

### 3.1.2 Metodebeskrivelse

Vi har i dette projekt valgt at benytte SCRUM, da alle gruppe medlemmer således er i stand til at arbejde med den metode der passer dem bedst. Vi har valgt at bruge brainstorm, som vores primære form for idégenererings-teknik. Desuden prøver gruppen så vidt muligt at beregne alle de ting, der kan beregnes på forhånd.

### 3.1.3 Afgrænsning

Her ses de emner, som gruppen har overvejet at arbejde med. De primære funktioner er de funktioner som skal løses først, mens de sekundære løses efter tidsbegrænsning.

Primære funktioner:

- Overførsel af tekst
  - Protokol
  - Karakter definition
  - Størrelse
- Historik
  - Tidspunkt
  - Størrelse

- Log-in

Sekundære funktioner:

- Fil-overførsel
  - Protokol
  - Queue
- Gruppe chat
  - Protokol
- Spil database
  - Protokol
  - Funktion
- Rediger tidligere beskeder
  - Protokol
  - Funktion
- Stream funktion
  - Protokol
  - Funktion

- Humørikoner
  - Char def.
  - Database
- GUI
  - Agil
- Sky "server"
  - Funktion

### 3.2 Workload (product backlog)

Der laves en product backlog i stedet for en tidplan (se figur 1).

| Requirement                    | Status      | Priority | Estimate (Hr) |  |
|--------------------------------|-------------|----------|---------------|--|
| Overførsel af tekst            | Not started | 1        | 70            |  |
| Log-in                         | Not started | 1        | 40            |  |
| Historik                       | Not started | 1        | 40            |  |
| Fil-overførsel                 | Not started | 2        | 120           |  |
| Gui                            | Not started | 2        | 70            |  |
| Rediger tidligere besked       | Not started | 3        | 40            |  |
| Gruppe chat                    | Not started | 3        | 40            |  |
| Streaming                      | Not started | 4        | 120           |  |
| Cloud/server (tredje computer) | Not started | 4        | 100           |  |
| Smileys                        | Not started | 4        | 30            |  |
| Spil                           | Not started | 4        | 100           |  |
|                                |             | I alt    | 770           |  |

Figur 1: Product backlog

En product backlog er et værktøj inden for metoden SCRUM, som viser hvor langt tid en opgave tager i mandetimer og hvilken status opgaven har (Not started, In process og Finished).



## 4 Det Fysiske Lag

### 4.1 Teori

I følgende teoriafsnit er der lagt vægt på Nyquist rasen, Goertzel, DTMF og C++ og SFML.

#### 4.1.1 Nyquist raten

Hvis et signal skal analyseres, skal sampling frekvensen være større end to gange den frekvens signalet har, dvs:

$$f_s > 2 \times f_{max} \quad (1)$$

Hvis dette krav ikke opretholdes, vil signal samplingen være påvirket af aliasing.

#### 4.1.2 Goertzel

Goertzel er en speciel algoritme brugt til at udregne DFT (Diskret Fourier Transformation) koefficienter og signal spektrum, uden at bruge kompleks algebra som DFT.

Goertzel algoritmen er en filtreringsmetode for udregningen af DFT koefficienterne  $X(k)$  ved en bestemt frekvens bin,  $k$ .

$$k = \frac{f}{f_s} \times N \quad (2)$$

hvor  $f$  er den bestemte frekvens der ledes efter, og  $N$  er det totale antal samples der samples over.

Goertzel filteret opererer med en input sekvens  $x(n)$  i en kaskade af 2 stadier med en parameter  $f$ , som er den frekvens der skal analyseres.

Filterets første stadie er et andensordens IIR filter:

$$s(n) = x(n) + 2 \times \cos(2\pi f) s(n-1) s(n-2) \quad (3)$$

hvor der ved samplen  $x(0)$  gælder at  $s(-2) = s(-1) = 0$

Filterets andet stadie er et FIR filter:

$$y(n) = s(n) - e^{2\pi i f} s(n-1) \quad (4)$$

I en kaskade har filterets overføringsfunktion udseendet:

$$G(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{1}{1 - 2 \times \cos(\frac{2\pi k}{N}) z^{-1} + z^{-2}} \quad (5)$$

Den kvadreret DFT koefficient  $X(k)$  ved en bestemt frekvens bin  $k$ , dvs. det enkeltsidet spektrum,

er derfor givet således:

$$|X(k)|^2 = s(N-1)^2 + s(N-2)^2 - 2 \times \cos\left(\frac{2\pi k}{N}\right) s(N-1)s(N-2) \quad (6)$$

#### 4.1.3 DTMF

DTMF står for: “Dual-tone multi-frequency signaling”, og er de kendte dial toner man kender fra telefonen. Hver tone er en kombineret af to sinusoidale signaler med frekvenser valgt ud fra et sæt af otte standardiserede frekvenser. Se figur 2

| Hz  | 1209 | 1336 | 1477 | 1633 |
|-----|------|------|------|------|
| 697 | 1    | 2    | 3    | a    |
| 770 | 4    | 5    | 6    | b    |
| 852 | 7    | 8    | 9    | c    |
| 941 | *    | 0    | #    | d    |

Figur 2: DTMF toner

Hos DTMF er det vigtigt at hver tone afspilles i længere end 40 millisekunder, og at mellem hver tone er der en pause på 50 millisekunder.

#### 4.1.4 C++ og SFML

C++ har pr. standard ikke funktioner til at afspille og optage lyd. Derfor blev biblioteket SFML installeret til at håndtere disse funktioner. SFML er en simple interface til de forskellige komponenter på ens pc, for at lette udviklingen af f.eks. spil og multimedia applikationer.

De klasser der bliver brugt fra SFML er:

- `sf::Sound`  
Bruges til at afspille lyd.
- `sf::SoundBuffer`  
Lagring af audio samples der definerer en lyd.
- `sf::SoundRecorder`  
En abstrakt grund klasse til at optage lyd.
- `sf::SoundBufferRecorder`  
En specialiseret `SoundRecorder`, der gemmer optaget lyd i en lyd buffer.

#### 4.1.5 Optag

Den første problemstilling projektet stødte på i forhold til optag, var at være i stand til at optage en DTMF tone og analysere optagelsen, hvorefter at fortælle hvilken tone der blev optaget.

Før en optagelse kan finde sted, blev en samplingsfrekvens for optagelse nødvendigvis defineret og fastsat. Denne samplingsfrekvens er yderst vigtig for projektet, eftersom denne samplingsfrekvens dikterer hvordan resten af det fysiske lag skal oprettes.

Som et krav skal samplingsfrekvensen overholde Nyquist raten:

$$f_s > 2 \times f_{max} \quad (7)$$

Den højeste frekvens hos en DTMF tone er 1633 Hz, derfor skal samplingsfrekvensen som minimum være 3267 Hz. Til projektet blev samplingsfrekvensen sat til 8000 Hz, eftersom det er en ofte brugt samplingsfrekvens ved implementering af DTMF genkendelse, og at den opretholder Nyquist raten.

Projektets optagefunktioner hviler tungt på SFML bibliotekets klasser, `sf::SoundRecorder` og `sf::SoundBufferRecorder`, eftersom C++ eget bibliotek ikke tilbyder optagefunktioner.

Projektets første løsning på at optage en DTMF tone og analysere optagelsen var en simpel løsning, der dog viste sig ikke at være tilstrækkelig for dette projekt.

En optagelse blev oprettet ved først at lave et objekt f.eks. `sf::SoundRecorder` optag.

Derefter startede SFML sin egen tråd og optog, når man brugte funktionen `optag.start(8000)` (8000 Hz for projektets samplingsfrekvens). Koden sættes til at sove den tid der skal optages, hvorefter at optagelsen stoppes med `optag.stop()`. Optagelsens information blev derefter hentet ved at lave en reference til optagelsens buffer `sf::SoundBuffer &enBuffer`, derefter blev der oprettet en vektor af pointerer til bufferen `sf::Int16* samples = enBuffer.getSamples();`. Vektoren består nu af diskrete værdier for en optagelse, hvorpå der blev udført en DFT. Denne DFT vil således være i stand til at vise om en DTMF tone er til stede.

Første løsning på at optage en DTMF tone og analysere optagelsen er ikke forkert, den skabte umiddelbart noget kompleksitet, som projektet blev nødt til at tage højde for:

- Løsningen kræver at optageren skal vide hvornår en afspiller af en sekvens af toner er færdig, eftersom analysen af optagelsen først kan finde sted efter en endt optagelse.
- DFT er en tung udregning. Den har et forhold der siger der er  $N^2$  udregninger ved en DFT på N samples. Dvs. efter en optagelse på 10 sekunder sker der

$$(10\text{sek} \times 8000\text{Hz})^2 = 6.400.000.000$$

udregninger, hvilket er en uheldig eksponentiel stigning for udregninger af længere optagelser.

Der blev derfor skrevet en klasse `MyRecorder.h` som arver funktionalitet fra `sf::SoundRecorder` klassen. Der arves 3 funktioner herfra:

- `virtual bool onStart()`
- `virtual bool onProcessSamples(const sf::Int16* samples, std::size_t sampleCount);`

- `virtual void onStop();`

`onStart()` og `onStop()` bliver kørt når et optagelses objekt af `MyRecorder.h` klassen f.eks. `MyRecorder` optag, bliver startet med `optag.start()` eller sluttet med `optag.slut()`. Der kan så defineres start eller slut betingelser for en optagelse, såsom variable eller buffere der cleareres. `onProcessSamples()` er en funktion der bliver kørt automatisk og gentaget i samme tråd som optagelsen, afhængigt af hvad for et interval der sættes under `onStart()`; (100 millisekunder pr. standard). Den bliver indlæst med parameteren `const sf::Int16* samples`, dvs. en vektor med diskrete værdier for en optagelse, og hver gang funktionen kaldes er det de seneste nye værdier der ligger i vektoren. `onProcessSamples()` fortsættes med at blive kaldt hvis den returnerer true, og den stoppes hvis der returneres false.

Dvs. `MyRecorder.h` klassen kan optage og analysere data på én gang, hvilket løser problematikken om hvorvidt optageren skal vide hvornår den skal optage og afslutte en optagelse. Nu kan der f.eks. laves en starttone og en sluttone, som optageren kan opfange og derfra igangsætte bestemte kode dele.

Derudover blev klassen `Goertzel.h` skrevet som alternativ til en DFT udregning.

`Goertzel.h` klassen, som navnet antyder, benytter en Goertzel algoritme til at analysere vektoren med de diskrete værdier fra optagelsen. Jf. teori afsnittet, er Goertzel en smart måde hvorpå der kun udføres udregninger på de frekvens bins der ledes efter.

Dvs. at denne algoritme udfører langt færre udregninger i forhold til DFT og FFT(Fast Fourier Transform), netop fordi der ikke analyseres over alle samtlige DFT/FFT koefficienter. Dette gør at det ikke er noget problem at optage i længere.

Før Goertzel algoritmen kan implementeres er der nogle få ting der skal på plads først. Frekvens binsene skal regnes ud, jf. teori om frekvens bins, skal en samplingfrekvens vides og hvor mange samples der skal samples over. Samplingsfrekvensen er fastsat til 8000 Hz, dog skal det antal samples  $N$  som Goertzel analyserer over fastsættes. Der er dog nogle pointer ved fastsættelsen af  $N$ , jo større  $N$  bliver, desto større antal samples skal der udregnes over, men samtidig jo større  $N$  bliver, jo smallere bliver bredden af frekvens binen, dvs. at den bliver mere præcis. Det handler om at vælge en  $N$ , der ikke er for høj, da dette resulterer i tab af beregningshastighed, eller for lav, hvilket resulterer i tab af præcision.

Derudover må  $N$  ikke blive større end 400 samples, jf. teori om DTMF, da der er et tidsrum af 50 millisekunder mellem hver tone, grundet samplingsfrekvensen på 8000 Hz. Dette tidsrum er der for at forhindre, at en analyse af  $N$  samples fra en optagelse ikke foregår over et skift fra én tone til en anden.

Dette taget i betragtning blev  $N$  valgt til at være lig 300, eftersom det er tilpas højt for en tilfredsstillende bredde af frekvens binen ( $8000 \text{ Hz} / 300 = 26,7 \text{ Hz}$ , den må være helt op til 70 Hz før det skaber problemer), samtidig med det tidsrum som projektet faktisk har tilføjet mellem hver tone, kun er på 400 samples, dvs. 50 millisekunder.

Frekvens binen for hver DTMF frekvens er derfor udregnet, se tabel 3, og kan bruges til implemen-

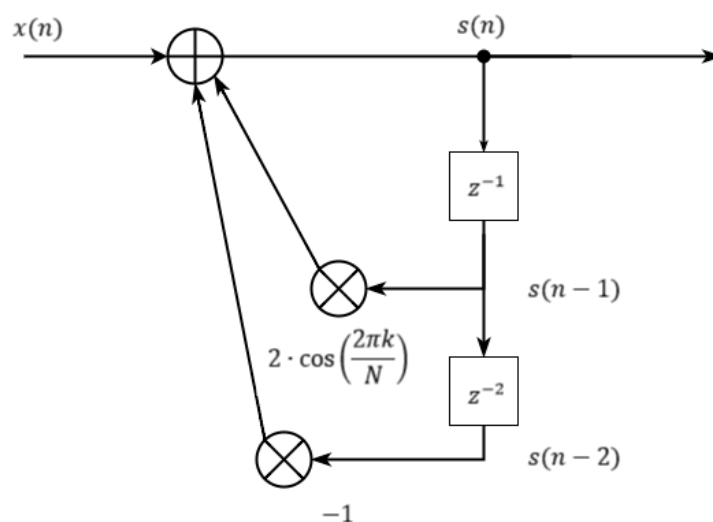
teringen af Goertzel.h klassen.

| DTMF Frekvenser (Hz) | Frekvens bin |
|----------------------|--------------|
| 697                  | 26           |
| 770                  | 29           |
| 852                  | 32           |
| 941                  | 35           |
| 1209                 | 45           |
| 1336                 | 50           |
| 1477                 | 55           |
| 1633                 | 61           |

Figur 3: DTMF tabel

## 4.2 Implementering

Jf. teori om Goertzel vil filterets  $G(Z)$  realiserings struktur se således ud se figur 4. Denne realiserings struktur er blevet implementeret i Goertzel klassen ved hjælp af en for løkke, som kører en vektor af diskrete værdier,  $x(n)$ , med  $N$  samples, igennem strukturens udregninger. Husk at ved  $x(0)ers(-1) = s(-2) = 0$ .



Figur 4: Goertzel realiserings struktur

Denne for løkke er blevet implementeret således:

Derefter kan DFT koefficienten bestemmes for en givet frekvens bin  $k$ , fordi nu kendes værdierne

```
for (int i = 0; i < N; i++)
{
    s = samples[i] + 2 * cos(omega) * prevS1 - prevS2;
    prevS2 = prevS1;
    prevS1 = s;
}
```

for sekvensen  $s(n)$  ved  $s(N-1)$  og  $s(N-2)$  (prevS1 og prevS2):

$$|X(k)|^2 = s(N-1)^2 + s(N-2)^2 - 2 \times \cos\left(\frac{2\pi k}{N}\right) s(N-1) s(N-2) \quad (8)$$

Goertzel klassens funktion er delt op i 2 metoder:

- `int detectFreqs(const sf::Int16* samples, int K);`
- `int findTone(const sf::Int16* samples);`

`detectFreqs()` bruger det ovenstående implementerede princip, hvorimod `findTone()` er en metode som bruger `detectFreqs()` til at gennemgå de tidligere nævnte frekvens bins og returnere en DTMF tone der er over en grænseværdi i forhold til DFT koefficienten. Tonerne er blevet defineret som integers fra 0 til 15, og en grænseværdi er nødvendig fordi en tilfældig støj der rammer en frekvens bin kan blive opfanget.

`MyRecorder` har seks metoder:

- `vector<int> getBesked();`
- `bool getNyBesked();`
- `bool getBeskedBegyndt();`

`getBesked()` er den metode der kaldes for at hente de DTMF toner, som blev optaget.

`getNyBesked()` og `getBeskedBegyndt()` er metoder til at kalde boolske udtryk, som bliver brugt til at manipulere og styre `MyRecorder`.

- `virtual bool onStart();`
- `virtual bool onProcessSamples(const sf::Int16* samples, std::size_t sampleCount);`
- `virtual bool onStop();`

`onStart()`, `onProcessSamples()` og `onStop()` fungerer som tidligere nævnt, dog kaldes `findTones()` fra Goertzel klassen under hver `onProcessSamples()` kald, netop fordi der skal optages og analyseres samtidigt.

For at gøre det nemmere at skrive funktionaliteterne for klasserne `MyRecorder` og `Goertzel`, blev der taget udgangspunkt i sekvensdiagrammet SE BILLEDE BILAG WHATEVER.

`MyRecorder` bliver kaldt af `ToneKonvertering` i det, at det er den klasse som skal modtage

beskeden, som består af en vektor af toner, som derefter bliver pullet op igennem applikationens forskellige lag.

Når `ToneKonvertering` kalder `MyRecorder`, blev funktionaliteten for, hvorledes om en optagelse fanger en besked eller ej og om hvor lang en optagelse er, nødt til at blive implementeres under `ToneKonverterings` metoden `returnBitString()`.

Der er blevet implementeret en while løkke, som kører enten indtil der er gået 10 sekunder, eller at en sluttone på en besked blev opfanget. Der er en if sætning der tester for, om en starttone er blevet hørt, hvis den fanges, skal timeren tælle til 10 forfra. Herefter returneres en vektor med alle de optagede toner. Dvs. at optagelsen altid vil være maks. 10 sekunder lang, hvilket resten af applikationen tager højde for.

`MyRecorder` starter en optagelse med samplingsfrekvensen 8000 Hz i dens egen tråd, når metoden `start(8000)` bliver kaldt. `onProcessSampling()` kaldes hvert 10'ende millisekund i denne tråd. Under hvert kald bliver de optagede samples analyseret af Goertzel, som returnere tonen for de samples. Denne tone gemmes i `resultatVektor`'en, som indeholder de toner, som hele optagelsen opfangede. Udover dette, sker der en mindre sortering af tonerne der optages under `onProcessSampling()` (dette fremgår ikke af sekvensdiagrammet). Tonerne skal ikke gemmes i `resultatVektor`'en medmindre der først har været en starttone. Ved en sluttone stoppes `onProcessSampling()` for at blive kaldt igen, medmindre en helt ny optagelses session startes. Start og stop tonerne er blevet defineret som tone 15 (D) = start og tone 14 (#) = stop. Disse to toner bliver tilføjet som flag og taget højde for i de øvrige lag.

### 4.3 Diskussion

I projekts tidlige stadie var der en del usikkerhed omkring pålideligheden af `MyRecorder` og `Goertzel` klassens optagede besked, eftersom det virkede til at der var en tilfældig bouncing effekt mellem et skift af tone under optagelsen. Selv midt i en tone optagelse var der chance for et bounce. Ved en forholdsvis lav sendehastighed, 4 toner pr. sekund, var bouncing effekten tilstede, dog reduceret.

Dette var ikke et stort problem ved starten af projektet, eftersom der oprindeligt blev sendt med en hastig af 8 toner pr. sekund. De højttalere som blev udleveret med projektbeskrivelsen inducerer mere af denne formodede bouncing, i forhold til nogle af projektets medlemmers private højttalere, som der blev testet på til at starte med.

Højttalernes kvalitet har derfor vist sig at have påvirkning på hvor et rent DTMF signal der laves.

Udviklingen af et filter til optagelse havde været en mulig løsning på højttalernes kvalitet, men i projektet blev der implementeret en debouncer i `MyRecorder` klassen, for at sikre der ikke sker fejl under behandlingen af optagelsen. Debounceren er en forholdsvis stor debouncer. Den tjekker for de to forrige værdier, og tjekker om signalet er færdig med at bounce. Dvs. at projektet kræver at en tone skal opfanges tre gange før den godtages. Denne debouncer gør, at kommunikation med DTMF i projektet bliver betydeligt langsommere, fordi en tone skal være til stede 3 gange så lang tid før tonen bliver accepteret. For projektet er sendehastigheden blevet langsommere, 4 toner pr.

sekund.

Det har vist sig ved slutningen af projektet, at den bouncing effekt der opleves, højst sandsynligt skyldes en fejl i Goertzel klassens metode `findTone()`. En grænseværdi er ikke blevet initialiseret korrekt (der er ingen grænseværdi for en af sorterings løkkerne i metoden), men grundet tidspres er det en fejl der rettes i en senere udgivelse af applikationen, fordi en udvidet testfase skal udføres, og hele applikationen skal opdateres til at arbejde med de opnåede resultater fra testfasen.

## 4.4 Afspil

Projektet har den problemstilling, at der skal afspilles en forudbestemt sekvens af toner, i forhold til en besked.

Al funktionalitet som vedrører afspilning af DTMF toner er afhængig af SFML bibliotekets klasser `sf::Sound` og `sf::SoundBuffer`, eftersom C++ egets bibliotek ikke tilbyder afspilning af DTMF toner.

Før afspilning kan finde sted, skal der fastsættes en samplingsfrekvens, samt hvor mange samples pr. DTMF tone der er i en afspilning. Der kunne med fordel tages udgangspunkt i optage afsnittet for projektet, og benytte den samme samplingsfrekvens - 8000 Hz . Derudover skal afspil nødvendigvis afspille i den hastighed som applikationen kan optage med, dvs. 4 toner pr. sekund - så 2000 samples pr. tone.

De ønskede DTMF toner der skal afspilles (hvis det er rå data), skal indlæses i en vektor af diskrete værdier. Vektoren er defineret som :

```
vector<sf::Int16>raw1;
```

`raw1` er her vektoren med datatypen signed `Int16`. Dvs. at amplituden for en diskret værdi kan maks være af størrelsen  $\frac{2^{16}}{2}$ . Data'en for en DTMF tone kan med fordel laves ved hjælp af en for løkke, som lægger to sinusoidale funktioner sammen, bestående af de frekvenser som indgår i DTMF tonen. Se figur 5 for kode eksempel.

```
for (unsigned i = 0; i < SAMPLES; i++)
{
    raw1.push_back( AMPLITUDE*(sin(f1 * TWO_PI * i / SAMPLE_RATE)
        + sin(f2 * TWO_PI * i / SAMPLE_RATE)));
}
```

Figur 5: Kode eksempel

Denne vektor skal indlæses i et buffer objekt lavet af `sf::SoundBuffer` klassen. Bufferen skal også indlæses med en integer, for hvor mange samples der er i vektoren, og hvilken samplings-



frekvens afspilningen skal have. Derefter kan et `sf::Sound` objekt laves f.eks. `sf::Sound lyd`, dette objekt skal indlæses med bufferen, som indeholder den information som `sf::Sound` objektet skal afspille. Dette gøres med metoden `lyd.setBuffer(buffer)`. `sf::Sound` objektet kan nu afspilles med metoden `lyd.play()`, hvorefter applikationen sættes til at sove den tid afspilningen tager.

Projektets første løsning på at afspille en DTMF tone, var en simpel men utilstrækkelig løsning. Den brugte ovenstående metode til at afspille toner med, ved oprettelse af et objekt f.eks. `tone(frekvens1, frekvens2)`, som blev kørt igennem ovenstående for løkke. `raw1` blev derefter afspillet. En sekvens af toner, var derfor en sekvens af tone objekter der først skulle oprettes, og derefter sendes til afspilning en af gangen. Hvis en tone indgik flere gange i en sekvens, så blev den oprettet igen hver gang. Første løsning skabte derfor følgende problemstillinger:

- Dette foregik i samme klasse, og skabte low cohesion eftersom det at afspille og generere toner er 2 forskellige ting.
- Det en langsom process, som var tydelig under projektets test stadie, og havde indflydelse på kvaliteten af en sekvens af afspilninger.
- Jf. teori om DTMF, mangler der en pause på 50 millisekunder mellem hver tone.
- Metoden skal have tone objekter som input, hvilket de øvre lag ikke kan tilbyde.

Der blev derfor skrevet to klasser til at løse problemstillingerne, `Afspil.h` og `Tone.h`. `Afspil` klassens ansvar er udelukkende at afspille data, og `Tone` klassen står for at oprette denne data.

#### 4.4.1 Implementation

For at gøre det nemmere at implementere ovenstående funktionalitet blev der taget udgangspunkt i FIGUR SEKVENSDIAGRAM LORT.

`Tone` klassen opretter objekter som består af 2 frekvenser

- `Tone(int frekvens1, int frekvens2);`

Hvert objekt køres igennem den før nævnte sinusoidale for løkke, og opretter data for hvert tone objekt. Disse data kan så tilgås ved følgende metode som er blevet skrevet i `Tone` klassen:

- `vector<sf::Int16>getRaw();`

`Afspil` klassen har tre metoder:

- `sendData(vector<int>input)`
- `makeRaw0(vector<int>input)`
- `afspilToner(int længdeAfElementer)`

`sendData()` er en offentlig metode, som sørger for at sende en besked, ved at bruge `makeRaw0()` og `afspilToner()`. Inputtet fra de øvrige lag, er en sekvens af integers, som symboliserer toner.

`makeRaw0()` sørger for, at lave en ny vektor, `raw0`, med sekvenser af tone data. `makeRaw0` slår op i vektoren `dtmfToner` i `Afspil` klassen når den får en besked den skal afspille, og kopier indholdet over i `raw0`. `dtmfToner` består af tone objekter og er sorteret fra 0 til 15, som er de integers der symboliserer hver tone. Hver gang `makeRaw0` har kopieret en tones data til vektoren, så lægger den 400 samples af tone 16 oven i, (400 samples er 50 millisekunder), netop fordi der skal være en pause af 50 millisekunder mellem hver tone jf. teori om DTMF.

`afspilToner()` afspiller altid `raw0`, dog skal metoden vide hvor mange elementer der afspilles som input.

De tidligere nævnte problemstillinger er derfor løst. Der er to klasser med hver deres ansvar. Tone objekter bliver kun oprettet en gang, nemlig ved applikationens start, så det går betydeligt hurtigere at generere en afspilning. Der er blevet tilføjet de 50 millisekunders pause. De øvrige lag skal kun give en vektor af integers for at igangsætte en afspilning.

#### 4.4.2 Disussion

Afspilning af DTMF toner var en af projektets første problemer der blev undersøgt. Der var ikke tænkt over hvordan applikationen optog endnu, og det var først efter at optage delen af applikationen kom på plads, at afspilnings delen blev revurderet. Derfor var en afspilning i starten af projektet indlæst med en samplingsfrekvens på 44100 Hz (cd kvalitet) uden videre tanke for, at det ville skabe lange udregningstider. Et alternativ, projektet kunne have brugt, var at have lydfiler for hver tone inkluderet i applikationen, disse lydfiler kunne afspilles med SFML i forhold til en besked.

## 5 Data Link Laget

### 5.1 Teori

#### CRC

CRC står for Cyklisk Redundant Check, og bruges til fejl-detektering. Formålet med fejl-detektering er at gøre det muligt for modtageren at afgøre om et datagram, sendt gennem en støjnet kanal, er blevet beskadiget. For at gøre dette konstruerer senderen en checksum og føjer denne til datagrammet. Modtageren er i stand til at bruge CRC til at beregne checksum af det modtagne datagram og sammenligne denne med den vedlagte checksum for at se, om datagrammet er blevet modtaget korrekt.[4]

CRC er baseret på polynomiell aritmetik, primært beregning af resten når et polynomium divideres med et andet. Addition og subtraktion udføres ved hjælp af modulo-2.

#### **Modulo-2 Binary Division**

Modulo er resten af en division mellem to tal, og er oftest udtrykt som "%".

I modulo defineres nye operationer, som ofte ligner Booleske logiske operationer, heriblandt XOR,

som bruges til addition, og AND, som bruges til multiplikation. Bitvist er modulo-2 det samme som XOR, og her noteres modulo-2 additions operationen med en cirkel med et plus, f.eks.:

$$1 \oplus 0 = 1$$

### **Stuffing**

Bitstuffing er nødvendig for datagrammer der ikke overholder de størrelsesmæssige krav. I dette tilfælde tilføres ekstra bits, uden betydning, til datagrammet, indtil dette opfylder de nødvendige størrelsesmæssige krav.

## 6 Applikationslaget

Applikationslagets formål er at skabe en platform for en bruger, så der ikke bemærkes hvad der foregår i de underliggende lag, men skaber en illusion om en direkte forbindelse mellem to applikationslag.

I dette afsnit gives teorien bag persistens og beskrivelse af de klasser som bruges i applikationslaget. Desuden er der en gennemgang af applikationens user interface.

### 6.1 Teori om persistens

Persistens er en problemstilling, der skal tages højde for, når man gerne vil bruge data mellem forskellige instanser af en applikation. For at kalde din data persistent skal man også kunne få adgang til dataen, selvom at applikationen har været lukket ned i mellemtiden. For at kunne lave dataen persistent skal man først bestemme sig for, hvordan man vil gemme sin data. Dette kan gøres på forskellige måder, så som at gemme det i filer eller gemme det på en database. For at kunne aflæse dataen nemt, skal der opstilles retningslinjer for din data. Dette kunne for eksempel være, at hver gang der gemmes noget nyt i en fil, skal der være på en ny linje.

### 6.2 Controller klassen

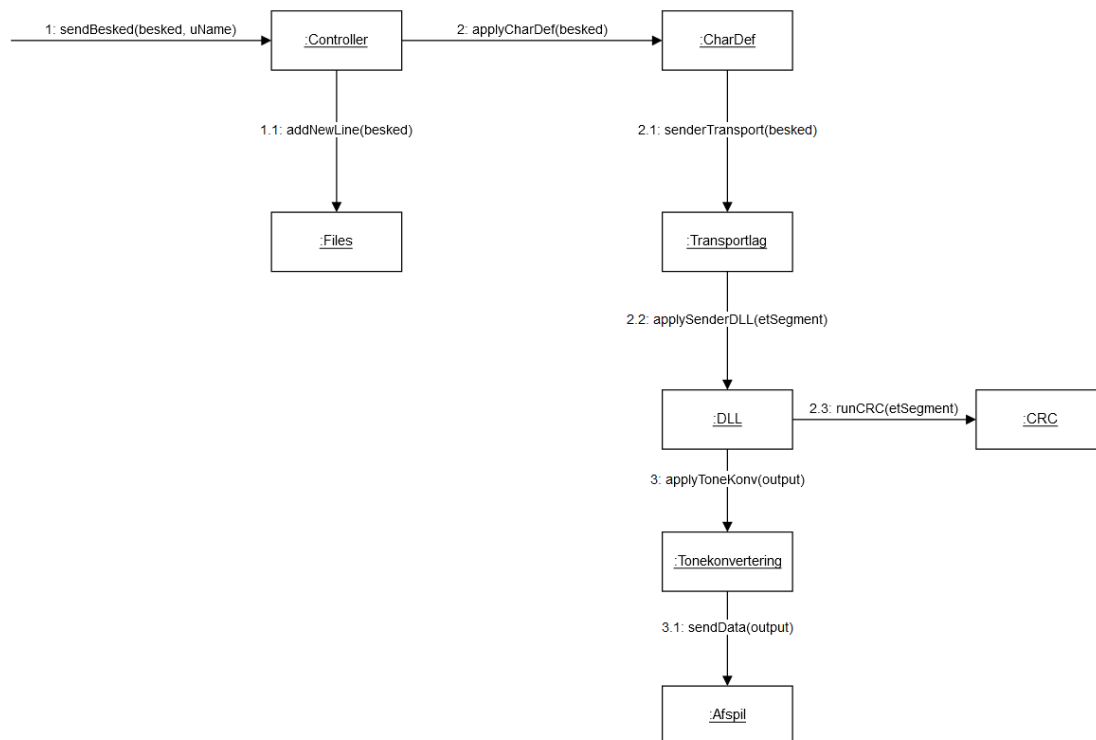
Der blev valgt at samle programmets vigtigste funktioner i klassen `Controller`. Dette blev gjort for at user interface kun skulle i kontakt med én klasse og fordi det ville blive nemmere i en senere iteration at implementere et Grafisk User Interface (GUI).

#### 6.2.1 Afsending af besked

En af controller klassens funktioner er at sende en besked. Denne funktionalitet har fået navnet `sendBesked(besked, uName)`. Samarbejdsdiagrammet for `sendBesked()` er vist i figur 6 `sendBesked()` tager beskeden der skal sendes, samt navnet på den der har sendt den, og samler det i en besked. Denne besked bliver sendt videre til `Chardefinition` klassen, som laver teksten om til en binær streng. Den bliver efterfølgende sendt til transportlaget, der kan dele beskeden op i mindre segmenter, der sørger for at beskederne sendes pålideligt. Pakkerne kommer videre til `Data Link Laget`, hvor der vil blive tilføjet CRC og stuffing til bitstrengen. I `Tonekonvertering` bliver den binære streng omdannet til tal mellem 0 og 15, som svare til de toner vi har til rådighed, disse toner hedder DTMF. Til sidst bliver tonerne afspillet med klassen `Afspil`. Når en besked er sendt, bliver den gemt i en fil med klassen `Files`. Hvis der under dette forløb sker en fejl, bliver der sendt en fejlbesked retur til controlleren.

#### 6.2.2 Modtagelse af besked

`Controller` klassen har desuden en metode til at modtage beskeder. Denne metode hedder `modtagBesked(uName)`. Samarbejdsdiagrammet for `modtagBesked()` er vist i figur 7 `modtagBesked()` går igennem de samme klasser som `sendBesked()`, dog i stedet for at sende

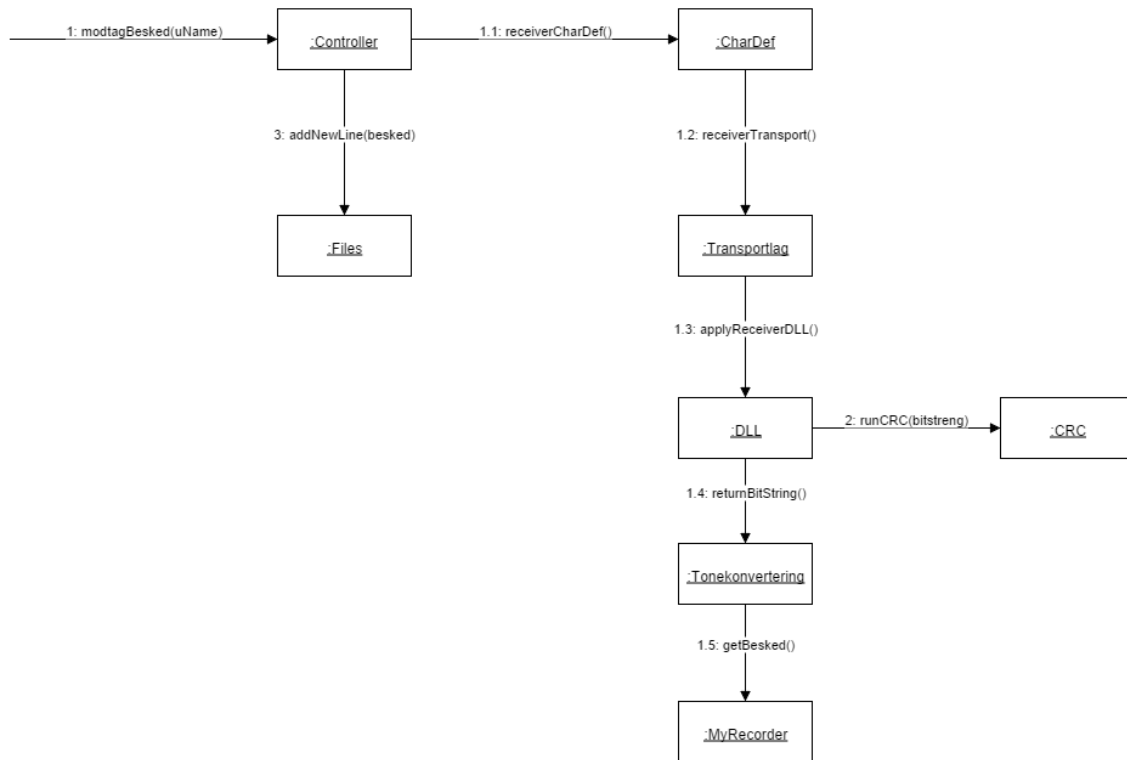
Figur 6: Samarbejdsdiagram for `sendBesked()`

en besked afsted, sendes der en request om at modtage en besked. I klassen `MyRecorder` modtages beskeden, som returnerer en vektor af tal, der repræsenterer en tone mellem 0 og 15, til `Tonekonverteringen`. Her omdannes tonerne til en bitstreng, som returneres til `DLL` klassen. Ved `DLL` tjekkes for CRC og stuffing fjernes inden det returneres til `Transportlaget`, hvor beskeden sammensættes. Den kommer retur til `CharDef` og bliver lavet fra binær streng til karakterer som returneres til `Controller`, der ved hjælp af UI viser beskeden på skærmen. Samtidig bruges `Files` til at gemme beskeden i en historik. Til det bruges brugernavnet i `sendBesked()` for at gemme i den rigtige historik.

### 6.2.3 Øvrige metoder i controller

`testLogin(uName, pWord)` er metoden der kan teste om et brugernavn og password er korrekt. Det gør den ved at bruge `Login` klassen.

`createUser(uName, pWord)` bruger igen `Login` klassen, denne gang til at oprette en bruger. Der er også metoder der kan vise historikken. Disse metoder bruger alle funktioner fra klassen `Files` og kan enten vise hele historikken, sidste besked eller en der kan definere hvor mange linjer der skal hentes og vises.

Figur 7: Samarbejdsdiagram for `modtagBesked()`

### 6.3 Login klassen

Klassen `Login` bruges til at oprette og teste en bruger, som har et brugernavn og password. Metoden `addUser(uName, pWord)` opretter nye brugere og gemmer brugernavnet og passwordet i et txt dokument for at opnå persistens. Hvis der allerede er et brugernavn af denne type, fås en besked om at brugeren er taget.

Klassen har også metoden `testLogin(uName, pWord)`, som bruger metoden `validateLogin(uName, pWord)`. Den modtager et brugernavn og password, som bliver lavet om til et login token. Denne token bliver efterfølgende sammenlignet med alle de tokens der er gemt i txt filen. Hvis der findes et match bliver der returneret true og brugeren logges på.

### 6.4 Files klassen

`Files` klassen bruges til at gemme og tilgå historikken, når der bliver skrevet til hinanden med chat programmet. `Files` virker ved at når der oprettes et objekt at klassen, med en parameter, som er brugernavnet, bliver der oprettet et tekstdokument med brugerens navn, hvis dette ikke findes, som historikken kan gemmes i. Herefter bruges følgende metoder til at bearbejde historikken:

- `addNewLine(besked)` tilføjer en besked til tekstdokumentet, for at gøre det persistent.
- `updateVector()` bruges til at lave en vektor af linjerne fra historikken, som efterfølgende kan bearbejdes.

- `printVector()` kan printe hver linje ud, som er i vektoren skabt med `updateVector()`.
- `clearText()` kan slette alt fra historikken.
- `printLatest()` printes den sidste besked.
- `printLines(startN, endM)` kan printe de valgte linjer ud fra linje n til m.
- `flipVector()` bruge til vende vektoren, så f.eks. den sidste modtagne besked kommer til at ligge øverst i vektoren, altså på plads 0.

## 6.5 CharDefinition klassen

`CharDefinition` klassens opgave er at omdanne beskeder til en binær repræsentation som det underlæggende Transportlag kan forstå, og omvendt. Når der oprettes et objekt af klassen, bliver der lavet en liste over alle de tal, karakterer og andre tegn, der er mulighed for at sende.

Klassen indeholder metoden `charToBinary(input)` som omdanner indputtet, som er en string af karakterer, til en binær string. Det gør den ved at sammenligne karaktererne, der skal sendes, med dem i listen. Når der findes et match, bruges nummeret på placeringen af karakteren i listen, til at udregne en binær værdi, der bliver repræsenteret, ved hjælp af 8 bits. F.eks. vil karakteren b, som har placeringen 11, få den binære værdi 00001011.

`applyCharDef(input)` anvender denne metode og sørger for at den binære repræsentation sendes videre til Transportlaget.

`binaryToChar(messageReceived)` omdanner hvert segment af otte bits om til et decimaltal, der bruges i listen til at finde de modtagne karaktere. Karaktererne sættes på en string indtil hele beskeden er omdannet.

`receiverCharDef()` bruger denne metode, når en besked returneres fra Transportlaget. Hvis beskeden der modtages er en fejlbesked sendes den videre og der bruges ikke `binaryToChar()`.

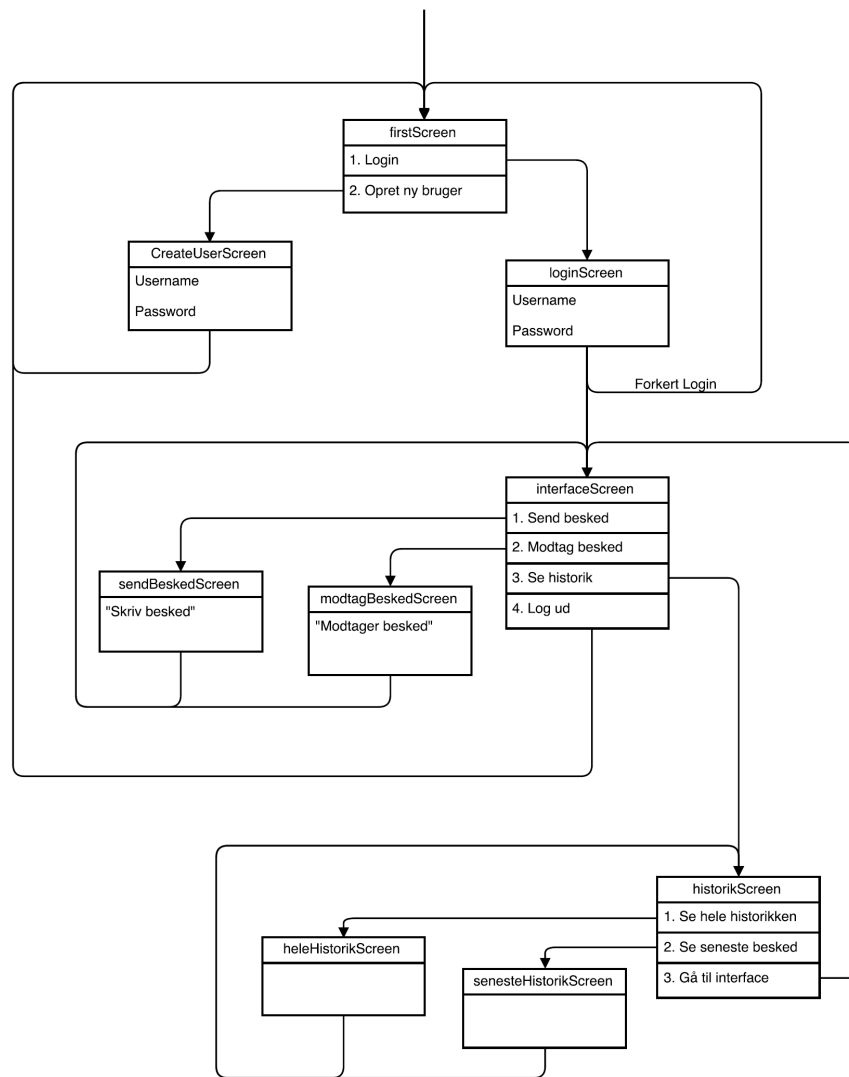
## 6.6 UI source

Til chat programmet er der valgt at lave et simpelt user interface. Dette blev lavet ved at bruge konsolvinduet i Visual Studio. Et flowdiagram af systemet er vist på figur 8. Applikationens UI er bygget op ved at der gives nogle valgmuligheder. På første skærm kan der vælges mellem login eller opret bruger. Der vælges ved at indtaste et tal, her 1 eller 2. Tallet sammenlignes med de muligheder der er, og applikationen går til næste skærm.

Når der oprettes ny bruger, indtastes brugernavn og password som efterfølgende bruges i `Controller` klassen i metoden `createUser(uName, pWord)`. Der vil efterfølgende gås videre til loginskærmen, hvor brugernavn og password indtastes igen og bruges i metoden `testLogin(uName, pWord)`. Hvis det indtastede er forkert kan der prøves igen ellers kommer interface skærmen.

På interface skærmen er mulighederne:

- Send besked
- Modtag besked



Figur 8: Flowdiagram af UI

- Se historik
- Log ud

Ved "Send besked" skærmen kan der skrives en besked, som efterfølgende sendes med metoden `sendBesked(besked, uName)` fra Controller. Ved "Modtag besked" skærmen afventes der en besked. Denne modtages med metoden `modtagBesked()` og bliver efterfølgende vist på skærmen. Hvis der vælges historik, kommer en skærm med 3 muligheder igen. Her kan der vælges at se hele historikken eller seneste besked som vises med metoderne `getHeleHistory()` og `getSenesteHistory()` fra Controller. Den ved den sidste valgmulighed sendes man retur til interface skærmen.



## **7 Konklusion**

## **8 Perspektivering**

## 9 Litteraturliste

### 9.1 Bøger

- [1] John W. Dower *Readings compiled for History 21.479*. 1991.
- [2] The Japan Reader *Imperial Japan 1800-1945* 1973: Random House, N.Y.

### 9.2 Hjemmesider

- [3] <http://einstein.informatik.uni-oldenburg.de/papers/CRC-BitfilterEng.pdf>
- [4] <http://www.ross.net/crc/crcpaper.html>
- [5] <http://www.hackersdelight.org/crc.pdf>