

TRACKABUS

BACHELORPROJEKT

---

Systemarkitektur  
for  
TrackABus

---

*Author:*

Gruppe 13038

*Supervisor:*

Michael Alrøe

10. december 2013

## Versionshistorie:

Ver.	Dato	Initialer	Beskrivelse
0.1	18-11-2013	??	Arbejde påbegyndt
0.2	03-12-2013	??	Use Case View færdiggjort

## Godkendelsesformular:

<b>Forfatter(e):</b>	Christoffer Lousdahl Werge (CW) Lasse Sørensen (LS)
<b>Godkendes af:</b>	Michael Alrøe.
<b>Projektnr.:</b>	bachelorprojekt 13038.
<b>Filnavn:</b>	Systemdesign.pdf
<b>Antal sider:</b>	112
<b>Kunde:</b>	Michael Alrøe (MA).

Sted og dato: \_\_\_\_\_

10832 \_\_\_\_\_  
Christoffer Lousdahl Werge

MA \_\_\_\_\_  
Michael Alrøe

09421 \_\_\_\_\_  
Lasse Lindsted Sørensen

# Indhold

<b>1</b>	<b>INTRODUKTION</b>	<b>7</b>
1.1	Formål . . . . .	7
1.2	Referencer . . . . .	8
1.3	Definitioner og forkortelser . . . . .	8
1.4	Dokumentstruktur og læsevejledning . . . . .	8
1.5	Dokumentets rolle i en iterativ udviklingsproces . . . . .	9
<b>2</b>	<b>SYSTEM OVERSIGT</b>	<b>10</b>
2.1	System kontekst . . . . .	10
2.2	System introduktion . . . . .	10
<b>3</b>	<b>SYSTEMETS GRÆNSEFLADER</b>	<b>12</b>
3.1	Grænseflader til person aktører . . . . .	12
3.1.1	Bruger . . . . .	12
3.1.2	Administrator . . . . .	15
3.2	Grænseflader til eksternt software . . . . .	18
3.2.1	Simulator . . . . .	18
<b>4</b>	<b>USE CASE VIEW</b>	<b>21</b>
4.1	Oversigt over arkitektursignifikante Use Cases . . . . .	21
4.2	Use Case 1 scenarier - Vis busruter . . . . .	23
4.2.1	Use Case mål . . . . .	23
4.2.2	Use Case scenarier . . . . .	23
4.2.3	Use Case undtagelser . . . . .	23
4.3	Use Case 2 scenarier - Vis placering af alle busser og busstoppesteder på valgt rute . . . . .	24
4.3.1	Use Case mål . . . . .	24
4.3.2	Use Case scenarier . . . . .	24
4.3.3	Use Case Undtagelser . . . . .	24
4.4	Use Case 3 scenarier - Vis tid for nærmeste bus, til valgt stoppested . . . . .	25
4.4.1	Use Case mål . . . . .	25

4.4.2	Use Case scenarier . . . . .	25
4.4.3	Use Case Undtagelser . . . . .	25
4.5	Use Case 4 scenarier - Rediger busrute i liste af favoriter . . . . .	25
4.5.1	Use Case mål . . . . .	25
4.5.2	Use Case scenarier . . . . .	25
4.5.3	Use Case Undtagelser . . . . .	26
4.6	Use Case 5 scenarier - Rediger information om bus . . . . .	26
4.6.1	Use Case mål . . . . .	26
4.6.2	Use Case scenarier . . . . .	26
4.6.3	Use Case Undtagelser . . . . .	27
4.7	Use Case 6 scenarier - Rediger bus på rute . . . . .	27
4.7.1	Use Case mål . . . . .	27
4.7.2	Use Case scenarier . . . . .	27
4.7.3	Use Case undtagelser . . . . .	28
4.8	Use Case 7 scenarier - Rediger busruteplan . . . . .	28
4.8.1	Use Case mål . . . . .	28
4.8.2	Use Case scenarier . . . . .	28
4.8.3	Use Case undtagelser . . . . .	29
4.9	Use Case 8 scenarier - Rediger stoppested . . . . .	29
4.9.1	Use Case mål . . . . .	29
4.9.2	Use Case scenarier . . . . .	29
4.9.3	Use Case undtagelser . . . . .	30
<b>5</b>	<b>LOGISK VIEW</b>	<b>31</b>
5.1	Oversigt . . . . .	31
5.2	Arkitektursignifikante designpakker . . . . .	31
5.2.1	Pakke 1: Præsentations Lag . . . . .	31
5.2.2	Pakke 2 - Logik laget . . . . .	31
5.2.3	Pakke 3 - Data tilgangs laget . . . . .	32
<b>6</b>	<b>PROCES/TASK VIEW</b>	<b>32</b>
6.1	Oversigt over processer/task . . . . .	32

6.2	Proces/task kommunikation og synkronisering . . . . .	34
6.3	Procesgrupper . . . . .	35
6.3.1	Proceskommunikation i mobil applikation . . . . .	35
6.3.2	Proceskommunikation i administrations hjemmesiden . . . . .	36
6.3.3	Proceskommunikation i simulatoren . . . . .	37
<b>7</b>	<b>DEPLOYMENT VIEW</b>	<b>38</b>
7.1	Oversigt over systemkonfigureringer . . . . .	38
7.2	Node-beskrivelser . . . . .	38
7.2.1	Konfigurering 1 . . . . .	38
7.2.2	Node 1. beskrivelse - Android mobil applikation . . . . .	38
7.2.3	Node 2 beskrivelse - Webserver . . . . .	39
7.2.4	Node 3 beskrivelse - MySQL Server . . . . .	39
7.2.5	Node 4 beskrivelse - PC . . . . .	39
<b>8</b>	<b>IMPLEMENTERINGS VIEW</b>	<b>40</b>
8.1	Oversigt . . . . .	40
8.2	Komponentbeskrivelser . . . . .	40
8.2.1	Komponent 2: Mobile service . . . . .	41
8.2.2	Komponent 3: Administrations hjemmeside . . . . .	42
8.2.3	Komponent 4: Simulator . . . . .	51
8.2.4	Komponent 5: Anvendt matematik . . . . .	62
<b>9</b>	<b>DATA VIEW</b>	<b>69</b>
9.1	Data model . . . . .	69
9.1.1	Design af MySQL database . . . . .	69
9.1.2	Design af SQLiteDatabase database . . . . .	74
9.1.3	Stored procedures . . . . .	75
9.1.4	Functions: . . . . .	80
9.2	Implementering af persistens . . . . .	88
9.2.1	Implementering af persistens i mobilapplikationen . . . . .	88
9.2.2	Implementering af persistens i simulator . . . . .	94
9.2.3	Implementering af persistens i online værktøjet . . . . .	96

<b>10 GENERELLE DESIGNBESLUTNINGER</b>	<b>99</b>
10.1 Arkitektur mål og begrænsninger . . . . .	99
10.2 Arkitektur mønstre . . . . .	99
10.3 Generelle brugergrænsefladeregler . . . . .	100
10.3.1 Arkitekturspecifikke . . . . .	101
10.3.2 Udseendesspecifikke . . . . .	101
10.4 Exception og fejlhåndtering . . . . .	101
10.4.1 Fejlhåndtering ved tab af internet forbindelse . . . . .	101
10.5 Implementeringssprog og værktøjer . . . . .	102
10.5.1 C# . . . . .	102
10.5.2 Java . . . . .	102
10.5.3 HTML, CSS og JavaScript . . . . .	102
10.5.4 MySQL . . . . .	102
10.5.5 Microsoft Visual Studio 2012 . . . . .	102
10.5.6 Eclipse . . . . .	103
10.5.7 MySQL Workbench . . . . .	103
10.5.8 Microsoft Visio 2013 . . . . .	103
10.5.9 GIT . . . . .	103
10.5.10 TexMaker . . . . .	103
10.6 Implementeringsbiblioteker . . . . .	103
<b>11 STØRRELSE OG YDELSE</b>	<b>104</b>
11.1 Dataforbrug for mobil applikation . . . . .	104
11.2 Performance for mobil applikation . . . . .	104
11.3 Server . . . . .	104
11.4 Performance for simulator . . . . .	104
<b>12 KVALITET</b>	<b>105</b>
12.1 Brugervenlighed . . . . .	105
12.2 Pålidelighed . . . . .	105
12.3 Effektivitet . . . . .	105
12.4 udvidbarhed . . . . .	105

<b>13 OVERSÆTTELSE</b>	<b>106</b>
13.1 Oversættelses-software . . . . .	106
13.2 Installation . . . . .	106
<b>14 KØRSEL</b>	<b>108</b>
14.1 Kørsels-software . . . . .	108
14.2 Start, genstart og stop . . . . .	108
14.3 Fejludskrifter . . . . .	109

# 1 INTRODUKTION

Dette dokument beskriver designet og arkitekturen af softwaren for bachelorgruppe 13038 - TrackABus. Softwaredesignet og arkitekturen er opbygget ud fra Use Cases fundet i *TrackABus\_Kravspecifikation*.

I dette dokument findes blandt andet:

- En systemoversigt samt dets grænseflader
- Use Case view
- Logisk view
- Proces og task view
- Deployment view
- Implementerings view
- Data view

I disse forskellige views kan der findes domænemodel, klassediagrammer, sekvensdiagrammer og lignende. Derudover findes diverse illustrationer, matematik og kodeeksempler. Alle disse elementer samt øvrige dele, er med til at beskrive systemet i detaljer. I løbet af dette dokument vil der blive brugt diagrammer såvel som figurer. Disse kan alle findes i fuld størrelse i bilaget.

## 1.1 Formål

Formålet med dokumentet er:

- At fastlægge systemets overordnede design, arkitektur og virkemåde. Dette er gjort jævnfør kravspecifikationen.
- At definerer og beskrive de nødvendige klasser og vise samspillet mellem disse.
- At give individer med tilpas faglig viden indblik i systemets opbygning.

Dokumentets målgruppe er en person med grundlæggende viden om det overordnede faglige emne, dog uden viden inden for det specifikke emne.



## 1.2 Referencer

I dette dokument vil der optræde referencer til følgende dokumenter:

- TrackABus\_Kravsspecifikation

De ovenstående dokumenter kan findes i medfølgende bilagsmappe.

## 1.3 Definitioner og forkortelser

- GUI - Graphical User Interface, grafisk brugergrænseflade.
- UI - User Interface, brugergrænseflade.
- WPF - Windows Presentation Foundation, system til udvikling af grafisk applikationer på Windows.
- MVC - Designmønstret Model - View - Controller.

## 1.4 Dokumentstruktur og læsevejledning

**Afsnit 1 – INTRODUKTION:** Introducerer læseren til projektet og dokumentet.

**Afsnit 2 - SYSTEM OVERSIGT:** Dette afsnit giver en kort oversigt over systemet og dets omgivelser. Derudover vises der diagrammer over systemets aktører, samtidig med at systemet kort beskrives.

**Afsnit 3 – SYSTEMETS GRÆNSEFLADER:** Her beskrives grænsefladerne for de forskellige aktører til systemet.

**Afsnit 4 – USE CASE VIEW:** Afsnittet beskriver alle Use Cases og Use Case scenarier fra Use Case modellen. De forskellige Use Cases beskrives i prosa form, samtidig med at et use case diagram præsenteres.

**Afsnit 5 – LOGISK VIEW:** Beskriver systemets opdeling i delsystemer og pakker og deres organisering i en lagdelt struktur. Viser hvordan de forskellige Use Cases er realiseret, blandt andet ved brug af simple- og udvidede systemsekvensdiagrammer.

**Afsnit 6 – PROCES/TASK VIEW:** Dette afsnit beskriver systemets opdeling i processer og tråde, og hvorledes disse processer kommunikerer og synkroniserer. Giver et overblik over de forskellige tråde anvendt i systemet.

**Afsnit 7 – DEPLOYMENT VIEW:** Viser den fysiske struktur af systemet, hvilket er computere og andre hardware enheder.

**Afsnit 8 – IMPLEMENTERINGS VIEW:** Dette afsnit beskriver den endelige implementering. Her er de forskellige komponenter beskrevet i detaljer.

**Afsnit 9 – DATA VIEW:** Er en beskrivelse af persistent data lagring i systemet.

**Afsnit 10 – GENERELLE DESIGNBESLUTNINGER:** Dette afsnit fastholder de generelle designbeslutninger, der tages under arkitekturdesignet. Her beskrives systemets begrænsninger, anvendte designmønstre, samt anvendte værktøjer og (kode)biblioteker.

**Afsnit 11 – STØRRELSE OG YDELSE:** I dette afsnit er angivet de kritiske størrelser og ydelsesparametre for systemet..

**Afsnit 12 – KVALITET:** Her opremses de kvalitetskrav for systemet der er med til at udforme arkitekturen. Ligeså beskrives hvorledes arkitekturen opfylder andre af de ikke-funktionelle krav vedrørende for eksempel udvidbarhed.

**Afsnit 13 – KØRSEL:** Her beskrives hvordan programmet installeres og køres.

**Afsnit 14 – BILAG:** Liste over anvendte bilag.

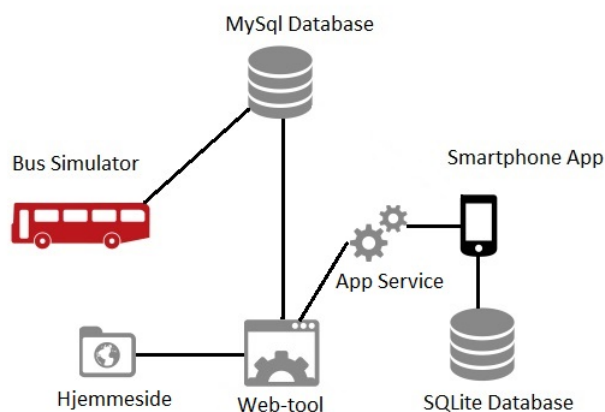
## 1.5 Dokumentets rolle i en iterativ udviklingsproces

Da der er blevet fulgt en iterativ udviklingsproces er systemet blevet udviklet over en række iterationer. I hver iteration er selve TrackABus mobil applikationen, Administrations hjemmesiden og simulatoren blevet videreudviklet, og har fået flere funktionaliteter samtidig med at systemet er blevet effektiviseret. At processen er en iterativ udviklingsproces kommer til udtryk ved at dokumentation er opdateret løbende i takt med at softwaren har udviklet sig, og større erfaring blev opnået.

## 2 SYSTEM OVERSIGT

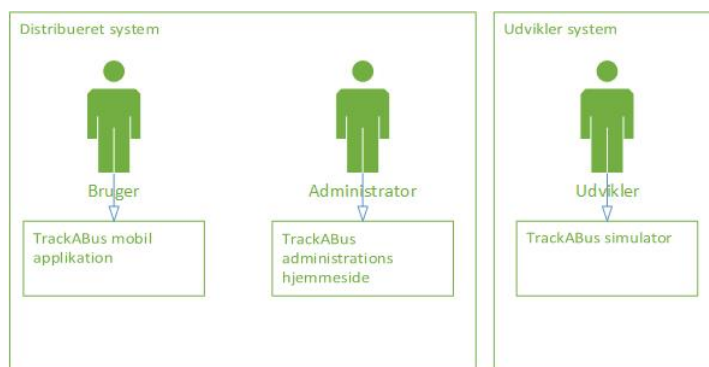
### 2.1 System kontekst

Systemet består af en android mobil applikation, en administrations hjemmeside og en bus simulator. Systemet kan skitseres som på figur 1.



Figur 1: Simple systemoversigt

Systemets påvirkninger fra omverden, kan overskueliggøres via et aktørkontekst-diagram vist på figur 2.



Figur 2: Aktørkontekst-diagram

### 2.2 System introduktion

Systemet består af 2 hoved dele, en mobil applikation og en administrations hjemmeside. Mobil applikationens hovedfunktion er at gøre det muligt for brugeren at se en valgt bus-rute, dens busstoppesteder og alle busser der køre på ruten, indtegnet på et kort, og få

vist hvor lang tid der er til den næste bus ankommer til et valgt busstoppested. Det er også mulighed for at favorisere de forskellige busruter, dette vil gemme busruten lokalt på mobil telefonen, og derfor skal der ikke bruges mobil data til at downloade ruten hver gang den skal bruges.

Hoved funktionaliteten for administrations hjemmesiden er at gøre det nemt at tilføje en ny busruter med stoppesteder til systemet, samt gøre det muligt at ændre allerede eksisterende busruter. Alt dette sker igennem en GUI bestående af hjemmesiden [www.TrackABus.dk](http://www.TrackABus.dk).

Desuden er der også blevet udviklet en simulator der har til formål at simulere en eller flere busser der køre på de forskellige busruter. Simulatoren er ikke en del af hovedsystemet, og derfor ikke beskrevet i Use Cases. Det er muligt at tilgå simulatoren igennem en GUI, hvorfor en udvikler kan starte forskellige simulationer, så som en enkel bus der køre en bestemt vej på ruten, alle busser på en rute, eller alle busser i systemet på deres rute. Det er nødvendig med en simulator da der skal være mulighed for at teste forskellige situationer og algoritmer, hvor man ikke kan være afhængig af en rigtig bus. *Se afsnit 6.2.4 Komponent 4: Simulator* for dybere beskrivelse af simulatoren.

## 3 SYSTEMETS GRÆNSEFLADER

### 3.1 Grænseflader til person aktører

Systemet har to forskellige personaktører, der begge virker som primæraktører *Use Case diagram kan findes i afsnit 4: Use Case View figur 17*. Disse to tilgår forskellige dele af systemet, og derfor benytter de hver især forskellige brugergrænseflader. Bruger aktørern tilgår mobil applikationen, og administrator aktøren tilgår administrations hjemmesiden.

#### 3.1.1 Bruger

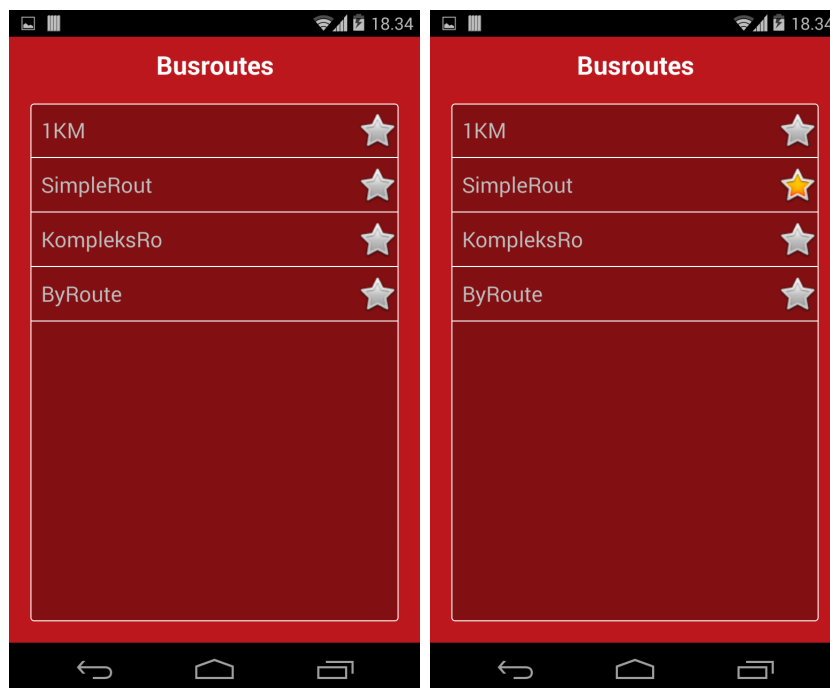
Når mobil applikationen startes bliver brugeren præsenteret brugerfladen der ses på nedenfor på figur 3. Herfra kan brugeren trykke på knappen 'View busroutes' hvis han ønsker at få vist en liste af busruter der findes i systemet.



Figur 3: Mobil applikation start skærm

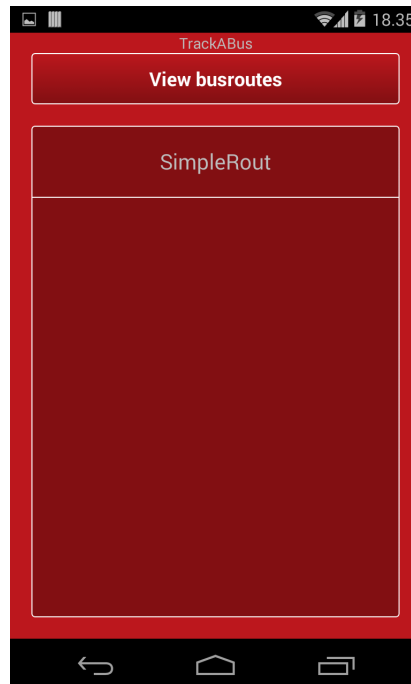
Trykker brugeren på knappen 'View Busroutes' vil han blive præsenteret for en liste af de forskellige busruter der er gemt i databasen, skærmen set nedenfor på det første billede i figur 4. Herfra er der enten mulighed for at vælge en af de viste busruter, eller trykker på den grå stjerne for at favorisere en busrute. Bliver der trykket på stjernen, vil systemet

favorisere den valgte rute, og stjernen vil blive gul, som vist på figur på det andet billede i 4



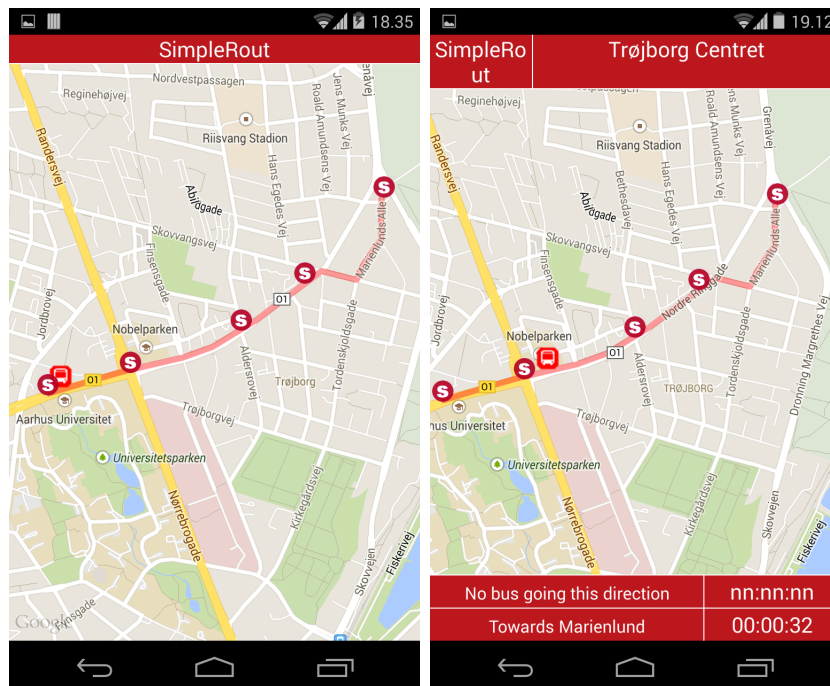
Figur 4: listen af alle busruter, der findes på databasen, hvor der på det andet billede er en busrute der er blevet favoriseret

Busruten er nu favoriseret, dette gør det muligt at vælge den fra startskærmen så den er hurtigere at tilgå, hvis brugeren skal bruge den valgte rute ofte. På figur 5 kan det ses hvordan startskærmen kommer til at se ud, efter en busrute er blevet favoriseret



Figur 5: startskærmen, der nu viser den busrute der er blevet favoriseret

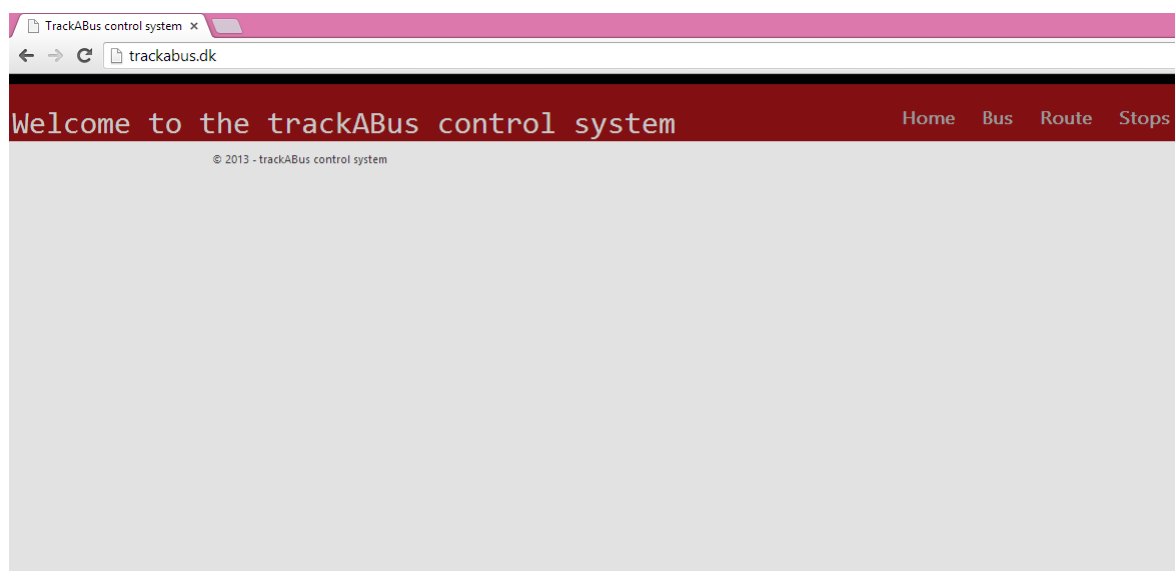
Hvis brugeren vælger en busrute, fra listen over busruter på skærmen vist på figur 4 eller fra favorit listen vist på figur 5 vil brugeren nu få vist et kort som vist på det første billede i figur 6, hvorpå der er indtegnet den valgte busrute, dens stoppesteder og de busser der køre på ruten. Stoppestederne er indtegnet med et tydeligt 'S' og busserne er indtegnet med et bus icon. Brugeren kan herfra vælge et af stoppestederne, skærmen vil nu blive opdateret til at vise information om det valgte stoppested samt hvor lang tid der er til den næste bus ankommer til det valgte stoppested. Hvis der ikke er nogle busser på vej imod det valgte stoppested vil teksten: 'No bus going this direction' blive vist, ellers vil der blive vist navnet på den endestation bussen køre imod. Dette kan ses på det andet billede i figur 6.



Figur 6: kort med indtegnet busrute, stoppesteder og en bus

### 3.1.2 Administrator

Når administratoren er gået ind på [www.TrackABus.dk](http://www.TrackABus.dk) vil han få vist siden, som set på figur 7. Dette er startskærmen for administrations hjemmesiden, herfra er det muligt at navigere til de forskellige dele af systemet.



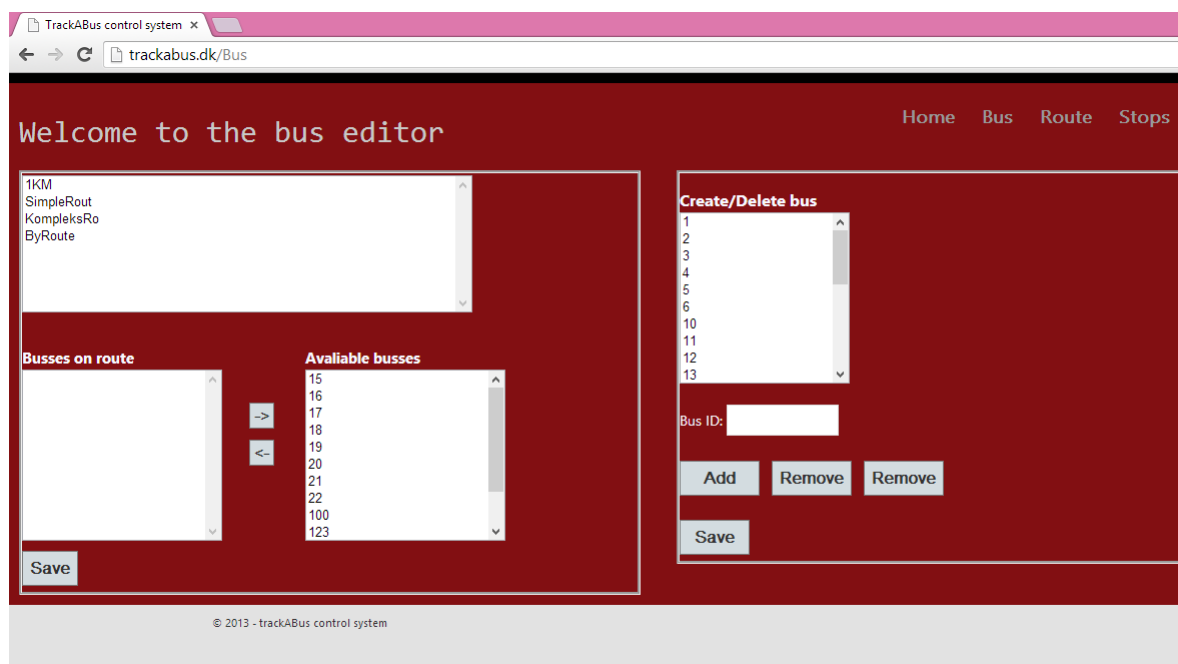
Figur 7: Startskærmen for administrations hjemmesiden

Vælger administratoren at trykke på knappen 'Bus' vil han blive navigeret til bus redi-



gereings siden som ses på figur 8. herfra er det muligt at vælge en busrute i den øverste listen i venstre side, dette vil gøre det muligt at tilføje busser til eller fjerne busser fra den valgte rute. Dette bliver gjort ved at, efter der er blevet valgt en rute, bliver valgt en bus, hvorefter der bliver trykket på '<'. Dette vil tilføje en bus til den valgte rute.

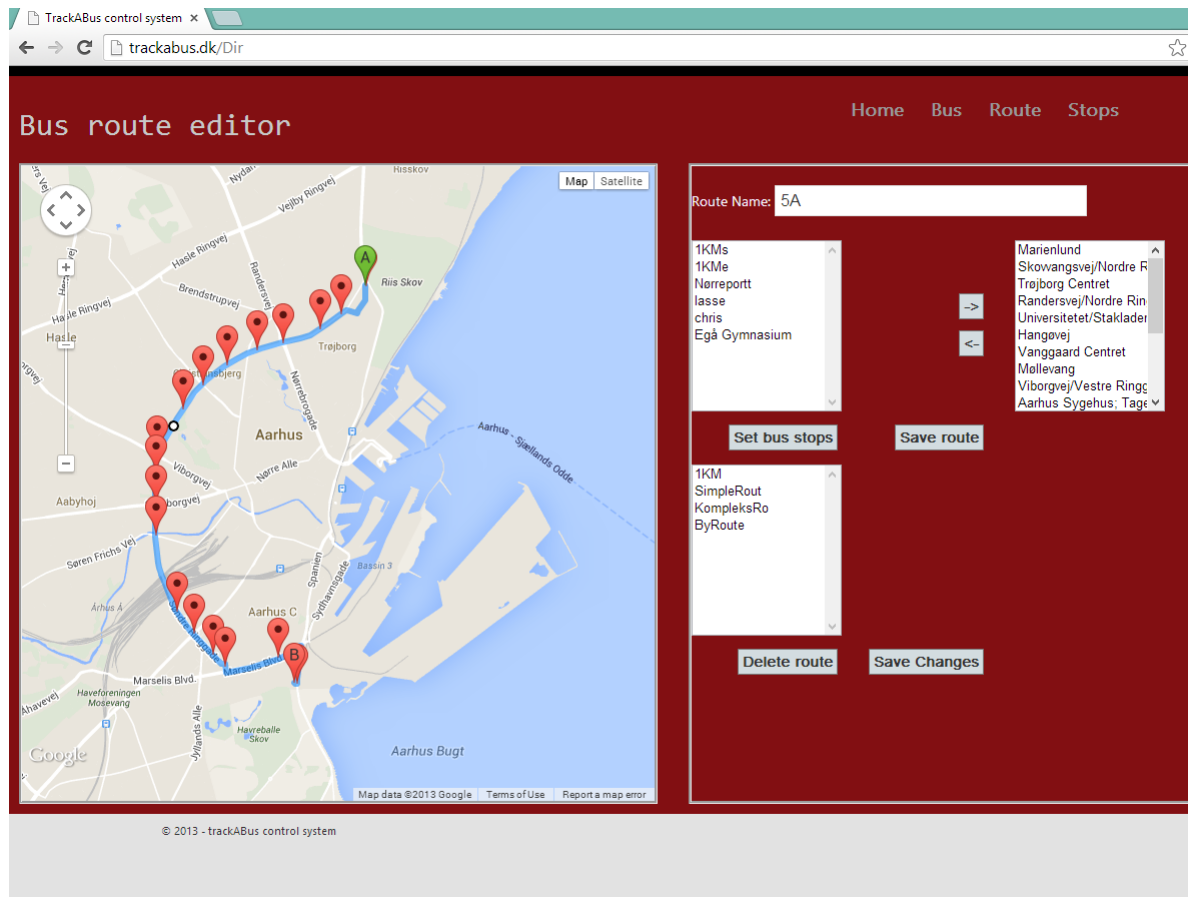
I den højre del af skærmen kan der ses en liste af alle de busser der findes i systemet. Herfra vil det være muligt for administratoren at tilføje, fjerne og ændre busser. Administratoren skriver ID'et for en bus, trykker på knappen 'Add', hvorefter bussen bliver tilføjet til listen. Ved tryk på knappen 'Save' vil bussen blive gemt i databasen.



Figur 8: Skærmen for bus redigereings siden

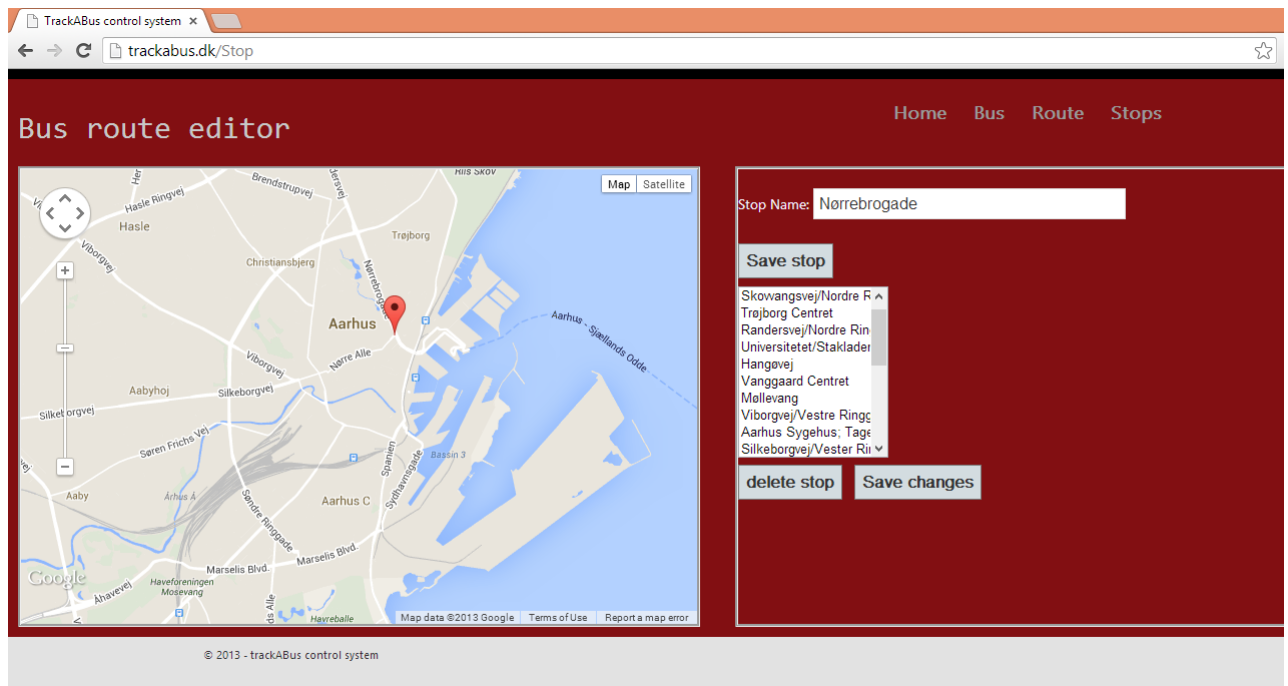
Vælger administratoren at trykke på knappen 'Route' vil han blive navigeret til rute redigereings siden som ses på figur 9. Her har administratoren mulighed for at oprette en ny busrute, med stoppesteder. Dette bliver gjort ved at han vælger et start og et slut sted for ruten på kortet. På figur 9 kan der ses en rute indtegnet på kortet, hvor start punktet er punk 'A' og slut punktet er punk 'B'. For at sætte stoppesteder på ruten, vælges de fra listen til venstre i højre side og tilføjes til listen i højre side. Når den ønskes rute et indtegnet kan der trykkes på 'Save' knappen, der vil gemme ruten på databasen. Administratoren har også mulighed for at rediger i en rute, ved at vælge en rute fra den nederste liste, som når den bliver valgt, vil blive indtegnet på kortet. Administratoren kan nu rediger i den, tilføje og fjerne bustoppesteder og til sidste gemme ændringerne på

databasen.



Figur 9: Skærmen for rute redigereings siden, her med indtegnet busroute 5A, med stoppesteder

Vælger administratoren at trykke på knappen 'Stops' vil han blive navigeret til busstop redigereings siden som ses på figur 10. Administratoren har her mulighed for at oprette et helt nyt stoppested i systemet, fjerne et stoppested, eller ændre navn og position for et der allerede findes. For at tilføje et nyt stoppested, trykkes der det sted på kortet hvor stoppestedet er, hvor efter navnet bliver indtastet i feltet Stop name. For at gemme stoppestedet på databasen trykkes der på knappen 'Save'. Efter der er foretaget ændringer af et stoppested, trykkes der i stedet på knappen 'Save changes'



Figur 10: Skærmen for busstoppested redigeringssiden, her med indtegnet stoppested

## 3.2 Grænseflader til eksternt software

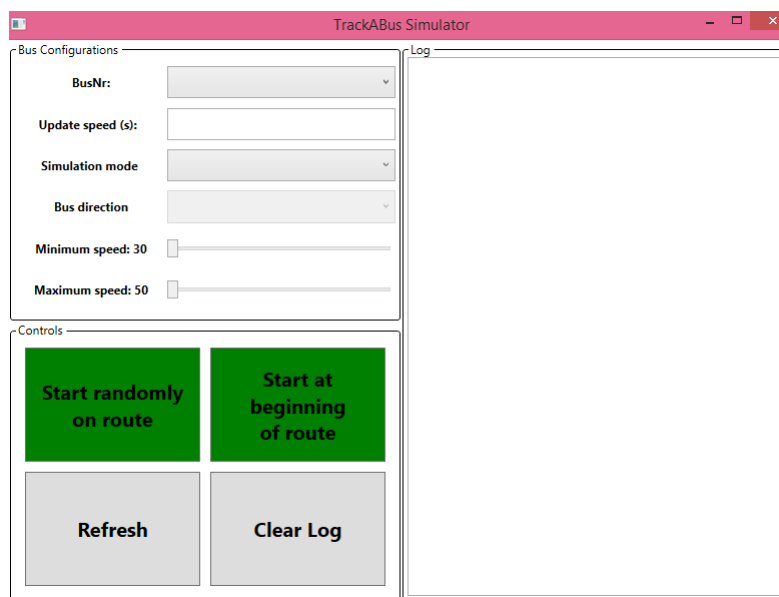
Her beskrives grænsefladerne for de software delsystemer, der er blevet udviklet som et separat projekt.

Der er blevet udviklet en simulator sideløbende med projektet, da det blev nødvendigt at have mulighed for at simulere en bus der køre på en rute, da der ikke var mulighed for at få positions data for en rigtig bus. Et andet formål med simulatoren er at gøre det muligt at teste forskellige situationer der kan forekomme i systemet.

### 3.2.1 Simulator

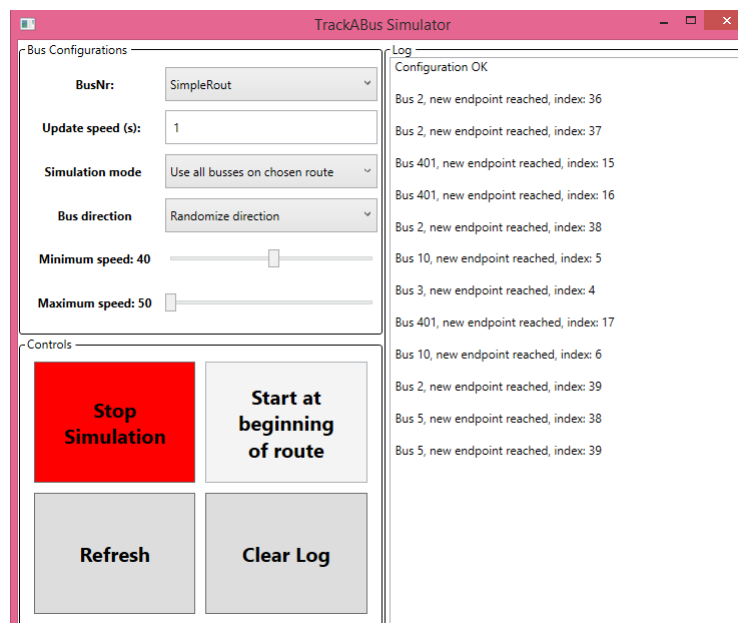
Når simulatoren bliver startet vil grænsefladen se ud, som vist på figur 11. Herfra kan der ved 'BusNr:' vælges hvilken busrute, busserne skal køre på. Update speed bestemmer hvor ofte positionen for busserne skal opdateres, her er '1' standardværdien for systemet. I simulation mode, vælges der hvilken form for simulation der skal startes, dette kan være: 'Use single bus on route', 'Use all busses on chosen route' og 'Use all busses in system'. 'Use single bus on route' vil simulere en enkel bus der køre på den valgte rute, hvor 'Use all busses on chosen route' vil simulere alle de busser der er knyttet til den valgte rute.

Ved valg af 'Use all busses in system' vil alle busser i hele systemet blive simuleret på deres tilknyttede rute, og det er derfor ligemeget hvilken busrute der blev valgt i starten. Under 'Bus Direction' kan der vælges om busserne skal køre i en bestemt retning, eller om de alle skal køre i tilfældige retning. Sidst kan der vælges hvor hurtig busserne skal køre, her der er mulighed for at sætte hastigheden mellem 30 og 1000 km/t. Simulatoren kan nu startes på to forskellige måder, enten hvor busserne alle starter tilfældige steder på deres rute, eller om alle busserne skal starte fra rutens startpunkt.



Figur 11: Grænseflade for simulator

På figur 12 kan ses hvordan det kan se ud efter en simulation er startet. Her kan det ses et log vindue i højre side, der kommer med opdateringer om busserne, og eventuelle fejlbeskeder. De to sidste knapper på simulatoren, 'Refresh' og 'clear log' bruges henholdsvis til at hente de nyeste ruter og busser fra databasen, og til at slette alt hvad der står i log vinduet.



Figur 12: Grænseflade for simulator efter den er blevet konfigureret og startet

## 4 USE CASE VIEW

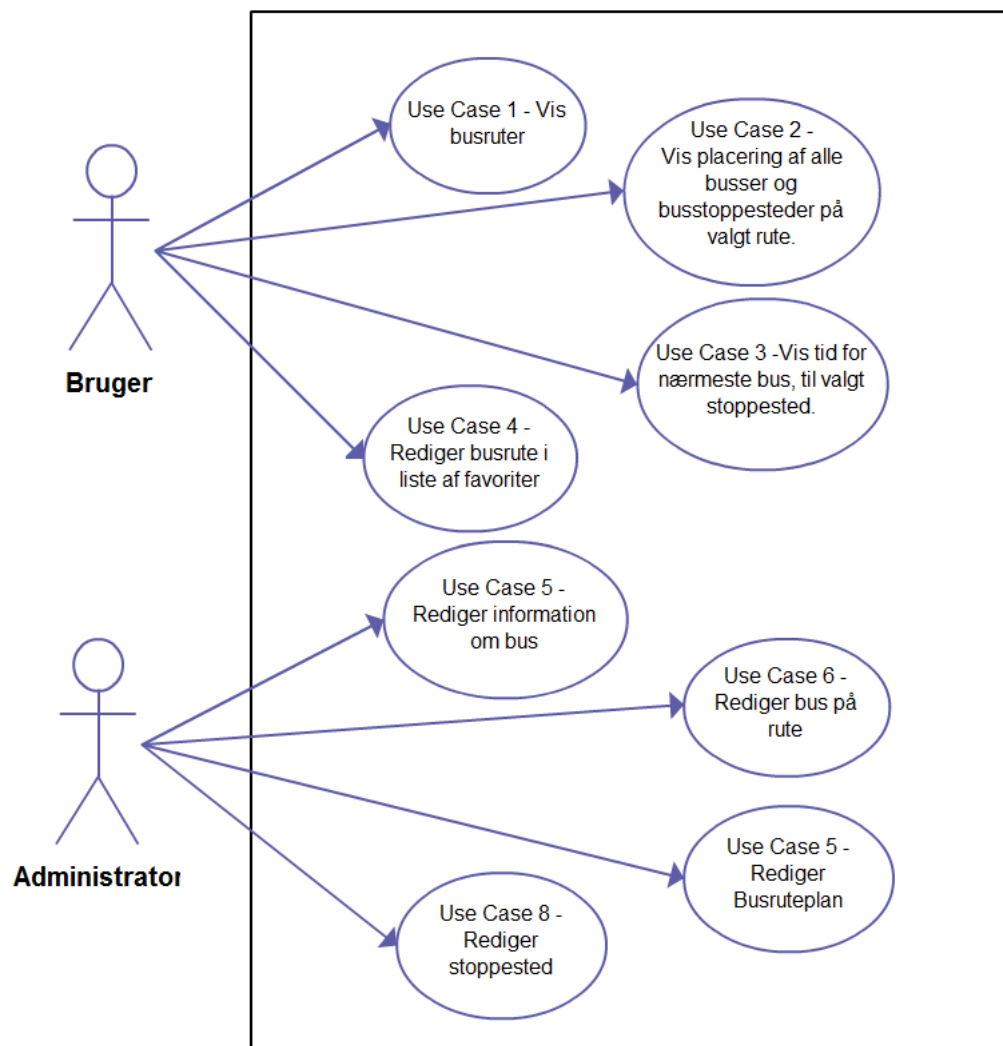
I dette afsnit forklares, hvordan Use Case view'et er sat op, samt hvad de forskellige Use Cases gør.

### 4.1 Oversigt over arkitektursignifikante Use Cases

I dette afsnit er de enkelte Use Cases præsenteret. Use casene beskriver udelukkende mobil applikationen samt det online administrations værktøj. Den distribuerede database, den lokale database, samt simuleringsværktøjet anses som interresanter for systemet, men indgår ikke som aktører. De beskrives senere i *afsnit 9.2 Implementering af persistens*. Use Casene i systemet er som følgende:

- Use Case 1: Vis Busruter
- Use Case 2: Vis Placering af alle busser og stoppesteder på valgt rute
- Use Case 3: Vis tid for nærmeste bus, til valgt stoppested
- Use Case 4: Rediger busrute i liste af favoriter
- Use Case 5: Rediger information om bus
- Use Case 6: Rediger bus på rute
- Use Case 7: Rediger busruteplan
- Use Case 8: Rediger stoppested

Use case diagram kan findes i bilag under Diagrammer/Use Case Diagram



Figur 13: Use Case diagram

Som det fremstår af Use Case diagrammet, figur 17, er der udelukkende to aktører; brugeren og administratoren. Selvom samtlige Use Cases kommunikerer med den distribuerede databasen, er det blevet vedtaget, at databasen blot er en interessant og ikke en sekundær aktør.

Use Case 1 til 4 er relateret til mobil applikationen og er derfor initieret af brugeren. Ligeledes er Use case 5 til 8 relateret til server-side operationer og således initieret administratoren. Brugeren kan kun tilgå databasen i læsnings-øjemed, mens administratoren både kan skrive og læse. Brugere kan dog, hvis han ønsker, gemme dele af læst data lokalt. Use Cases for brugeren er derfor mere visuelle, end de er redigerende, hvor Use cases for administratoren er meget mere redigerende. Der er intet overlap mellem administratoren og brugern, således at den grafiske brugergrænseflade for administratoren skal

udelukkende bruges af administratoren.

Brugeren skal kun tilgå mobil applikationen. Brugeren og administratorens Use Cases er derfor tæt koblet til deres respektive grafiske brugergrænseflade, da alle Use Cases initieres igennem disse. Eksempler på dette kan ses i *afsnit 3.4 Grænseflader til person aktører*

## 4.2 Use Case 1 scenarier - Vis busruter

### 4.2.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at få vist, på mobil-applikationen, en liste over alle busruter der er gemt i databasen

### 4.2.2 Use Case scenarier

Denne Use Case viser en liste over busruter, der er gemt i databasen, til brugeren. Det kræver at brugeren står ved startskærmen, dernæst tilkendegiver brugeren overfor systemet at han ønsker at se listen over gemte busruter. Herefter hentes busruterne fra databasen, hvorefter brugeren bliver præsenteret for en liste af busruter.

### 4.2.3 Use Case undtagelser

Da busruterne bliver hentet fra en database, er der risiko for, at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelse til databasen, hvorpå han kan vende tilbage til startskærmen og prøve igen. Der er mulighed for at brugeren kan annullere indlæsningen fra databasen. Hvis dette sker vil systemet stoppe indlæsningen fra databasen, samt returnerer til startskærmen. Der er mulighed for at systemet går i dvale, imens der indlæses fra databasen. Hvis dette sker vil systemet hente busruterne færdig i baggrunden.



### 4.3 Use Case 2 scenarier - Vis placering af alle busser og busstoppesteder på valgt rute

#### 4.3.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at få vist et kort, med indtegnet busrute, busser der kører på valgt rute, samt busstoppestederne på ruten.

#### 4.3.2 Use Case scenarier

Denne Use Case viser et kort til brugeren, med indtegnet busrute, alle busser der kører på ruten, samt alle stoppesteder på valgt rute. Det kræver at brugeren står ved listen over busruter, dernæst tilkendegiver brugeren overfor systemet hvilken busrute han ønsker vist. Derefter henter systemet busruten, samt stoppestederne på ruten fra databasen. Herefter bliver brugeren præsenteret for et kort, med indteget busrute samt stoppesteder. Systemet henter nu gps-koordinaterne for busserne på ruten samt indtegner dem på kortet. Efter 2 sekunder vil systemet igen hente gps-koordinaterne, og opdatere bussernes position på kortet. Systemet vil forsætte med at opdatere bussernes position indtil brugeren tilkendegiver overfor systemet at dette ikke længere ønskes.

#### 4.3.3 Use Case Undtagelser

Da busruten, stoppestederne samt bussernes gps-koordinater bliver hentet fra en database, er der risiko for, at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, når systemet henter busruten og stoppestederne vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelse til databasen, hvorpå han kan vende tilbage til startskærmen og prøve igen. Hvis det sker når systemet henter gps-koordinaterne vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at opdatere bussernes position. Der vil stadigvæk være muligt at se kortet, med indtegnet rute, samt stoppesteder, bussernes position vil blot ikke opdateres. Det er mulighed for at systemet genetabler forbindelse til databasen, Hvis dette sker vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det igen er muligt at opdatere bussernes position. Systemet vil forsætte med at opdatere bussernes position.

## 4.4 Use Case 3 scenarier - Vis tid for nærmeste bus, til valgt stoppested

### 4.4.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at få vist tid til ankomst, for den bus der er tættest på et valgt busstoppested.

### 4.4.2 Use Case scenarier

Før denne Use Case kan startes, skal *Use Case 2: Vis placering af alle busser og stoppesteder på valgte rute* være gennemført. Brugeren vælger en af busstoppestederne der er indtegnet på kortet. Systemet udregner nu den tid det vil tage, før den nærmestebus ankommer til det valgte stoppested, samt henter information om det valgte busstoppested fra databasen. Herefter bliver brugeren præsenteret for ankomstiden, samt information om valgt busstoppested.

### 4.4.3 Use Case Undtagelser

Da gps-koordinaterne, information om busstoppestedet samt udregningen for ankomsttiden til valgt busstoppested bliver hentet fra en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelse til databasen. Hvis gps-koordinaterne ikke kan hentes, vil bussens position blot ikke længere opdateres.

## 4.5 Use Case 4 scenarier - Rediger busrute i liste af favoriter

### 4.5.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at tilføje en bus til listen over favoriserede busruter, eller fjerne en bus fra denne liste.

### 4.5.2 Use Case scenarier

Før denne Use Case kan startes skal *Use Case 1: Vis busruter* være gennemført. Fra listen over alle busruter, tilkendegiver brugeren overfor systemet at han ønsker at favorisere et

busrute, eller fjerne en busrute fra favoriter. Ved favorisering af busrute, henter systemet den valgte busrute, samt stoppestederne for valgte busrute fra databasen, dernæst persisterer systemet dette på en sqlite database på telefonen. Busruten bliver markeret som favorit på listen over busruter. Brugeren vil nu kunne vælge den favoriseret busrute på startskærmen, i stedet for fra listen over alle busruter. ved fjernelse fra favorisering vil systemet slette ruten, samt dens busstoppesteder fra sqlite databasen, fjerne markeringen fra listen over busruter, samt det ikke længere vil være muligt at vælge ruten fra startskærmen.

#### 4.5.3 Use Case Undtagelser

Da busruten samt busstoppestederne hentes fra en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteres for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelse til databasen.

### 4.6 Use Case 5 scenarier - Rediger information om bus

#### 4.6.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at rediger information om et bus i systemet. Dette indebære at kunne tilføje eller fjerne en bus fra systemet, samt blot at ændre i information om en bus der allerede eksistere i systemet.

#### 4.6.2 Use Case scenarier

Denne Use Case har tre normalforløb, idet at man både kan tilføje en bus, fjerne en bus eller ændre i en eksistere bus. Det er kun en administrator der kan initialisere denne Use Case. Normalforløb 1 beskriver, hvordan en bus tilføjes til systemet. Dette forgår ved at administratoren tilkendegiver overfor systemet at han vil tilføje en bus til systemet. Herefter gør systemet det muligt at indtaste information om bussen. Når administratoren har indtastet det ønskede information, tilkendegiver administratoren at han ønsker at gemme informationen. Systemet gemmer nu informationen på databasen.

Normalforløb 2 beskriver hvordan administratoren ændrer information om en bus der eksistere i systemet. Administratoren vælger en bus fra listen over alle busser i systemet.

Herefter tilkendegiver administratoren overfor systemet at han ønsker at ændre information om den valgte bus. Systemet gør det muligt for administratoren at ændre information om bussen. Når administratoren har indtastet det ønskede information, tilkendegiver administratoren at han ønsker at gemme informationen. Systemet gemmer nu informationen på databasen

I normalforløb 3 fjernes en bus. Denne initieres ved, at administratoren vælger en bus fra en liste over alle busser i systemet. herefter tilkendegiver administratoren overfor systemet at han ønsker at fjerne den valgte bus fra systemet. Systemet fjerner nu den valgte bus fra databasen.

#### **4.6.3 Use Case Undtagelser**

Da informationen om busserne skal både hentes og gemmes på en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteres for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelsen til databasen.

### **4.7 Use Case 6 scenarier - Rediger bus på rute**

#### **4.7.1 Use Case mål**

Målet med denne Use Case er at kunne tilføje en bus til en valgt rute, eller fjerne en bus fra valgt rute.

#### **4.7.2 Use Case scenarier**

Denne Use Case har 2 normalforløb, idet at man både kan tilføje en bus til en rute, samt fjerne en bus fra en rute. Det er kun en administrator der kan initialisere denne Use Case. Normalforløb 1 beskriver hvordan en bus tilføjes til en busrute. Dette forgår ved at administratoren først vælger en busrute fra en liste over alle busrute i systemet. Herefter vælger administratoren en bus, fra en liste over alle busser i systemet, som ikke allerede er på en busrute. Administratoren tilkendegiver nu overfor systemet at han ønsker at tilføje valgt bus, til valgt busrute. Administratoren kan nu gemme ændringerne, hvis dette vælges, gemmes ændringerne på databasen. Normalforløb 2 beskriver hvorledes en bus fjernes fra en valgt busrute. Dette forgår ved at administratoren vælger en busrute, fra listen over

alle busrute i systemet. Herefter vælger administratoren en bus, fra listen over busser, der er på den valgte busrute. Administratoren tilkendegiver nu overfor systemet at den valgte bus ønskes fjernet fra valgt busrute. Administratoren kan nu gemme ændringerne, hvis dette vælges, gemmes ændringerne på databasen.

#### 4.7.3 Use Case undtagelser

Da informationen om busser og ruter skal både hentes og gemmes på en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteres for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelse til databasen.

### 4.8 Use Case 7 scenarier - Rediger busruteplan

#### 4.8.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at kunne ændre i en busrute. Dette indebære at kunne lave en ny busrute, fjerne en busrute, samt ændre i en eksisterende busrute.

#### 4.8.2 Use Case scenarier

Denne Use Case har 3 normalforløb, idet det både er muligt at tilføje ny busrute til systemet, fjerne en busrute fra systemet, samt ændre i en busrute der findes i systemet. Det er kun en administrator der kan initialisere denne Use Case. Normalforløb 1 beskriver hvorledes der kan tilføjes en ny busrute til systemet. Dette forgår ved at administratoren tilkendegiver overfor systemet at han ønsker at oprette en ny busrute. Systemet præsenterer nu administratoren for et kort. Administratoren kan nu indtegne en busrute på dette kort. Når den ønskede busrute er indtegnet på kortet, kan busruten gemmes på databasen, ved at brugeren tilkendegiver overfor systemet at busruten ønskes gemmes.

Normalforløb 2 beskriver hvordan administratoren kan ændre i en allerede eksisterende busrute. Dette forgår ved at administratoren vælger en busrute, fra listen over busruter der findes i systemet. Administratoren tilkendegiver nu overfor systemet at han ønsker at ændre i den valgte busrute. Systemet præsenterer nu brugeren for et kort, med indtegnet busrute. Administratoren kan nu ændre busrute som ønskes. Ønskes ændringerne at gemmes, kan administratoren tilkendegive overfor systemet at dette ønskes, hvorpå systemet

vil gemme ændringerne i databasen.

Normalforløb 3 beskriver hvordan administratoren kan fjerne en allerede eksisterende busrute fra systemet. Dette forgår ved at administratoren vælger en busrute, fra listen over busruter der findes i systemet. Administratoren tilkendegiver nu overfor systemet at den valgte busrute ønskes slettes fra systemet. Systemet sletter busruten fra databasen.

#### 4.8.3 Use Case undtagelser

Da ruten både skal gemmes på en database, samt hentes fra en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelsen til databasen. Hvis administratoren ønsker at annullere processen efter at have foretaget ændringer vil administratoren blive præsenteret for en besked, der spørger om der ønskes at stoppe uden at gemme. Hvis administratoren vælger at stoppe uden at gemme, retuneres til startskærmen.

### 4.9 Use Case 8 scenarier - Rediger stoppested

#### 4.9.1 Use Case mål

Målet med denne Use Case er at kunne ændre i et busstoppested. Dette indebære at kunne lave et nyt stoppested, fjerne et stoppested, samt ændre i et eksisterende stoppested.

#### 4.9.2 Use Case scenarier

Denne Use Case har 3 normalforløb, idet det både er muligt at tilføje nyt stoppested til systemet, fjerne et stoppested fra systemet, samt ændre i et stoppested der findes i systemet. Det er kun en administrator der kan initialisere denne Use Case. Normalforløb 1 beskriver hvorledes der kan tilføjes et nyt stoppested til systemet. Dette forgår ved at administratoren tilkendegiver overfor systemet at han ønsker at oprette et nyt stoppested. Systemet præsenterer nu administratoren for et kort. Administratoren kan nu vælge placering af stoppestedet på kortet. Når placering af stoppested er valgt, kan stoppestedet gemmes på databasen, ved at brugeren tilkendegiver overfor systemet at stoppestedet ønskes gemt.

Normalforløb 2 beskriver hvordan administratoren kan ændre et allerede eksisterende

stoppested. Dette forgår ved at administratoren vælger et stoppested, fra listen over stoppesteder der findes i systemet. Administratoren kan nu ændre placering samt navn for det valgte stoppested. Ønskes ændringerne at gemmes, kan administratoren tilkendegive overfor systemet at dette ønskes, hvorpå systemet vil gemme ændringerne i databasen.

Normalforløb 3 beskriver hvordan administratoren kan fjerne et allerede eksisterende stoppested fra systemet. Dette forgår ved at administratoren vælger et stoppested, fra listen over stoppesteder der findes i systemet. Administratoren tilkendegiver nu overfor systemet at det valgte stoppested ønskes slettes fra systemet. Systemet sletter stoppestedet fra databasen.

#### **4.9.3 Use Case undtagelser**

Da stoppestedet både skal gemmes på en database, samt hentes fra en database, er der risiko for at forbindelsen til databasen mistes. Hvis dette sker, vil brugeren blive præsenteret for en besked om at det ikke er muligt at etablere forbindelsen til databasen.

## 5 LOGISK VIEW

### 5.1 Oversigt

Hele systemet består reelt set, af tre komponenter der interagerer over den distribuerede database. Hver af disse komponenter er derfor beskrevet detaljeret i *8: Implementerings View*, i deres respektive underafsnit. Da disse tre komponenter er stående systemer i sig selv, vil et klasse diagram for komponenten vises i starten af hvert afsnit.

Alle tre komponener er opbygget efter tre-lags modellen, og dette reflekteres i den måde klasse diagrammet er opbygget, hvor præsentrations-, logik- og data tilgangs laget er pakker for dem selv. Et fjerde lag kan beskrives som værende database-laget, men da dette er relevant for samtlige pakker, er dette lag udeladt. Dette vil betyde, at hver data tilgangs klasse, kalder til databasen, ud af systemet.

### 5.2 Arkitektursignifikante designpakker

Som nævnt i forrige afsnit, er alle tre komponenter delt op i tre-lags modellen, derfor vil der eksistere tre designpakker i hver komponent. Hver pakke har samme formål, på kryds af komponenter, så hver pakke vil beskrives generelt, frem for komponent-specifikt.

#### 5.2.1 Pakke 1: Præsentrations Lag

Denne pakke indeholder alt view relateret. Det vil sige at events vil blive håndteret og funktionaliteter i logik laget vil startes. Ligeledes vil hentet og ændret data præsenteres her. Der er ingen tilgang til data tilgangs laget herfra, da alt funktionalitet sker i gennem logik laget. Alle Use Cases startes igennem denne pakke.

#### 5.2.2 Pakke 2 - Logik laget

Alle funktionaliteter og data manipulationer sker i dette lag. Dette indebærer at sørge for, at Use Cases bliver udviklet korrekt. Denne pakke sørger for at modtage kald fra præsentrations laget, håndtere processen, og, hvis nødvendigt, sørge for at tilgå data tilgangs laget for enten at skrive eller læse. Læse data fra data tilgangs laget vil blive manipuleret og vist på viewet.



### 5.2.3 Pakke 3 - Data tilgangs laget

Denne pakkes eneste formål er, at tilgå databasen når det bliver nødvendigt i logik laget. Dette lag kan enten læse eller skrive til database, alt efter behov. Hentet data bliver ikke manipuleret, men returneret direkte til præsentations laget. Dette lag kan aldrig tilgås fra, eller returnere til, præsentations laget.

## 6 PROCES/TASK VIEW

I dette afsnit bliver der beskrevet systemets opdeling af tråde, samt hvorledes de kommunikere og bliver synkroniseret.

### 6.1 Oversigt over processer/task

Processen på android mobiltelefonen består af en række forskellige tråde:

**Main/UI Thread** - Denne tråd er systemets hovedtråd og står for at modtage input fra brugeren, vise ting på skærmen samt initialisere andre komponenter og tråde.

**TrackABusProvider** - Klasse der står for at lave tråde der bruges til at tilgå Soap-Provideren.

**updateTimeThread** - Tråd der står for at opdatere tiden, til bus ankommer, på skærmen.

**SetFavoriteBusRoute** - Står for at gemme busrute som favorit i SQLite databasen.

**RemoveFavorite** - Står for at fjerne en favoriseret busrute fra SQLite databasen.

Administrations hjemmesiden består af 2 tråde:

**Main/Client thread**- Dette er hoved tråden, der køre på clienten, for hjemmesiden, den står blandt andet for at modtage indput fra brugeren og opdatere skærmen.

**Background/Server thread**- Denne tråd, der bliver kørt på serveren, står for at skrive til -og hente fra MySQL databasen.

Simulatoren består af main tråden, samt 1 tråd for hver bus der bliver simuleret.

**Main/UI thread** - Denne tråd står for at modtage input fra brugeren, starte de forskellige task, samt opdatere skærmen.

**Bus threads** - Denne tråd bruges til at simulere en bus der køre på en busrute.

## 6.2 Proces/task kommunikation og synkronisering

### Kommunikation

TrackABusprovideren er en klasse, som bliver kaldt fra Main tråden når MySQL databasen skal tilgås. Dette sker ved at TrackABusProvideren laver en ny tråd, der kalder ned i data access layer til SoapProvideren der tilgår databasen, og returnerer til TrackABusProvider med det relevante data. For at tråden i TrackABusProvideren kan sende data tilbage til main tråden, bliver der brugt en message handler, der lytter på om der kommer en besked fra TrackABusProvideren.

updateTimeThread snakker sammen med main tråden for at opdatere tiden på skærmen, bliver der brugt en handler, som er konfigureret til at sende beskeder til main tråden. Når tiden er udregnet, bliver der oprettet en ny runnable klasse der vil blive sendt som besked til main tråden, gennem handleren. Denne besked vil blive sat i kø, og eksekveret ved lejlighed.

Både SetFavoriteBusRoute og RemoveFavorite bliver begge startet af main tråden, men da de blot skal indsætte og slette fra SQLite databasen, har de ikke behov for at kommunikerer med andre tråde.

Administrations hjemmesidens main tråd og background tråd snakker sammen ved brug af AJAX kald, *Se afsnit 4.2.2 Komponent 3: Adinistrations hjemmeside* for hvordan dette virker og er implementeret, dette kald starter en asynkron task der bliver kørt på serveren. Når serveren er færdig med at udføre tasken vil der blive sendt et response tilbage til clienten der lavede AJAX kaldet.

### Synkronisering

Trådene SetFavoriteBusRoute og RemoveFavorite er de eneste tråde der har behov for at blive synkroniseret. grunden til at TrackABusProvideren ikke har brug for Synkronisering er, at den ikke kan skrive til MySQL databasen, kun hente. SetFavoriteBusRoute skal skrive til SQLite databasen, dette skal synkroniseres så der ikke bliver skrevet flere gange til SQLite databasen på samme tid. Dette er blevet opnået ved at knappen der bliver

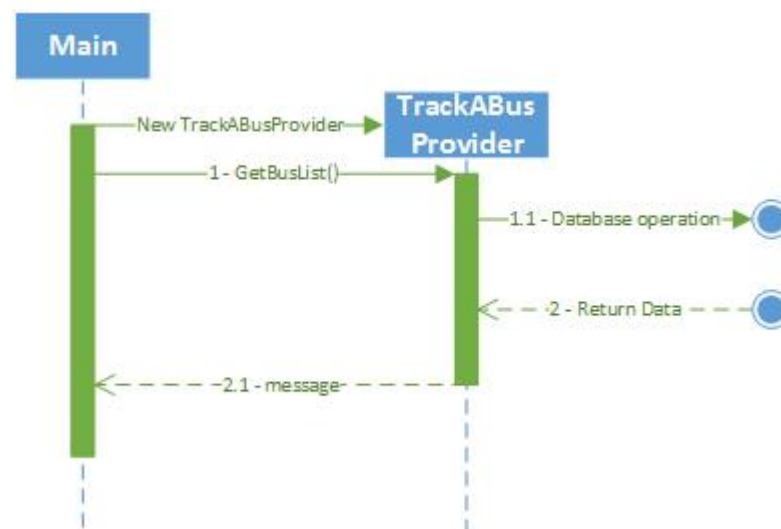
brugt til at favorisere en bus, bliver deaktiveret indtil tråden er færdig med at skrive til databasen, dette gør det ikke er muligt at starte 2 tråde der skriver til MySQL databasen på samme tid.

Administrations hjemmesidens client og server skal Synkroniseres, så der ikke bliver skrevet til databasen flere gange på 1 gang. Dette sker på samme måde som i mobil applikationen, ved at det ikke er muligt at skrive til databasen, hvis der allerede er en task der er i gang med at skrive til databasen.

## 6.3 Procesgrupper

Hver del af systemet består af 1 enkel procesgruppe, mobil applikationen, administrations hjemmesiden og simulatoren her hver sin procesgruppe. I de følgende afsnit vil hver procesgruppe blive beskrevet. Diagrammerne der bliver brugt er forsimplet for at gøre det mere overskueligt, dvs. der ikke vil blive brugt navne på alle klasserne trådne går igennem, men fokusere mere på hvordan trådne bliver starten og kommunikere med hinanden.

### 6.3.1 Proceskommunikation i mobil applikation



Figur 14: Sekvensdiagram over - Main og TrackABusProvider på mobil applikationen

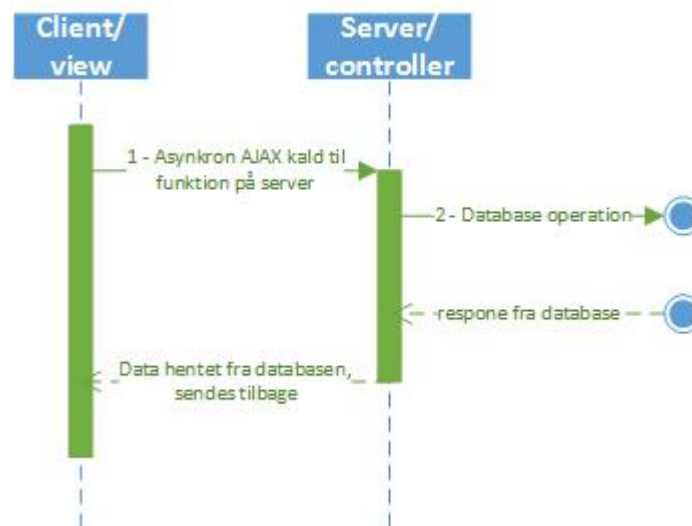
På figur 16 viser et eksempel på hvordan main tråden i mobil applikationen kommunikerer med TrackABusProvideren. Det kan ses at main tråden skaber en ny TrackABusProvider

klasse, efter den er oprettet er det muligt at kalde ned i den, dette vil skabe en ny tråd der kalder ned i Data access layer for at hente data fra MySQL databasen, alt efter hvilken TrackABusProvider funktion der er blevet kaldet. Det kan ses at main tråden ikke bliver blokeret imens der hentes fra databasen. Når TrackABusProvider er færdig med at hente data fra databasen, bliver der sendt en besked, med det hentet data, til main tråden, der nu vil, ved hjælp af en message handler, præsentere det hentede data til brugeren.

UpdateTimeThread virker på samme måde, ved at main tråden starter UpdateTimeThread når brugeren trykker på et stoppested, tråden vil nu køre indtil at brugeren vælger et nyt stoppested, hvorved tråden bliver lukket, og en ny UpdateTimeThread vil blive startet som hente tiden til det nye stoppested. tråden vil også blive stoppet ved at brugeren naviger væk fra BusMapActivity'en.

SetFavoriteBusRoute og RemoveFavorite bliver blot startet af main tråden, og sender en besked tilbage når de er færdige med at gemme eller slette fra SQLite databasen. Det vil ikke være muligt at starte en ny SetFavoriteBusRoute eller RemoveFavorite imens 1 af dem kører.

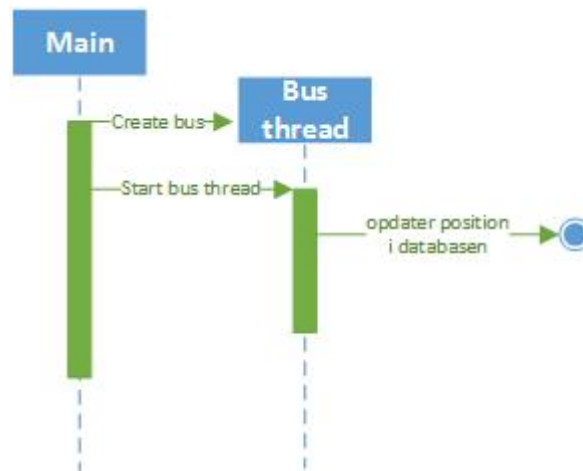
### 6.3.2 Proceskommunikation i administrations hjemmesiden



Figur 15: Sekvensdiagram over - Client/server kommunikation

På 16 ses hvordan der bliver lavet et asynkron kald til serveren, der vil tilgå databasen for enten at skrive til den, eller læse fra den. Efter serveren er færdig, vil den returnere et resultat tilbage til main tråden.

### 6.3.3 Proceskommunikation i simulatoren

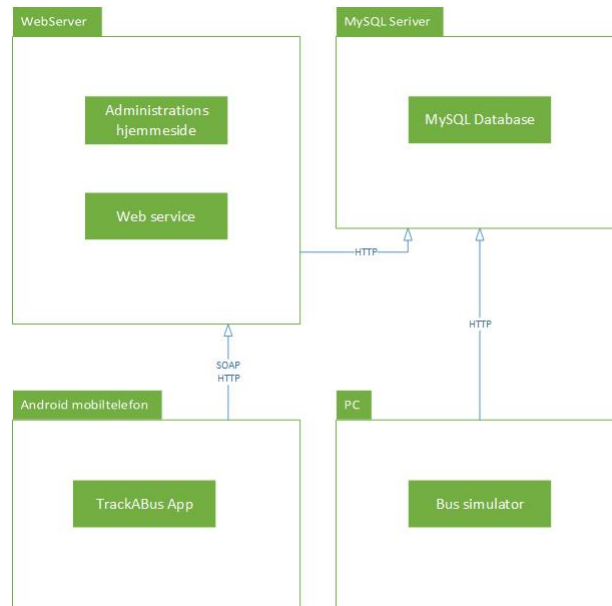


Figur 16: Sekvensdiagram over - simulator tråd kommunikation

På figur 16 ses hvordan main tråden opretter en ny bus, hvorefter den starter bus tråden. Det er muligt for main tråden at oprette mere end 1 bus tråd, der alle kan køre på forskelligt busruter.

## 7 DEPLOYMENT VIEW

Systemet indeholder 4 processorer: Serveren der hoster hjemmesiden og servicen, serveren der hoster MySQL databasen, android mobiltelefonen samt den PC hvor simulationsprogrammet afvikles på.



Figur 17: Deployment Diagram

### 7.1 Oversigt over systemkonfigureringer

Det er muligt at udskifte både webserveren samt MySQL serveren, så længe de overholder minimumskravene. Android mobiltelefonen kan være en hvilken som helst android mobiltelefon, givet den kører det enten Android 4.3 Jelly Bean eller Android 4.4 KitKat styresystem, ligesom det er muligt at udskifte den PC hvorpå bus simulatoren kører, med en anden PC der overholder minimumskravene.

### 7.2 Node-beskrivelser

#### 7.2.1 Konfigurering 1

#### 7.2.2 Node 1. beskrivelse - Android mobil applikation

På denne enhed kører TrackABus applikationen. Dette skal være en android mobiltelefon med enten android 4.3 Jelly Bean, eller android 4.4 KitKat styresystem. for at få mest ud

af applikationen skal der være mulighed for adgang til internet. Desuden kræver det ca. 4.1 MB ledig plads.

### 7.2.3 Node 2 beskrivelse - Webserver

Denne enhed hoster administrations hjemmesiden TrackABus.dk samt web servicen, som ligger på serveren nt21.unoeuro.com der er hostede af UnoEuro. Webserveren er en ASP/-ASP.NET server. Hjemmesiden er implementeret ved brug af ASP.NET MVC og Web servicen er en ASP.NET webservice.

### 7.2.4 Node 3 beskrivelse - MySQL Server

Denne enhed hoster MySQL serveren, som ligger på serveren mysql23.unoeuro.com der er hostede af UnoEuro. for at kunne logge ind på databasen kræver det følgende oplysninger:

- **Server type:** MySQL
- **Server:** mysql23.unoeuro.com
- **Port:** 3306
- **Login:** trackabus\_dk
- **Password:** 1083209421

Databasen er blevet implementeret ved brug af MySQL workbench.

### 7.2.5 Node 4 beskrivelse - PC

På denne enhed køre GPSSimu.exe som indeholder bus simulatoren, der bruges til at simulere busser der køre på en busrute. Som minimum skal der være tale om en 64-bit windowsmaskine med windows 8 styresystem.



## 8 IMPLEMENTERINGS VIEW

### 8.1 Oversigt

Dette afsnit beskriver den endelige implementeringsopdeling af softwaren i lagdelte delsystemer. Dette view specificerer opdelingen i det logiske. Alle bilag findes under Diagrammer og Billeder i fuld størrelse.

### 8.2 Komponentbeskrivelser

### 8.2.1 Komponent 2: Mobile service

Denne komponent har til formål at være mellemlid mellem mobil applikationen og MySQL databasen. komponenten er blevet lavet, da mobil applikationen ikke må have direkte adgang til en databasen, da dette har store sikkerhedsmæssige implikationer. Uden denne service vil det også være muligt for ondsindet brugere at tilgå databasen og manipulere med data på en ikke ønsket måde. Et andet formål med denne web service er at gøre det nemt at udvikle ny mobil applikation, til et hvilket som helst styresystem, uden at skulle tænke på database tilgang.

#### Design:

Mobil servicen bliver brugt til at hente data fra MySQL databasen som mobil applikationen skal bruge. Dette indebærer at hente en liste af busruter, hente en bestemt rute, hente stoppestederne for en rute, hente positionen for alle busser på ruten og kalde den Stored procedure der udregner tiden før der er en bus ved et valgt stoppested. Web servicen er tilgængelig for alle, da de eneste funktionaliteter den udbyder er at hente data fra databasen. Med en åben web service er det muligt for alle at bruge data til at udvikle nye applikationer. på <http://trackabus.dk/AndroidToMySQLWebService.asmx> er det muligt at se tilgængelige funktioner.

Her kan ses et eksempel på hvad det kræver at kalde funktionen GetBusPos fra web servicen, ved brug af SOAP. Det kan ses at den kræver et 'busNumber' i form af en string, som input parameter.

#### Kodeudsnit 1: request til service function GetBusPos

```
1 POST /AndroidToMySQLWebService.asmx HTTP/1.1
2 Host: trackabus.dk
3 Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
4 Content-Length: length
5 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
6 <soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-↵
   instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" ↵
   xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
7   <soap12:Body>
8     <GetbusPos xmlns="http://TrackABus.dk/Webservice/">
```

```

9      <busNumber>string</busNumber>
10    </GetbusPos>
11  </soap12:Body>
12 </soap12:Envelope>}

```

Herunder ses det SOAP response man får tilbage efter at have lavet det overstående kald til servicen. Det kan ses at man får en liste af points tilbage, hvor hver point indeholder en Lat, en Lng og et ID som alle er af datatypen string.

#### Kodeudsnit 2: response fra service function GetBusPos

```

1 HTTP/1.1 200 OK
2 Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
3 Content-Length: length
4 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
5 <soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-↵
   instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" ↵
   xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
6   <soap12:Body>
7     <GetbusPosResponse xmlns="http://TrackABus.dk/Webservice/">
8       <GetbusPosResult>
9         <Point>
10          <Lat>string</Lat>
11          <Lng>string</Lng>
12          <ID>string</ID>
13        </Point>
14        <Point>
15          <Lat>string</Lat>
16          <Lng>string</Lng>
17          <ID>string</ID>
18        </Point>
19      </GetbusPosResult>
20    </GetbusPosResponse>
21  </soap12:Body>
22 </soap12:Envelope>

```

### 8.2.2 Komponent 3: Administrations hjemmeside

Denne komponent har til formål at håndtere alle de administrative opgaver i system. Dette består af 4 delkomponenter:

- Den første delkomponent gør det muligt at tilføje en bus til systemet, fjerne den,

eller rediger i en bus der allerede findes i systemet.

- Derefter skal det være muligt at tilføje eller fjerne en bus fra en rute der findes i systemet.
- Den tredje delkomponent gør det muligt at kunne oprette en hel ny busrute i systemet, ændrer i en allerede eksisterende busrute, eller slette en fra systemet.
- Den sidste delkomponent består af muligheden for at kunne tilføje, ændre samt fjerne busstoppesteder fra systemet.

Alle disse delkomponenter udgøre tilsammen en vigtig del af systemet, da uden nogle af dem vil det ikke være muligt at kunne få vist nogle af overstående ting på mobil applikationen.

### Design:

Hjemmesiden er blevet implementeret ved brug af Microsoft ASP.NET MVC 4 frameworket. Dette gør det nemt og hurtigt at implementere en sofistikeret og moderne hjemmeside, der følger gode design principper. MVC står for Model-View-Controller og følger de samme principper som MVVM angående 'separation of concerns'.

For at kunne indtegne busruter og stoppesteder skal der bruges et kort, til dette er der blevet brugt Google maps samt Google Directions API.

Hjemmesiden består af 4 view, hvor hver view har en controller knyttet til sig, først et view til startsiden der linker til de 3 andre views, der består af et der håndtere alt vedrørende busser, et til stoppesteder samt et til busruter.

Det første view der håndtere alt om busserne består af 2 dele. Første del gør det muligt at tilføje en ny bus til systemet, fjerne en bus fra systemet og rediger ID'et for en bus. Dette er blevet implementeret ved at når view'et bliver loaded, bliver en JavaScript function kaldet, der kalder funktionen GetAllBusses() i controlleren, der henter alle busser der er i MySQL databasen. Til at lave dette kald fra JavaScript til controlleren, bliver der brugt ajax. Ajax gør det muligt at udvæksle data med controlleren og updatere view'et uden at skulle reloade hele websiden.

## Kodeudsnit 3: Ajax kald til controller funktionen 'GetAllBusses'

```
1      $.ajax({
2          type: "POST",
3          url: "Bus/GetAllBusses",
4          dataType: "json",
5          success: function (result) {
6              var select = document.getElementById("busses");
7              select.options.length = 0;
8              for (var i = 0; i < result.length; i++) {
9                  select.options.add(new Option(result[i]));
10                 ListOfAllBusses.push(result[i]);
11             }
12         }
13     });
```

Dette eksempel på et ajax kald, kalder GetAllBusses(), dette er en funktion der ligger i Bus controlleren, som henter en liste af alle bussenes ID'er fra MySQL databasen. Se *afsnit 9.2.3 Implementering af persistens i online værktøjet* for nærmere beskrivelse af hvordan databasen bliver tilgået. Når controlleren er færdig returnere den et json object, og callback funktionen der er defineret i success parameteren af ajax bliver kaldt. Result parameteren på callback funktionen er returnværdien fra controller funktionen, der i dette tilfælde er et json object, der indeholder en liste af alle bussenes ID'er, hentet fra MySQL databasen. Callback funktionen løber igennem listen af ID'er og tilføjer dem til et HTML select element. Dette gør det muligt for administratoren at se hvilke busser der er gemt i databasen. Administratoren har nu mulighed for at enten tilføje en ny bus, slette en bus, eller ændre ID'et på en bus.

For at tilføje en bus, skriver administratoren bussens ID ind i feltet: 'Bus ID' hvorefter han trykker på knappen 'Add'. Dette vil tilføje bussen til listen, administratoren kan blive ved med at tilføje busser til listen. Administratoren kan også fjerne en bus fra listen, ved at vælge en bus i listen og trykke på knappen 'Remove', der er også mulighed for at ændre navnet for en bus, ved at vælge en bus, og trykker på 'Rename' knappen. Først ved tryk på 'Save' knappen vil ændringerne blive tilføjet til databasen. Dette sker igen gennem et ajax kald til controller, der kalder SaveBusChanges() funktionen. Denne funktion modtager listen af busser, med de nye busser administratoren har tilføjet, samt en liste af alle busserne på databasen. Funktionen sammenligner de 2 lister, finder de busser der er blevet tilføjet, de som er blevet fjernet og dem som har fået nyt ID. Efter

alt er fundet, vil den slette de relevante busser fra databasen og tilføje de nye busser.

Anden del af dette view gør det muligt at tilføje busser til en busrute og fjerne busser fra en busrute. Denne del består af 3 lister, hvor den ene indeholder alle busruter, hentet fra databasen, en der indeholder alle busser, der ikke er på nogle busruter samt en der viser hvilke busser der kører på en valgt busrute. I dette views Onload funktion bliver der, ud over den overnævnte GetAllBusses() funktion, også kaldt 2 andre funktioner, dette forgår igen gennem 2 ajax kald til controlleren, den første henter navnene på alle busruter fra databasen, den anden henter en liste af ID'er for alle de busser der ikke er tilknyttet en rute endnu. Disse 2 ajax kald er magen til ajax kaldet vist i kodeudsnit: 3, den eneste forskel er hvilken controller funktion der bliver kaldt, samt hvilken HTML select element der bliver tilføjet til. Det er nu muligt for administratoren at vælge en af busruterne, fra listen. Dette vil trigger et 'onchange' event, der laver endnu et ajax kald til controller for at hente alle de busser der kører på den valgte rute, og vise dem i listen 'Busses on route'. Der kan nu tilføjes busser fra listen 'Available busses' over til listen 'Busses on route' og ved tryk på knappen 'Save' vil de busser der er blevet flyttet til listen 'Busses on route' bliver opdateret i databasen, således at de nu er knyttet til den valgte rute.

Det næste view gør det muligt at oprette en ny busrute, ændrer i en der allerede findes, samt slette en givet busrute fra systemet. For at indtegne en busrute, kræver det et kort, hertil er der blevet brugt Google maps API og Google Directions API. For at få vist kortet på hjemmesiden, kræves det at kortet bliver initialiseret. Først og fremmest skal man have lavet plads til det på siden.

#### Kodeudsnit 4: Div til google maps

```
1 <section id="Map">
2   <div id="map-canvas"></div>
3 </section>
```

Når HTML body elementet er loaded bliver dens OnLoad() event kaldt, dette kalder en JavaScript function, der initializere kortet samt Google directions service. Først bliver der

defineret en style, som kortet skal bruge, denne fjerner 'Points of interest'. Dernæst bliver der oprettet et mapOptions object, der definerer forskellige options for kortet, her bliver kortets start position defineret til at vise Aarhus, kort typen bliver sat til ROADMAP, da dette vil vise kortet som et simpelt vej kort. StreetViewControl bliver sat til false, da det er en feature der ikke er relevant for systemet.

#### Kodeudsnit 5: Map opsætning

```
1 var featureOpts = [{  
2   featureType: 'poi',  
3   stylers: [  
4     { visibility: 'off' }]  
5   ]];  
6 var Aarhus = new google.maps.LatLng(56.155955, 10.205011);  
7 var mapOptions = {  
8   zoom: 13,  
9   mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP,  
10  center: Aarhus,  
11  streetViewControl: false,  
12  styles: featureOpts  
13 };
```

Efter at have defineret mapOptions bliver oprettet et map object. Dette object skal have det overnævnte HTML map-canvas div element, samt mapOptions som constructor parameter.

#### Kodeudsnit 6: Map object init

```
1 map = new google.maps.Map(document.getElementById('map-canvas'), ↵  
  mapOptions);
```

kortet er nu blevet initialiseret og bliver vist på siden. Det næste der bliver initialiseret er Google direction renderer, dette bliver brugt til at vise en rute på kortet mellem 2 givet punkter. Først bliver der defineret de options som ruten skal bruge. Dette indebære om det skal være muligt at trække i ruten, for at ændre på den vej den skal tage, og om det skal være muligt at klikke på de markers der repræsenterer start og slut punktet for ruten. Dette rendererOptions object bliver derefter brugt i constructoren for DirectionsRenderer, der laver et nyt DirectionsRenderer object der senere bliver brugt til at tegne ruten på

kortet.

#### Kodeudsnit 7: DirectionsRenderer opsætning

```
1 rendererOptions = {
2   map: map,
3   draggable: true,
4   markerOptions: {
5     clickable: true
6   },
7   suppressInfoWindows: true
8 };
9 directionsDisplay = new google.maps.DirectionsRenderer(↵
    rendererOptions);
```

efter kortet og direction renderen er blevet initialiseret, bliver der sat en listener på kortet der lytter efter om der bliver trykket på kortet.

#### Kodeudsnit 8: map klik listener

```
1 google.maps.event.addListener(map, 'click', function (event) {
2   if (startPoint == null && endPoint == null) //No markers, set ↵
       first
3     startPoint = new google.maps.Marker({
4       map: map,
5       draggable: true,
6       position: event.latLng
7     });
8   else if (startPoint != null && endPoint == null) { //if 1 ↵
       markers, set last markers
9     endPoint = new google.maps.Marker({
10      map: map,
11      draggable: true,
12      position: event.latLng
13    });
14    calcRoute(startPoint, endPoint);
15    ClearMarkers();
16 }
```

Når der bliver trykket på kortet vil listenern tjekke på om der er blevet trykket på kortet tidligere, hvis der ikke er, vil der blive plaseret en marker på kortet, der hvor der blev trykket, denne marker symbolisere der hvor busruten starter. Hvis der allerede er 1 marker



på kortet vil der bliver placeret endnu en marker, denne marker symbolisere der hvor bus-ruten slutter. Efter begge markers er blevet placeret vil functionen `calcRoute(startPoint, endPoint)` blive kaldt. Denne function bruger Google direction service til at udregne en rute der går mellem 2 punkter. Dette bliver gjort ved først at lave et request object der definere start og slut GPS koordinaterne for ruten, disse koordinater bliver taget fra de 2 marker der er blevet placeret på kortet, samt hvilken Travelmode der skal bruges. Med TravelMode sat til DRIVING, vil der blive udregnet den rute der er hurtigst at tage med bil.

#### Kodeudsnit 9: calcRoute function

```
1 function calcRoute(start, end) {
2   request = {
3     origin: start.position,
4     destination: end.position,
5     travelMode: google.maps.TravelMode.DRIVING
6   };
7   directionsService.route(request, function (response, status) {
8     if (status === google.maps.DirectionsStatus.OK) {
9       route = response.routes[0];
10      directionsDisplayArray[0].setDirections(response);
11    }
12  });
13 }
```

Start og slut markerne har også en click listener på sig, dette skal bruges når en kompleks rute skal lave. dette bliver gjort ved at der bliver lavet endnu en DirectionsRenderer der laver en rute mellem enten start eller slut markeren, og et andet punkt på kortet hvor der er blevet trykket.

der er også blevet sat en listener på direction renderer'ne, der lytter efter om ruten ændre sig. I tilfælde af at ruten bliver ændret, vil listeners callback function blive kaldt. Som det første, bliver der sat en kort delay, dette sker da ruten skal udregnes færdig før de forskellige properties der skal bruges, bliver sat. Efter dette delay bliver der itereret igennem alle properties, for at finde den af typen: 'Markers', der indeholder de markers der symboliser start og slut punkterne, samt alle de waypoints der må være blevet lavet på ruten, ved at administratoren har ændret på ruten. GPS koordinaterne for disse markers

vil blive brugt når hele ruten skal gemmes på databasen. Som det sidste i listen vil information om ruten, der i blandt de GPS koordinater der bliver brugt til at tegne ruten, gemt i en variable der senere bliver brugt når ruten skal gemmes på MySQL databasen.

#### Kodeudsnit 10: directions renderer listener

```
1 google.maps.event.addListener(directionsDisplay, '↩  
  directions_changed', function () {  
2   var that = this;  
3   setTimeout(function () { //et kort delay, så ruten kan nå at ↩  
     blive udregnet helt  
4     for (var k in that) { //kigger alle properties igennem efter ↩  
       den der skal bruges.  
5       if (typeof that[k].markers != 'undefined') { //Hvis man ↩  
         finder den man skal bruge  
6         var markers = that[k].markers;  
7         waypoints = [];  
8         for (var i = 0; i < markers.length; ++i) {  
9           waypoints.push(markers[i].position);  
10          markers[i].setZIndex(1);  
11          StartEndMarkers.push(markers[i]);  
12        };  
13      }  
14    }  
15    temp = that.directions.routes;  
16  }, 100);  
17 });
```

For at kunne sætte stoppesteder på en rute, kaldes funktionen SetBusStopsOnMap(), der henter navnene på de stoppesteder der er i listen 'ToLB'. Efter alle navnene er hentet, bliver der lavet et ajax kald til controllerens GetLatLng() funktion der bruger stopnavnene til at hente GPS koordinaterne for hver stop i MySQL databasen. Disse koordinater bliver sendt tilbage til ajax callback funktionen som et Json object, der bliver brugt til at tegne stoppestederne ind på kortet ved brug af markers.

#### Kodeudsnit 11: SaveRouteAndStops

```
1 function SaveRouteAndStops () {  
2   $.ajax({
```

```
3  type: "POST",
4  url: '@Url.Action("Save", "Dir")',
5  dataType: "json",
6  traditional: true,
7  data: {
8      route: getRoutePath(),
9      routeWayPoints: waypoints,
10     stops: stopsToSave,
11     SubRoutes: SplitRoute(SubRouteArray),
12     SubrouteWaypoint: SubRouteWaypoints,
13     RouteNumber: document.getElementById("RouteNumber").value,
14     contentType: "application/json; charset=utf-8"
15 }
```

SaveRouteAndStops() funktionen, står for at samle data der skal gemmes i databasen, og sende det til Save funktionen i Dir controlleren gennem et ajax kald. Først finder den alle de GPS koordinater der bruges til at tegne ruten, hertil bliver funktionen getRoutePath() brugt. her bliver den tidligere defineret temp variable, der holder information om ruten, brugt. For at få GPS-koordinaterne for de punkter der bliver brugt til at tegne ruten, skal hver path, for hver step, for hver leg findes. Når disse er fundet, retuneres en liste af GPS koordinater. For mere information om path, step og legs refereres til Google maps api doc. Dernæst bliver der fundet de waypoints og stoppesteder der ligger på ruten. Waypoints skal bruges til at genskabe ruten på hjemmesiden. Til sidste bliver der fundet de ruter der udgøre en kompleks rute, hvis dette er blevet tilføjet. controlleren kalder CalculateBusStopsForRoute() funktionen der laver udregninger på mellem hvilke rute punkter stoppestedet skal ligge, *se afsnit 8.2.5 Anvendt matematik* for dybere beskrivelse af udregningerne der bliver foretaget. Efter alle udregninger er foretaget, bliver alt data indsat i MySQL databasen *Se afsnit 9.2.3 Implementering af persistens i online værktøjet* for hvordan databasen bliver tilgået.

Det sidste view omhandler funktionerne for at tilføje, nye stoppesteder, ændre position og navn for eksisterende stoppesteder, samt slette dem fra databasen. For at kunne oprette nye stoppesteder, bliver der igen brugt Google maps API, dette bliver initialiseret på samme måde som beskrevet tidligere i afsnittet, dog uden Google Direction Services, da det kun er enkelte punkter på kortet der skal gemmes. For at oprette et nyt stoppested, bliver kortets listener event kaldt, ved tryk på kortet, dette event vil sætte en marker på

kortet, der hvor der blev trykket, som symbolisere stoppestedets position.

#### Kodeudsnit 12: Stoppested map listener

```
1 google.maps.event.addListener(map, 'click', function (event) {  
2     if (markers.length <= 0) {  
3         var mark = new google.maps.Marker({  
4             map: map,  
5             draggable: true,  
6             position: event.latLng,  
7             title: markers.length.toString()  
8         });
```

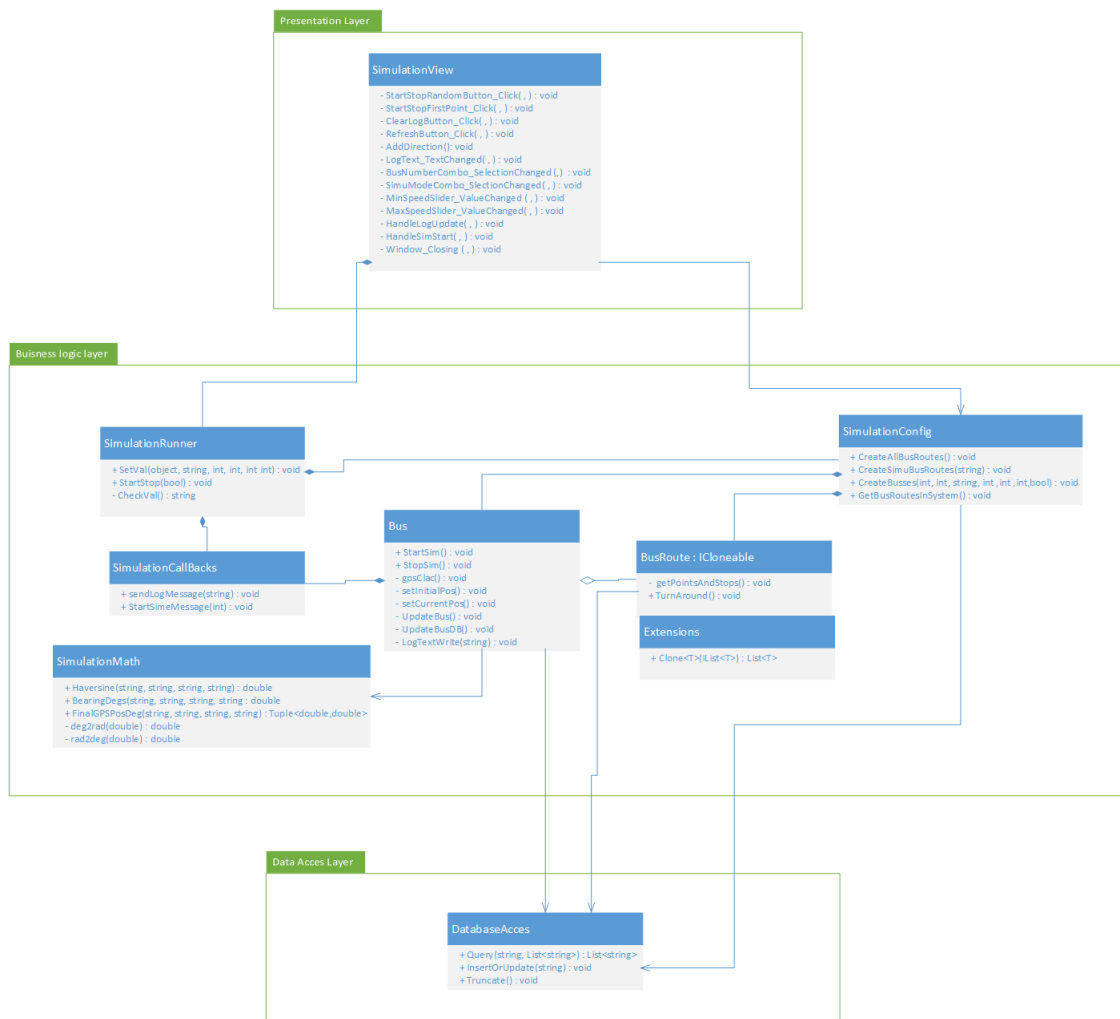
SaveStopsToDB() funktionen kan nu kaldes, denne vil lave et ajax kald til stop constrol-  
leren, med GPS koordinaterne og navnet på stoppestedet, der vil gemme det på MySQL  
databasen.

### 8.2.3 Komponent 4: Simulator

Da det ikke var muligt at kunne tilgå reel positions data for en bus, og implementerings  
processen ville kompliceres uden, blev det set som gavnligt at bygge en simulator som  
kunne simulere opførselen af en til flere busser. Denne komponent har til formål at be-  
skrive denne simulator og dens funktioner.

#### Specifikationer

Simulatoren er bygget som en WPF applikation, hvor .NET framework version 4.5 er ble-  
vet brugt. Den er opbygget efter 3-lags modellen. Hertil er der designet en række klasser  
til at håndtere logik-laget, samt en til at håndtere data-tilgangs laget. Præsentations-  
laget består udelukkende af ét view. Heri sørges der for, at events bliver håndteret samt  
påhængt og afhængt, hvis det er nødvendigt. På figur 18 ses et klasse diagram, hvorpå  
det kan ses hvordan simulatoren er bygget op. Klasse diagrammet viser ingen attributer,  
da de væsentligste kan ses som værende relationerne. De steder hvor der er en association  
relation, betyder det, at klassen enten tilgår en statisk funktion eller statisk attribut i den  
associerede klasse.



Figur 18: Klassediagram for simulator. Opbygget som trelags-model

Her følger en kort beskrivelse af hver klasse:

- **SimulationView**
  - Denne klasse består udelukkende af event-handlers, eller hjælpefunktioner dertil. Den opretter en `SimulationRunner`, som igangsættes ved et tryk på en af de to start-knapper. Udover de to start knapper, er der lavet to event handlers, som bruges når der fra logik-laget skal ske ændringer i viewet. Dette sker i sammenhæng med, at en log-besked skal tilføjes, eller simulatoren igangsættes og viewet skal ændres til en startet/stoppet tilstand.
- **SimulationRunner**

- Denne klasse sørger for at starte og stoppe simulatoren. Når simulatoren startes sørger klassen for at simulatoren opsættes. Der undersøges om opsætningen er valid, og annullerer opstarten på simulatoren, hvis de ikke er. Denne klasse er den eneste i systemet der instantiere SimulationConfig, da det er muligt at hente ruter og busser statisk, men ikke oprette dem. SimulationRunner sørger derfor også for ruter og busser bliver oprettet.
- SimulationConfig
  - Denne klasse er bindeledet mellem simulations enhederne, altså alt information om busser og ruter. Hvis klassen er instantieret, kan busruter og busser oprettes, men hvis ikke, kan de stadig tilgås statisk. Der eksisterer to lister af busruter; En der kun indeholder den valgte busrute, og en anden der indeholder alle busruter i systemet, der har busser koblet på sig.
- SimulationMath
  - Klassen bruges i sammenhæng med udregning af ny position for en simuleret bus. Hver Bus instantiere denne klasse ved oprettelse.
- SimulationCallbacks
  - Klassen indeholder events til at håndtere viewændringer fra buisness logic. Dette gøres igennem custom events som hægtes på viewet ved oprettelse. Der er kun to klasser der bruger callbacks; SimulationRunner og Bus.
- BusRoute
  - Denne klasse er repræsentationen af en busrute, i simulatoren. Ved oprettelse sørges der for at rutens punkter hentes fra databasen. I denne sammenhæng hentes punkterne for stoppestederne ikke, da disse ikke relevante for simulatoren. Navnene på rutens stoppesteder hentes dog ud. Navnene tages kun i brug når ruten skal vende. Dette er kun relevant når ruten er kompleks, og det skal undersøges hvilken subrute bussen nu skal køres på. Når bussen vender, vendes hele ruten. Dette betyder også at hver bus skal have sin egen instans af ruten den kører på, og til det formål implementerer BusRoute IClonable, og derfor

indeholder den funktionen `Clone()`. Denne returner en ny instans, men en kopi af den givne rute. Dette bruges i sammenhæng med `Extensions` klassen.

- `Extension`

- Når en busrute skal kopieres, bruges metoden `Clone()`, men hvis det er en række af busruter der skal kopieres, blev det set som nyttigt at oprette en extension metode til en liste, med formål at returner en ny liste, som er en klonet kopi af den gamle. Denne funktion kan dog kun bruges, hvis elementerne i listen implementerer `IClonable`, som i dette tilfælde er `BusRoute` objekter.

- `Bus`

- Klassen er den simulerede version af en fysisk bus, og indeholder derfor alle funktionaliteter en bus har, for at kunne køre på en rute. Det er også i denne klasse den væsentligste simulering finder sted, i det denne klasse indeholder funktionen til at bestemme nye koordinater for bussen. Når en bus bliver oprettet, oprettes der samtidig en tråd til denne. Det vil sige, at hver bus har sin egen tråd, og kører derfor uafhængigt af resten af systemet, med den undtagelser af, at den kaster et event til at logge en besked på viewet. Selvom flere busser kan kører på samme rute, har bussen kun en kopi af ruten, hvilket betyder, at når en bus vender, vendes hele kopi-ruten. Den tager desuden også beslutningen, om hvilken rute der skal køres på, hvis ruten er kompleks.

- `DatabaseAccess`

- Indeholder funktioner til at tilgå datbasen. Mere information om denne klasse kan findes under afsnit *9.2.2: Implementering af persistens i simulator*.

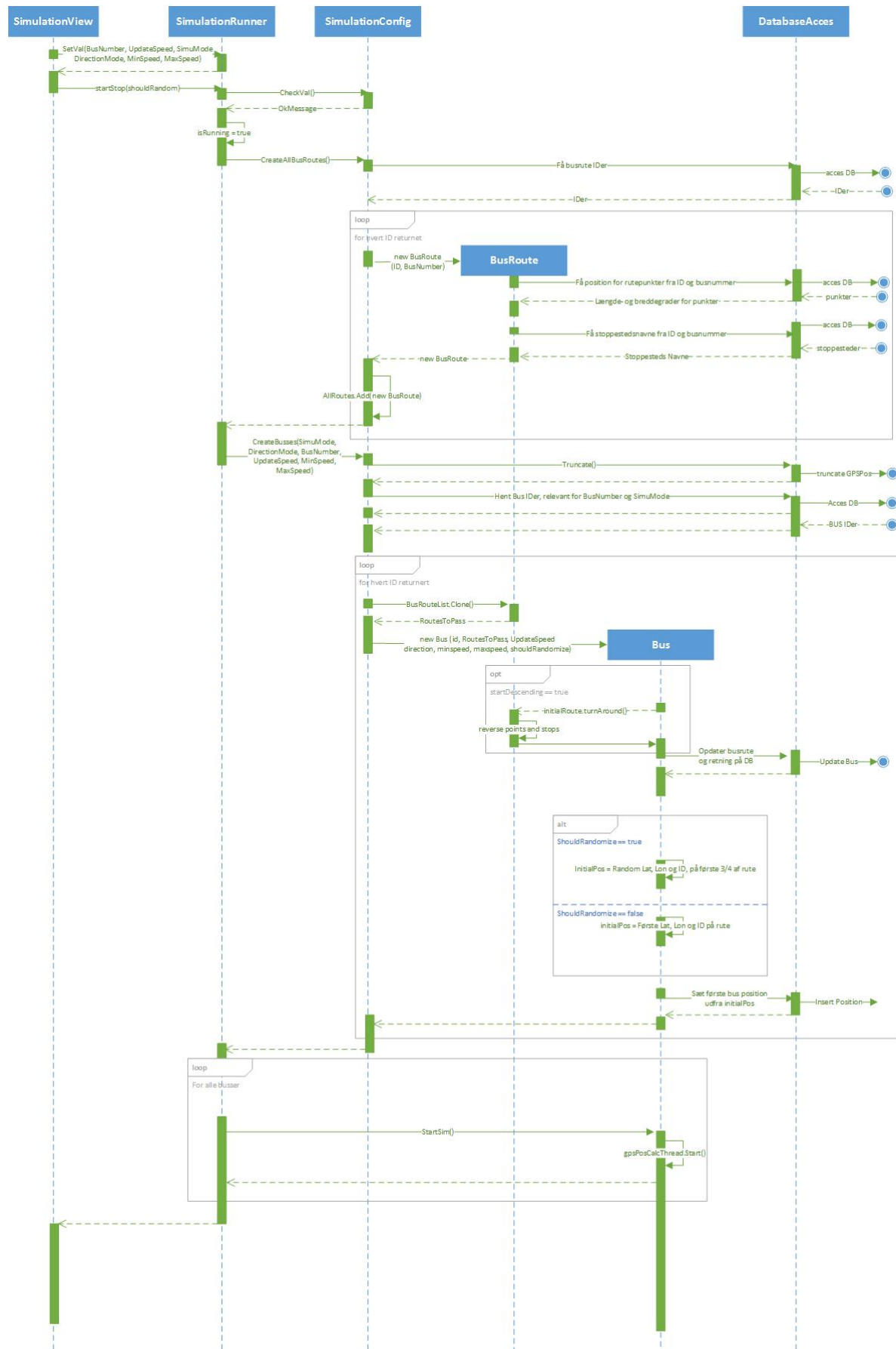
## Processer

Der eksisterer to komplekse processer i simulatoren, som udgør hovedfunktionaliteten; Start af simulering, samt udregning af ny position til bus. Disse vil nu beskrives

På figur 19 kan et sekvensdiagram, der beskrives handlingsforløbet ved start af simulering, ses. Handlings forløbet starter når en af de to start-knapper trykkes, og fuldføres

når hver oprettet bustråd er startet. Sekvensdiagrammet repræsenterer solskinsscenariet, hvori samtlige konfigurationer er korrekte og der er internettet kan tilgås. Først sættes simulationsværdierne i SimulatorRunner. Disse består alle de brugerdefinerede værdier, der kan sættes på GUIen. Herefter igangsættes startningsproceduren, ved et kald til Start-Stop(). De brugerdefinerede værdier undersøges for validitet (eg. om der er nogen der ikke er sat, valgt eller skrevet korrekt), og simulatoren sættes til at være kørende. Samtlige busruter, der har en bus bliver oprettet, først i gennem SimulatorConfig, hvor rutenumre, IDer hentes, og BusRoute objektet oprettes. Constructoren for BusRoute, sørger for at hente stoppesteder og punkter relevant for den givne busrute hentes, og sættes i objektet. Samtlige busruter gemmes statisk i SimulationConfig. Herefter oprettes alle busser, på baggrund af hvilken måde der simuleres samt, hvilken retning busserne skal køres. Mere information omkring simulerings muligheder kan findes under "CLW: SIMULERINGS MULIGHEDER AFSNIT". Ved oprettelse bestemmes der, hvilken underrute bussen skal køre på, i tilfælde af, at ruten er kompleks. Dette sker tilfældigt, uden hensyn til, hvilken simulerings mulighed er valgt. Herefter sættes rute og retning bussen kører, i databasen. Til sidst findes den første position bussen skal køre på. Hvis bussen skal starte først på ruten, vælges det første punkt fra listen. Hvis ikke, vælges der et tilfældigt punkt på de første tre fjerdedele af ruten. Bussen gemmes herefter i listen af alle busser, og udregningstråden for hver bus startes.





Figur 19: Opdeling af klasse i trelags-model

Formålet med simulatoren er, at en bus kan køre på en rute, uden behov for, at en fysisk bus, skal køre på ruten. På kodeudnit 13, 14 og 15 kan processen, der står for udregning af ny position ses. Selve udregnings processen er delt op i to kodeudsnit, hvor det første kodeafsnit omhandler initialisering af udregning samt udregninger på rutepunkter, og andet kodeudsnit omhandler bestemmelse af nyt rutepunkt. Kodeudsnit ?? omhandler busvending samt eventuelt ruteskift.

**Kodeudsnit 13: Udregning af ny position del 1.**

```
1 while (true)
2 {
3     double nextSpeed =SimulationConfig.rand.Next(minSpeed, maxSpeed↵
        +1) ;
4     double travellengthMeters = speed * (1000d / 3600d) * ↵
        updateSpeed;
5     double currentLength = 0;
6     double nextLength = 0;
7     double brng;
8     if(indexCounter == -1)
9         indexCounter = initialPosIndex + 1;
10
11     while (currentLength < travellengthMeters)
12     {
13
14         if(indexCounter == initialRoute.points.Count - 1)
15         {
16             currentPos = new Tuple<double,double>(double.Parse(↵
                initialRoute.points[indexCounter].Item1), ↵
                double.Parse(initialRoute.points[indexCounter].Item2));
17             UpdateBus();
18             break;
19         }
20
21         if (currentPos.Item1 != 0 && currentPos.Item2 != 0 && ↵
            nextLength == 0)
22         {
23             nextLength = sMath.Haversine(currentPos.Item1.ToString(),
24                 currentPos.Item2.ToString(),
25                 initialRoute.points[indexCounter].Item1,
26                 initialRoute.points[indexCounter].Item2);
27
28             brng = sMath.BearingDegs(currentPos.Item1.ToString(),
```

```
29         currentPos.Item2.ToString() ,
30         initialRoute.points[indexCounter].Item1 ,
31         initialRoute.points[indexCounter].Item2);
32     }
33     else
34     {
35         nextLength = sMath.Haversine(
36             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item1 ,
37             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item2 ,
38             initialRoute.points[indexCounter].Item1 ,
39             initialRoute.points[indexCounter].Item2);
40         brng = sMath.BearingDegs(
41             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item1 ,
42             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item2 ,
43             initialRoute.points[indexCounter].Item1 ,
44             initialRoute.points[indexCounter].Item2);
45     }
46     ...
```

Det første der sker under udregningen er, at det bestemmes hvor hurtigt bussen skal køre ved denne opdatering. Dette er en tilfældig værdi mellem den satte minimum og maksimum hastighed. Denne hastighed bruges til at udregne hvor langt bussen skal køre. Da hastighed er udtrykt ved kilometer i timen, konverteres den til meter i sekundet. Opdaterings hastighedne ganges på, da denne er et udtryk for, hvor lang tid bussen har kørt på den givne hastighed. Hvis dette er første gang opdateringen foregår, sættes indexCounter til det valgte start index plus 1, da dette symbolere det næste rutepunkt som bussen ikke er kørt forbi. Herefter startes udregninger for nyt rutepunkt. While-løkken symboliserer et inkrementerende rutestykke, hvor currentLength er det stykke, der er blevet udregnet og travelLengthMeters er det stykke der skal rejses. Der undersøges om sidste rutepunkt er nået, og hvis det er, sættes bussens position til dette punkt, og ruten vendes. Dette beskrives efter kodeudsnit ???. Herefter udregnes det næste rutestykke, og hvilken kurs dette rutestykke følger. Udregningen af længden af rutestykket og kursen kan findes i afsnittet 8.2.5: *Anvendt matematik*. Hvis der endnu ikke er udregnet et linjestykke, og hvis bussens nuværende position er sat, udregnes næste linjestykke og kurs ud fra bussens position, og næste rutepunkt. Hvis ikke udregnes der mellem forrige og næste rutepunkt. Udregningen fortsætter på kodeudsnit 14.

## Kodeudsnit 14: Udregning af ny position del 2.

```

1  ...
2
3      if (nextLength + currentLength > travelLengthMeters)
4      {
5          double missingLength = travelLengthMeters - currentLength↵
6              ;
7
8          if (currentPos.Item1 != 0 && currentPos.Item2 != 0 && ↵
9              currentLength == 0)
10         {
11             currentPos = sMath.finalGPSPosDeg(
12                 currentPos.Item1.ToString(),
13                 currentPos.Item2.ToString(),
14                 brng, missingLength);
15         }
16     }
17     else
18     {
19         currentPos = sMath.finalGPSPosDeg(
20             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item1,
21             initialRoute.points[indexCounter - 1].Item2,
22             brng, missingLength);
23     }
24     SetCurrentPos();
25     break ;
26 }
27 else
28 {
29     currentLength += nextLength;
30 }
31 string currPosMsg = "Bus " + bID.ToString() +
32     ", new endpoint reached, index: "
33     + (indexCounter + 1).ToString();
34 LogTextWrite(currPosMsg);
35 indexCounter++;
36 }
37 Thread.Sleep(updateSpeed * 1000);
38 }
39 }

```

Næste del af udregningen starter med, at der undersøges om den nyudregnedelængde sammenlagt den totale udregnede længde, er længere end det stykke, bussen skal køre. Hvis det ikke er, inkrementeres den total udregnede længde med den nye. Hvis det derimod er, skal bussens position være mellem det forrige rutepunkt og det næste. Variablen mis-

singLength indeholder den længde bussen skal køre fra det rutepunkt, med den udregnede kurs. Denne variabel er udregnet som længden bussen skal køre, minus det stykke der allerede er udregnet. Herefter undersøges der, hvilket punkt der skal bruges, som værende det punkt, finalGPSPosDeg skal udregne fra (for mere information, se afsnit 8.2.5 - *Anvendt matematik*). Hvis den nuværende position ikke er sat endnu, og bussens næste position er på samme linjestykke som forrige (currentLength == 0), så sættes næste position ud fra bussens nuværende. Hvis ikke, udregnes der ud fra det forrige rutepunkt.

Når et nyt rutepunkt nås, startes et logging-event, som sender GUIen en ny loggingbesked. Desuden inkrementeres indexCounteren, så det næste rutepunkt er det gældende. Når en opdatering er fuldført, sover tråden i det antal sekunder der er sat i opdaterings hastigheden.

#### Kodeudsnit 15: Valg af ny rute ved endestation.

```
1 if (routes.Count == 1)
2 {
3     initialRoute.TurnAround();
4     indexCounter = 0;
5 }
6 else
7 {
8     List<BusRoute> possibleRoutes;
9     string atStop = initialRoute.stops[initialRoute.stops.Count - 1];
10    possibleRoutes = routes.FindAll(
11        R => (R.stops[R.stops.Count - 1] == atStop) ||
12        R.stops[0] == atStop);
13    if (possibleRoutes.Count == 1)
14    {
15        initialRoute.TurnAround();
16    }
17
18    else
19    {
20        possibleRoutes.Remove(initialRoute);
21        if (possibleRoutes.Count == 1)
22            initialRoute = possibleRoutes[0];
23        else
24            initialRoute = possibleRoutes[SimulationConfig.rand.Next(
25                0, possibleRoutes.Count)];
```

```
26     if (initialRoute.stops[0] != oldRouteStop)
27     {
28         initialRoute.TurnAround();
29     }
30
31 }
32 indexCounter = 0;
33 }
34 UpdateBusDB();
```

Når en bus vender, vil der ske en ruteændring. Hvis bussen kører på en simpel rute, (rute med to endestationer) , vil der ikke ske andet, end at listen af punkter i ruten vil blive vendt, således at det punkt bussen holder ved, vil være det første punkt på ruten.

Hvis ruten derimod er kompleks (ruter med mere end to endestationer) skal det undersøges, hvilken subroute, bussen nu skal køre på. Dette gøres ved første at udtage alle subruter på ruten, hvis første eller sidste stoppested, er svarende til det sidste stoppested på den nuværende rute. Hvis der kun kan findes en rute, må denne være den originale, og denne rute vendes bare. Hvis ikke, fjernes den originale rute fra listen af mulige ruter. Der undersøges om der nu kun er en rute, eller om der stadig er flere. Hvis der stadig er flere, vælges en rute på tilfældigt, men hvis ikke, vælges den rute der er tilbage. Herefter undersøges der, om den valgte routes første stoppested er det samme som det sidste stoppested på den tidligere rute. Hvis ikke vendes den nye rute. Til sidst resettes counteren, og bussen bliver opdateret på databasen, med en retning og ny rute.

&lt;

Diagrammer i fuld størrelse og fuld kode med kommentarer kan findes på bilags C Den under Diagrammer/System Sekvens Diagrammer, samt Kode/Simulator. Muligheder for simulering beskrives under "CLW: reference til noget"

### 8.2.4 Komponent 5: Anvendt matematik

Denne komponent beskriver ikke opbygningen af systemet, men derimod de matematiske formler, der er blevet anvendt for at nå frem til resultaterne. Hver formel vil beskrives og der vil forklares, hvorefter det forklares i hvilken sammenhæng de bruges.

#### Haversine

Denne formel bruges som en hjælpefunktion i forbindelse med udregninger på ruter. Formlen bruger to punkters geografiske position, og udregner fugleflugts afstanden mellem dem i meter, selv hvis punkterne er langt nok fra hinanden til, at jordens krumning spiller en rolle. Jordens krumning spiller ikke en rolle i dette system, da punkterne vil være relativt tæt på hinanden. Følgende variabler og konstanter tages i brug i denne formel:

**d:** Fugleflugts afstand mellem to punkter i meter.

**R:** Jordens gennemsnits radius. Konstant sat til 6371 kilometer.

$\theta_1, \theta_2$ : Længdegrad for punkt 1 og punkt 2

$\lambda_1, \lambda_2$ : Breddegrad for punkt 1 og punkt 2

**a, c** Subresultater

Igennem formel (1) til (3) kan det ses, hvordan Haversine udregningerne foretages.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right) + \cos(\theta_1) * \cos(\theta_2) * \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (1)$$

$$c = 2 * \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2)$$

$$d = R * c * 1000 \quad (3)$$

atan2 returner et grad værdi mellem -180° til 180°. Det er dog ikke nødvendigt at tage højde for dette i denne sammenhæng, da det ikke er nødvendigt at se på graderne som en helcirkel fra 0° til 360°.

Hjemmesiden, simulatoren og den distribuerede database tager alle brug af Haversine formelen.

- I databasen bruges den i udregningen for en bus tid til ankomst ved et stoppested. Et eksempel på dette kunne være, når afstanden fra bussen til det valgte stoppested skal

udregnes. Her vil afstanden mellem hvert rutepunkt udregnes ved hjælp af Haversine formelen, og ligges sammen. Resultatet vil være den søgte afstand.

- I simulatoren bruges den når bussens næste position skal udregnes. Der er fundet, hvor langt bussens skal køre, og der undersøges så mellem hvilke to rutepunkter, bussens skal være. Dette gøres ved at udregne afstanden mellem rutepunkter ved hjælp af Haversine formelen, finde ud af ved hvilket punkt afstanden er større end den bussens skal køre, hvorefter bussens nye position før dette punkt findes.
- På hjemmesiden bruges den når det skal udregnes, hvilke to rutepunkter et stoppested skal ligge mellem. I denne situation skal det undersøges om stoppestedet ligger en hvis afstand væk fra et punkt. Her til bruges Haversine til at udregne distancen.

Formlen og implementeringen i koden er ikke lavet selv, men derimod hentet fra <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>. Udregninger og implementeringer fra denne side er Open-Source og lavet af Chris Veness. Den eneste modifikation der er blevet implementeret er, at det endelige resultat er konverteret fra kilometer til meter

## Kurs

Hvis et objekt bevæger sig mod et punkt, bruges denne formel til at udregne, hvilken retning objektet bevæger sig, på en 360°-skala. I denne udregning er nord sat til 0°/360°. Der blevet gjort brug af følgende variable:

**b:** Kursen objektet følger på en 360°-skala.

$\theta_o, \theta_p$ : Længdegrad for objektet og punktet

$\lambda_o, \lambda_p$ : Breddegrad for objekter og punktet

**x, y** Subresultater

Igennem formel (4) til (6) kan det ses, hvordan kursen udregnes.

$$x = \cos(\theta_o) * \sin(\theta_p) - \sin(\theta_o) * \cos(\theta_p) * \cos(\Delta\lambda) \quad (4)$$

$$y = \sin(\Delta\lambda) * \cos(\theta_p) \quad (5)$$

$$b = \text{atan2}(y, x) \quad (6)$$

Da atan2 returner en værdi mellem -180° til 180°, er det nødvendigt at konvertere denne



værdi til en  $360^\circ$ . Dette gøres ved hjælp af formel 7, hvor "%" er modulo.

$$b_{360} = ((b + 360) \text{ \% } 360) \quad (7)$$

Kun simulatoren gør brug af kursen. Den tages i brug, når der skal udregnes, hvor bussens nye position skal være. Det er tidligere udregnet, mellem hvilke to punkter bussen skal ligge, og der skal derfor udregnes en ny position mellem disse to punkter. Til denne udregning bruges kursen.

Formlen og implementeringen i koden er ikke lavet selv, men derimod hentet fra <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>. Udregninger og implementeringer fra denne side er Open-Source og lavet af Chris Veness.

### Ny position mellem to punkter

Hvis et objekt skal placeres mellem to punkter, en hvis distance udfra det første punkt, med kurs mod det andet punkt, tages denne formel i brug. Kursen mellem de to punkter er givet på en  $360^\circ$  skala, hvor nord er sat til  $0^\circ/360^\circ$ . Igennem udregningen er det blevet gjort brug af følgende variabler og konstanter:

- R:** Jordens gennemsnits radius. Konstant sat til 6371 kilometer.
- b:** Kursen objektet følger fra initial punktet på en  $360^\circ$  skala.
- d:** Distancen objektet skal bevæge sig ud fra initial punktet.
- $\theta_o, \theta_p$ : Længdegrad for objektet og punktet
- $\lambda_o, \lambda_p$ : Breddegrad for objektet og punktet
- x, y** Subresultater

Igennem formel (8) til (11) kan det ses, hvordan punktet udregnes.

$$\theta_o = \text{asin}(\sin(\theta_p) * \cos(\frac{d}{R * 1000}) + \cos(\theta_p) * \sin(\frac{d}{R * 1000}) * \cos(b)) \quad (8)$$

$$x = \sin(b) * \sin(\frac{d}{R * 1000}) * \cos(\theta_p) \quad (9)$$

$$y = \cos(\frac{d}{R * 1000}) - \sin(\theta_p) * \sin(\theta_o) \quad (10)$$

$$\lambda_o = \lambda_p + \text{atan2}(x, y) \quad (11)$$

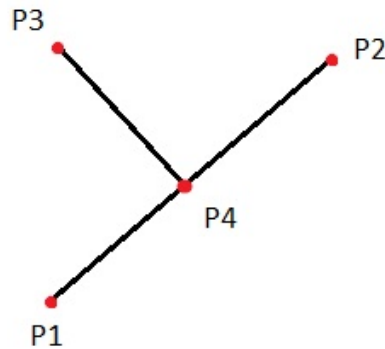
Kun simulatoren tager brug af denne funktion. Den skal bruges i sammenhæng med at udregne, hvor en bus skal placeres på ruten ved en ny opdatering. Distancen bussen skal bevæge sig er tidligere blevet udregnet, samt det punkt på ruten, bussen skal være før. Kursen findes ved hjælp af bussens nuværende position samt det udregnede rutepunkt. Ved hjælp af startpunktet, distancen og kursen, udregnes bussens nye position. Ved udregninger af breddegraden af objektet bruges  $\text{atan2}$ , og da der skal returneres et antalgrader, skal denne værdi konverteres til en 360°version. Dette gøres ved hjælp af formel 7

Formlen og implementeringen i koden er ikke lavet selv, men derimod hentet fra <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>. Udregninger og implementeringer fra denne side er Open-Source og lavet af Chris Veness.

### Tætteste punkt på en linje

Et linjestykke er spændt op mellem to punkter. Et tredje punkt kan ligge et vilkårligt stykke ud fra denne linje. Det tredje punkts tætteste punkt på linjen, vil være det punkt, hvis linjestykke skabt med det tredje punkt, er ortogonal med linjestykket mellem det første og andet punkt. Situationen kan ses på figur 20, hvor P1 og P2 er de punkter der spænder det originale linjestykket, P3 er det vilkårlige punkt, og P4 er det vilkårlige punkts tætteste punkt på linjen mellem P1 og P2. Udregningen er kun relevant, hvis linjestykket mellem P1 og P2 ikke er horizontal eller vertikal. Disse situationer forklares senere.

Igennem udregningerne gøres der brug af disse variabler:



Figur 20: Situationen 1: Tætteste punkt på en linje

**A:** Linjestykket mellem P1 og P2 hældningskoefficient.

**B:** Linjestykket mellem P1 og P2 skæring med y-aksen.

$\theta_1, \theta_2, \theta_4, \theta_4$ : Længdegrad for de fire punkter.

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ : Breddegrad for de fire punkter.

Denne formel virker kun for relative tætte punkter, hvor der skal tages hensyn til jordens hældning, og jorden derfor kan ses som et plan. Igennem formel (12) til (15), kan det ses, hvordan punktet findes.

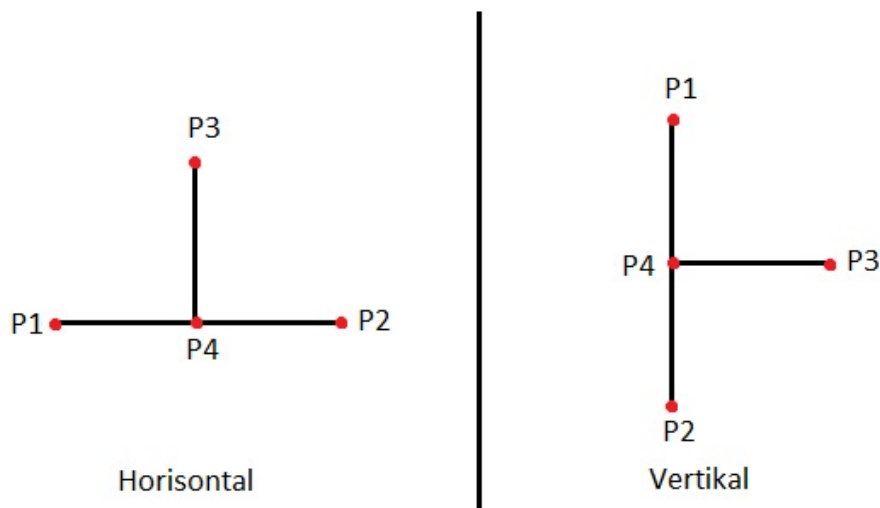
$$A = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (12)$$

$$B = \theta_1 + A * (-\lambda_1) \quad (13)$$

$$\theta_4 = \frac{A * \theta_3 + \lambda_3 - A * B}{A^2 + 1} \quad (14)$$

$$\lambda_4 = \frac{A^2 * \theta_3 + A * \lambda_3 + B}{A^2 + 1} \quad (15)$$

I tilfælde af at linjen mellem punkt 1 og punkt 2 er horisontal eller vertikal, er der under implementering skabt special tilfælde. Hvis linjen er horisontal sættes  $\theta_4 = \theta_1$  og  $\lambda_4 = \lambda_3$ . Hvis linjen er vertikal sættes  $\theta_4 = \theta_3$  og  $\lambda_4 = \lambda_1$ . Situation ses på figur 21



Figur 21: Situationen 2 og 3: Horisontalt eller vertikalt linjestykke

Denne formel tages i brug i databasen og på hjemmesiden.

- I database tages denne udregning i brug når en bus tid til ankomst ved et stoppested skal udregnes. I denne process skal der på et tidspunkt udregnes, hvilket rutepunkt, bussen er tættest på. Dette gøres ved hjælp af en kombination af denne formel, samt Haversine formlen. Ved hvert linjestykke skabt af punkterne på ruten, udregnes det tætteste punkt for bussen på dette linje stykke. Mellem bussen og dette punkt gøres der brug af Haversine, for at udregne afstanden fra bussen til linjestykket. Endepunktet for det linjestykke, hvor bus til linje afstanden er kortest, må være det rutepunkt bussen er tættest på.
- På hjemmesiden skal der udregnes, mellem hvilke to punkter et stoppested skal ligge. Udregningen foretages på samme måde, som i databasen, hvor bussen blot er erstattet med et stoppested. Resultatet er det rutepunkt, stoppested skal ligge før.

Den lineære funktion ( $Ax + B$ ) der skabes til linjestykket vil ikke kun strække sig mellem de to længde- og breddegrader der gives. Der kan derfor opstå en situation, hvor objektet egentlig ligger tættest på ét linjestykke, men den linje der bliver skabt af et andet linjestykke vil have en mindre ortogonal distance hen til objektet. Derfor er det vigtigt, at der ved implementering tages højde for, at det kun er det linjestykke der undersøges og ikke hele linjen. Dette sikres ved, at en eller flere af de følgende fire regler ikke må være gældende for  $\theta_4$  og  $\lambda_4$ :

- $\theta_4 > \theta_1$  &  $\theta_4 > \theta_2$
- $\theta_4 < \theta_1$  &  $\theta_4 < \theta_2$
- $\lambda_4 > \lambda_1$  &  $\lambda_4 > \lambda_2$
- $\lambda_4 < \lambda_1$  &  $\lambda_4 < \lambda_2$

Hvis blot en af disse regler passer, er punktet ugyldigt, da det ikke ligger på linjestykket.

Denne formel er lavet på baggrund af information fundet på to hjemmesider.

[http://demo.activemath.org/ActiveMath2/search/show.cmd?id=mbase://AC\\_UK\\_calculus/functions/ex\\_linear\\_equation\\_two\\_points](http://demo.activemath.org/ActiveMath2/search/show.cmd?id=mbase://AC_UK_calculus/functions/ex_linear_equation_two_points) beskriver hvordan en lineær funktion findes ved to punkter.

<http://math.ucsd.edu/~wgarner/math4c/derivations/distance/distptline.htm> beskriver hvordan det ortogonale punkt findes ved hjælp af en lineær funktion.

### Grader og radianer konvertering

Nå de forrige fire formler skal implementeres er det ofte nødvendigt at konvertere mellem radianer og grader. På formel (16) kan konverteringen fra grader til radianer ses, og på formel (17) kan konverteringen fra radianer til grader ses.

$$Radianer = \frac{Grader * \pi}{180} \quad (16)$$

$$Grader = \frac{Radianer * 180}{\pi} \quad (17)$$

## 9 DATA VIEW

### 9.1 Data model

En kritisk del af dette system er data storage og data retrieval. Dette er blevet implementeret i form af to relationelle databaser; en distribueret og en lokal.

Til den distribuerede database og til administrationshjemmesiden er et domænenavn blevet købt hos [www.unoeuro.com](http://www.unoeuro.com), ved navn [www.trackabus.dk](http://www.trackabus.dk). Herude er databasen oprettet som en MySQL database på serveren <http://mysql23.unoeuro.com>

Den lokale database eksisterer, fordi brugeren skal kunne gemme busruter lokalt på sin telefon. Dette er blevet implementeret i form af en SQLite database.

Diagrammer kan findes i fuld størrelse i bilag under Diagrammer/Database Diagrammer

#### 9.1.1 Design af MySQL database

Den distribuerede database gemmer alt information vedrørende busserne og deres ruter. Opbygningen af databasen kan ses som tre komponenter der interagerer; Busser, busruter og stoppesteder.

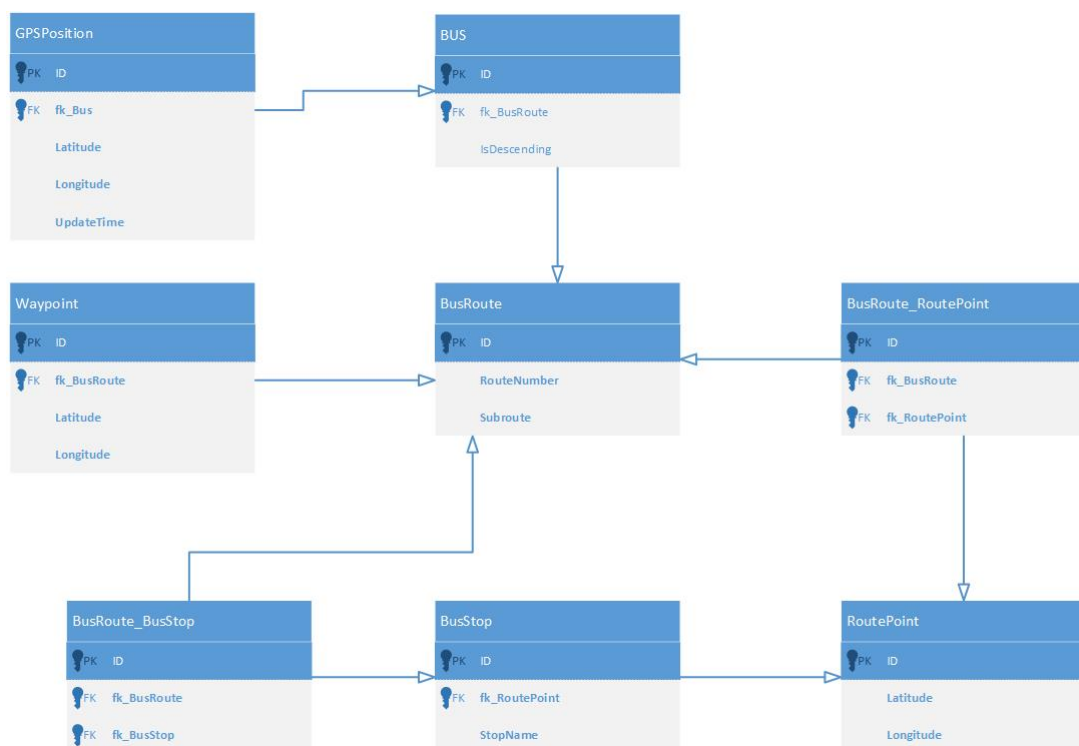
Samtlige komponenter er defineret ved positions data i form af punkter. Disse punkter er længde- og breddegrader og kan ses som den fysiske position af den komponent, de relaterer til. Disse falder derfor i tre kategorier; Busposition, rutepunkter med stoppesteder og waypoints.

- Busposition er defineret som den fysiske placering af en given bus. I dette projekt var der dog ikke tilgang til nogen fysiske busser, så denne kategori af positions data blev simuleret. Simulatoren kunne dog skiftes ud med en virkelig bus, hvis position for denne kunne stilles til rådighed.
- Rutepunter og stoppesteder indeholder positionsdata, som bruges til at tegne ruten eller lave udregning på. Disse udregninger er defineret senere under "Stored procedures" og "Functions".
- Waypoints bruges som "genskabelses-punkter" til en given rute. Disse punkter bliver udelukkende brugt af administrationsværktøjet, til at genskabe den rute de beskriver.

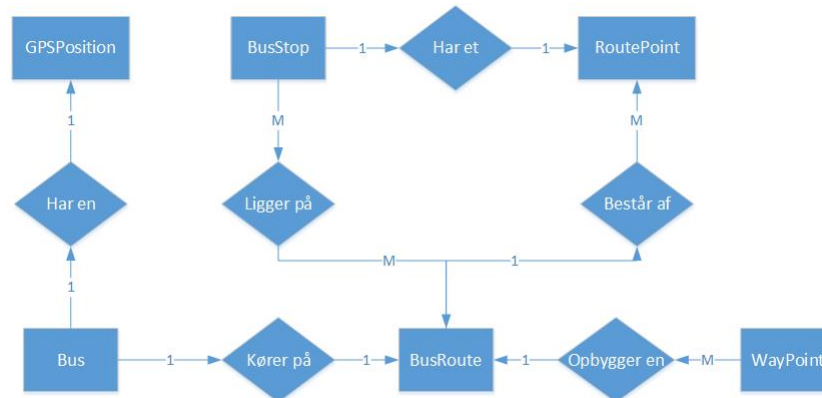
Hele systemet er opbygget omkring oprettelse, fjernelse og manipulation af positions data. Dette er klart afspejlet i database i form hvor meget dette data bliver brugt. Tidligt i udviklingsprocessen blev det fastsat at positions data have en præcision på seks decimaler, da dette ville resultere i en positions afvigelse på under en meter. Systemet virker stadig med en lavere præcision, men dette vil resultere i en større positionsafvigelse.

Databasen er bygget op af følgende tabeller: Bus, BusRoute, BusRoute\_RoutePoint, BusRoute\_BusStop, BusStop, GPSPosition, RoutePoint, Waypoint.

På figur 22 vises opbygningen af tabellerne som et UML OO diagram, og på figur 23 kan relationerne i databasen ses som et ER diagram.



Figur 22: UML OO diagram over den distribuerede MySQL database



Figur 23: ER Diagram over den distribuerede MySql database

Herunder følger en forklaring af tabellerne og deres rolle i systemet.

### • Bus

- Indeholder alt relevant data vedrørende kørende busser. `fk_BusRoute` er en foreign key til `BusRoute` tabellen og definerer hvilken rute bussen kører på. `IsDescending` er et simpelt flag, som bestemmer i hvilken retning bussen kører. Hvis `IsDescending` er true, betyder det at bussen kører fra sidste til første punkt defineret ved ID i `BusRoute_RoutePoint`, og omvendt hvis den er false. Som den eneste tabel er der mulighed for, at nulls kan fremkomme. Dette vil ske i situationer hvor bussen eksisterer i systemet, men endnu ikke er sat på en rute. Tabellens primary key er sat til at være det ID som defineres ved busses oprettelse. Dette nummer vil også stå på den fysisk bus.

### • BusRoute

- Indeholder detaljer omkring Busruten foruden dens rutepunkter. `BusNumber` er ikke nødvendigvis unikt, da en kompleks rute er bygget op af to eller flere underruter. Derfor bliver tabelens primary key sat til et autogenerated ID, som bliver inkrementeret ved nyt indlæg i `BusRoute`. `BusNumber` er rutenummeret, og også det nummer som vil kunne ses på bussens front. Nummeret er givet ved en varchar på 10 karakterer, da ruter også kan have bogstaver i deres nummer. Hvis `SubRoute` er sat til nul, vil ruten kun bestå af det enkelte ID, men hvis ruten er kompleks vil `SubRoute` starte fra et, og inkrementere med en for delrute på den givne rute. Ruter er i denne sammenhæng defineret som turen



mellem to endestationer, og hvis en rute har mere end to endestation, vil den have minimum to hele ruter sat på det givne rutenummer.

- **BusRoute\_RoutePoint**

- Indeholder den egentlige rute for det givne rutenummer. Primary keyen er IDet i denne tabel og autogenereret, men bruges til at definere rækkefølgen på punkterne, som ruten bliver opbygget af. fk\_BusRoute er foreign key til IDet for busruten, og fk\_RoutePoint er foreign key til IDet for rutepunktet på et givet sted på ruten. Det første og sidste punkt for den givne rute vil altid være de to endestationer på ruten.

Rutepunkterne for stoppestedet bliver lagt ind i listen ved hjælp af en forklaret i afsnittet "IMPLEMENTERING: ADMINISTRATOR SIDE".

- **BusRoute\_BusStop**

- Indeholder stoppestedetsplanen for det givne rutenummer. IDet i denne tabel er autogenereret, men bruges til at definere rækkefølgen på stoppestederne på den givne rute. fk\_BusRoute refererer til den busrute stoppestedet er på, og fk\_BusStop refererer til selve stoppestedet. Det første og sidste ID for den givne busrute, vil være de to endestationer på den givne rute.

- **BusStop**

- Indeholder alle stoppesteder i systemet. Primary keyen er IDet i denne tabel og er autogenereret. StopName er navnet på det givne stoppested, og er en varchar på 100 karakterer.

fk\_RoutePoint er en foreign key til IDet i RoutePoint tabellen, og vil være det fysiske punkt for stoppestedet givet ved en længde- og breddegrad.

- **RoutePoint**

- Indeholder alle punkter for alle ruter og stoppesteder. Primary keyen er sat til at være et autogenereret ID. Hvert indlæg i denne tabel vil definere en position på verdenskortet. Longitude og latitude er i denne sammenhæng længde- og breddegraden, og de er defineret ved en number med 15 decimaler. Alle 15

decimaler er ikke nødvendig i brug og ved en indsættelse af et tal på f.eks. 6 decimaler, vil de sidste 9 være sat til 0.

- **GPSPosition**

- Indeholder alle kørende bussers position. Primary keyen er sat til et ID, som bruges til at definere rækkefølgen på indlægene, således det højeste ID for en given bus vil være den nyeste position. Longitude og Latitude er Længde- og Breddegraden for den givne bus. Både Longitude og Latitude er givet ved 15 decimaler, dog hvor alle 15 ikke nødvendigvis er i brug. Ved en indsættelse af et tal på f.eks. 6 decimaler, vil de sidste 9 være sat til 0. UpdateTime er et timestamp for positionen og bruges til, at udregne hvor lang tid bussen har kørt. Dette er beskrevet nærmere i afsnittene "Stored procedures" og "Functions". fk\_Bus er en foreign key til tabellen Bus og bruges til at definere hvilken bus der har lavet opdateringen.

- **Waypoint**

- Indeholder alle punkter der er nødvendige for genskabelse af en rute på administrations siden. Primary keyen er IDet og autogeneret. Den bruges ikke til andet end at unikt markere punktet.

Longitude og Latitude er Længde- og Breddegraden for det givne punkt. Både Longitude og Latitude er givet ved 15 decimaler, dog hvor alle 15 ikke nødvendigvis er i brug. Ved en indsættelse af et tal på f.eks. 6 decimaler, vil de sidste 9 være sat til 0. fk\_BusRoute er en foreign key til BusRoute tabellen, og definerer således hvilken Busrute det givne waypoint er relateret til.

## **Normalform**

Databasen er normaliseret til tredje normalform, hvor nulls er tilladt i enkelte tilfælde da det sås som gavnligt. Tabellen Bus indeholder alle oprettede busser, men det er ikke et krav, at en bus er på en rute. I tilfælde af en bus uden rute, vil fk\_BusRoute og IsDescending være null.

Det antages at tredje normalform er tilstrækkeligt for systemet.

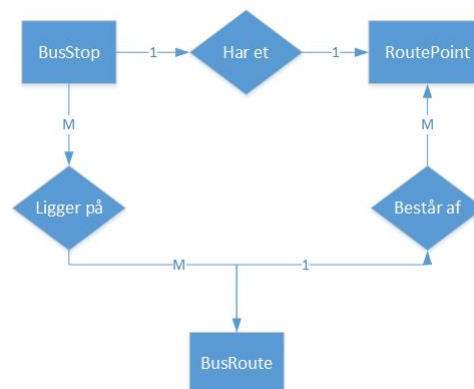
Begrundelsen for, at databasen er på tredjenormalform er:

- Ingen elementer er i sig selv elementer. Dvs. ingen kolonner gentager sig selv.
- Ingen primary keys er composite keys, og derfor er ingen ikke keys afhængig af kun en del af nøglen
- Ingen elementer er afhængigt af et ikke-nøgle element. Dvs. ingen kolonner i én tabel, definerer andre kolonner i samme tabel.

### 9.1.2 Design af SQLiteDatabase database

Mobil applikationen har en favoriserings funktion der bruges til at persistere brugervalgte ruter lokalt. Dette er gjort så brugeren hurtigt kan indlæse de ruter som bruges mest. Ruterne persisteres lokalt som et udsnit af den distribuerede database.

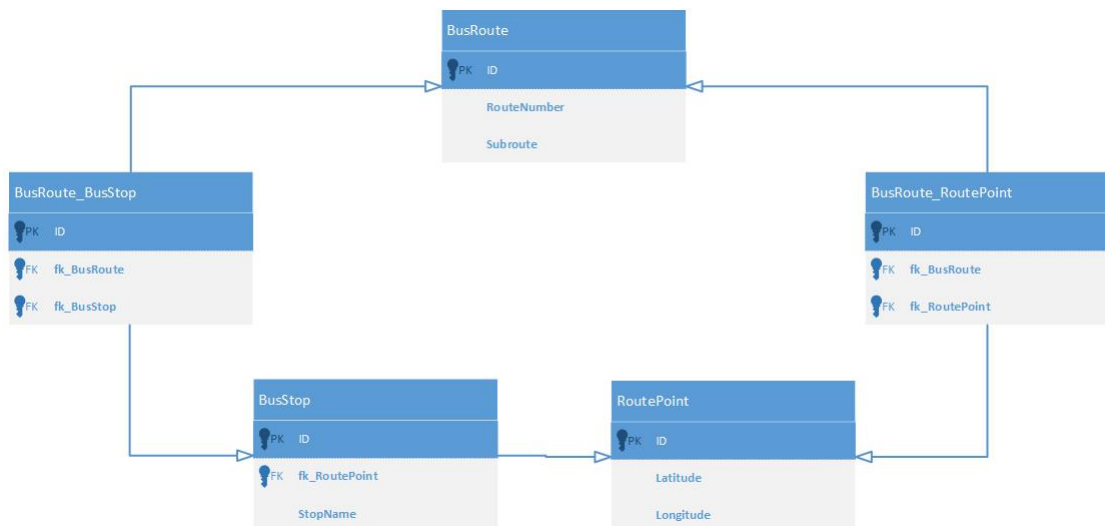
På figur 24 kan man se et UML OO diagram over den lokale SQLite database og på figur 25 kan man se et ER diagram over samme database. Da den lokale database blot er



Figur 24: UML OO diagram over den lokale SQLite database

et udsnit af den distribuerede MySQL database, henvises der til tabel beskrivelserne for MySQL tabellerne i forrige afsnit. Databasen er derfor også på tredje normalform, som MySQL databasen.

Den eneste forskel fra MySQL databasen er, at denne tabel gør brug af Delete Cascades. Dette vil sige, at sletningen af data fra SQLite databasen kun kræver at man sletter fra BusRoute og RoutePoint tabellerne, da disse har foreign keys i de andre tabeller. Da flere ruter med de samme stoppesteder godt kan indskrives er det blevet vedtaget, at stoppestederne ikke slettes, når en rute ufavoriseres. Dette betyder at stoppestederne kan genbruges ved nye favoriseringer.



Figur 25: UML OO diagram over den lokale SQLite database

### 9.1.3 Stored procedures

Der eksisterer kun Stored Procedures på MySQL database siden, og derfor vil dette afsnit kun omhandle disse.

Der er blevet lavet tre Stored Procedures i sammenhæng med tidsudregning for tætteste bus til valgt stoppested. Disse tre vil blive beskrevet herunder, givet sammen med et kodeudsnit. I kodeudsnittet vil ingen kommentarer være tilstede. For fuld kode henvises der til bilags CDen, i filen Stored Procedures under Kode/Database.

I kodeudsnittene fremkommer forkortelserne "Asc" og "Desc". Dette står for Ascending og Descending og er en beskrivelse af, hvordan ruten indlæses. Ascending betyder at busruten indlæses fra første til sidste punkt i BusRoute\_RoutePoint tabellen og Descending betyder at den indlæses fra sidste til første punkt.

Temporary tabeller bliver brugt meget i funktionerne og procedurene. De beskriver en fuldt funktionel tabel, med den forskel, at de kun er synlige fra den givne forbindelse. Når der i proceduren kun laves indskrivninger i temporary tables, gør det tilgangen trådsikker. Dette betyder at proceduren godt kan tilgås fra flere enheder på samme tid.

#### CalcBusToStopTime

Denne Stored procedure er kernen i tidsudregningen. Den samler alle værdierne sender dem videre i de forskellige funktioner. På kodeudsnit 16 ses et udsnit af proceduren. I den fulde procedure, vil udregningerne for begge retninger hen til stoppestedet foregå, men da

dette blot er en duplikering af samme kode, med forskellige variabler og funktionsnavne, vises dette ikke. Alle deklareringer af variabler er også fjernet.

**Kodeudsnit 16: CalcBusToStopTime. Finder nærmeste bus og udregner tiden begge veje**

```

1 create procedure CalcBusToStopTime(
2 IN stopName varchar(100), IN routeNumber varchar(10),
3 OUT TimeToStopSecAsc int, OUT TimeToStopSecDesc int,
4 OUT busIDAsc int, out busIDDesc int,
5 OUT EndBusStopAsc varchar(100), OUT EndBusStopDesc varchar(100))
6
7 BEGIN
8 drop temporary table if exists possibleRoutes;
9 create temporary table possibleRoutes(
10  possRouteID int,
11  possRouteStopID int
12 );
13
14 insert into possibleRoutes
15 select distinct BusRoute.ID, BusRoute_RoutePoint.ID from BusRoute
16 inner join BusRoute_BusStop on BusRoute.ID = BusRoute_BusStop.↵
    fk_BusRoute
17 inner join BusStop on BusRoute_BusStop.fk_BusStop = BusStop.ID
18 inner join BusRoute_RoutePoint on BusRoute.ID = ↵
    BusRoute_RoutePoint.fk_BusRoute
19 and BusStop.fk_RoutePoint = BusRoute_RoutePoint.fk_RoutePoint
20 where BusRoute.RouteNumber = routeNumber and BusStop.StopName = ↵
    stopName ;
21
22 call GetClosestBusAscProc(@ClosestEndEPIdAsc, @ClosestBDIstAsc, ↵
    @ClosestBIDAsc );
23 select @ClosestsEndPointIDAsc, @ClosestBDIstAsc, @ClosestBIDAsc
24 into ClosestEndPointIdAsc, ClosestBusDistanceAsc, ClosestBusIdAsc;
25
26 select CalcBusAvgSpeedAsc(ClosestBusIdAsc) into ↵
    ClosestBusSpeedAsc;
27
28 set TimeToStopSecAsc = ClosestBusDistanceAsc/ClosestBusSpeedAsc;
29 set busIDAsc = ClosestBusIdAsc;
30
31 select BusStop.StopName from BusStop
32 inner join BusRoute_BusStop on BusRoute_BusStop.fk_BusStop = ↵
    BusStop.ID
33 inner join Bus on BusRoute_BusStop.fk_BusRoute = Bus.fk_BusRoute

```

```

34 where Bus.ID = ClosestBusIdAsc Order by BusRoute_BusStop.ID desc ↵
    limit 1 into EndBusStopAsc;
35
36 drop temporary table possibleRoutes;
37
38 END$$

```

Proceduren modtager navnet på det valgt stop, samt det valgte rutenummer. Ved fuldendt forløb vil den returnere tiden for den nærmeste bus til det valgte stop, den nærmeste bus samt endestationen for den nærmeste bus. Alt returneres parvist i form af begge retninger.

Først findes mulige ruter fra givet stoppesteds navn og rutenummer og indlægges i en *possibleRoutes*. Dette er nødvendigt i tilfælde af komplekse ruter, hvor mere end en rute kan have samme stoppested og rutenummer. Herefter kaldes den anden stored procedure, som beskrives senere i dette afsnit. Denne procedure returnerer tætteste rutepunkt, IDet for den tætteste bus, samt afstanden fra den nærmeste bus til stoppestedet. Herefter udregnes bussens gennemsnitshastighed ved kaldet til *CalcBusAvgSpeedAsc*, som bruger det fundne bus ID. Denne funktion beskrives dybere senere under afsnittet "Functions".

Tiden fra bussen til stoppestedet findes ved at dividere distancen med gennemsnitshastigheden ( $\text{Meter} / \text{Meter/Sekund} = \text{Sekund}$ ).

Til sidst findes endestationen, og returneres sammen med tiden og bus IDet.

**GetClosestBusAscProc og GetClosestBusDescProc** Da proceduren for begge retninger er meget ens, vil der kun vises et kodeudsnit for *GetClosestBusAscProc*. Dette kan ses på kodeudsnit 17.

Alle kommentarer og deklareringer er fjernet for at give et bedre overblik over funktionalitet af proceduren. En detaljeret forklaring, samt forskellene mellem *GetClosestBusAscProc* og *GetClosestBusDescProc*, følger efter kodeudsnittet.

Kodeudsnit 17: *GetClosestBusAscProc*. Udregner nærmeste bus- samt distance til stop og nærmeste rutepunkt

```

1 create procedure GetClosestBusAscProc(OUT busClosestEndPointAsc ↵
    int, Out routeLengthAsc float, OUT closestBusId int)

```

```
2 begin
3
4 drop temporary table if exists BussesOnRouteAsc;
5 create temporary table BussesOnRouteAsc (
6     autoId int auto_increment primary key,
7     busId int,
8     stopID int
9 );
10
11 insert into BussesOnRouteAsc (busId, stopID) select distinct Bus.↵
    ID, possibleRoutes.possRouteStopID from Bus
12 inner join possibleRoutes on Bus.fk_BusRoute = possibleRoutes.↵
    possRouteID
13 where Bus.IsDescending=false;
14
15 select count(busId) from BussesOnRouteAsc into NumberOfBusses;
16
17 while BusCounter <= NumberOfBusses do
18     select busId,stopID from BussesOnRouteAsc where autoId = ↵
        BusCounter into currentBusId,currentStopId;
19
20     select GetClosestEndpointAsc(currentBusId)
21         into closestEndPoint;
22
23     if(closestEndPoint <= currentStopId) then
24         select GPSPosition.Latitude, GPSPosition.Longitude from ↵
            GPSPosition where GPSPosition.fk_Bus = currentBusId
25         order by GPSPosition.ID desc limit 1 into busPos_lat, ↵
            busPos_lon;
26
27         select CalcRouteLengthAsc(busPos_lon, busPos_lat, ↵
            closestEndPoint, currentStopId) into currentBusDist;
28     else
29         set currentBusDist = 10000000;
30     end if;
31     if (currentBusDist < leastBusDist) then
32         set leastBusDist = currentBusDist;
33         set closestbID = currentBusId;
34         set closestEP = closestEndPoint;
35     end if;
36     set BusCounter = BusCounter + 1;
37 end while;
38 set busClosestEndPointAsc = closestEP;
39 set routeLengthAsc = leastBusDist;
40 set closestBusId = closestbID;
41
```

```
42 drop temporary table BussesOnRouteAsc ;  
43 END $$
```

Denne procedure modtager ingen parametre, da den kun bruger data sat i *possibleRoutes* tabellen fra fundet i forrige procedure. Hovedfunktionaliteten i denne procedure er, at at udregne hvilken bus, der er tættest på det valgte stoppested. Dette repræsenteres ved bussens ID. Igennem denne udregning findes der også to underresultater der skal bruges i senere udregninger; Distancen fra bussen hen til stoppestedet, samt det tætteste rute punkt bussen endnu ikke har nået.

Alle busser, som kører på en af de ruter i *possibleRoutes* og hvor *IsDescending* er sat til false (bussen kører fra første til sidste stoppested) udtages. Disse busser bliver parret med det ID stoppestedet har, i *BusRoute\_RoutePoint* tabellen og et auto-inkrementeret ID startende fra 1, og lagt ind i *BussesOnRouteAsc* tabellen. Herefter findes det antal af busser, der er blevet udtaget, og dette tal bruges til den øvre grænse for while-loopet. Den nedre grænse er blot en counter som sættes til 1 ved initiering.

While-loopets rolle er, at iterere igennem samtlige busser, og udregne distancen fra hver bus til dens parrede stoppested, hvorefter at vælge den bus der har den korteste distance til sit stoppested.

Først udregnes Det nærmeste rute punkt ved et kald til funktionen *GetClosestEndpointAsc*. Hvis dette rute punkt har et større ID end busstoppets, vil distancen fra bussen til stoppestedet sættes tallet til 10000000, altså meget højt. I en fysisk forstand vil dette ske, hvis bussen er kørt forbi det givne stoppested, og derfor ikke længere kan være den nærmeste bus til stoppestedet. Hvis rute punktet derimod har et mindre ID end stoppestedet vil de nyeste koordinater for bussen findes, og distancen fra bussen hen til stoppestedet vil udregnes ved et kald til funktionen *CalcRouteLengthAsc*.

Herefter undersøges der, om den givne bus har en mindre distance hen til stoppestedet end den bus med den nuværende korteste distance. *leastBusDist* er sættes til 100000, altså højt, men ikke lige så højt som det tal den nuværende distance sættes til, hvis bussen er kørt forbi stoppestedet. Dette vil betyde at ingen sådan bus, ved en fejl, kan vælges som den tætteste bus. Hvis denne bus derimod har en mindre distance end den nuværende korteste distance, vil den mindste distance sættes til denne. *IDet*, samt det tætteste rute-



punkt, for denne bus vil også sættes i denne situation. Til sidst vil den korteste distance, det tætteste rutepunkt samt IDet for den tætteste bus blive returneret.

I `GetClosestBusDescProc` (samme udregning, blot for rute der køre fra sidste til første stoppested), er der to definerende forskelle.

På kodeudsnit 18, kan den første ændring ses. I dette tilfælde hentes der kun busser ud hvor *IsDescending* er true, altså hvor den givne bus kører fra første til sidste stoppested.

#### Kodeudsnit 18: `GetClosestBusDescProc` forskel 1

```
1 ...
2 insert into BussesOnRouteDesc (busId,stopId) select distinct Bus.↵
    ID,          possibleRoutes.possRouteStopID from Bus
3 inner join possibleRoutes on Bus.fk_BusRoute = possibleRoutes.↵
    possRouteID
4 where Bus.IsDescending=true;
5 ...
```

På kodeudsnit 19, kan den anden ændring ses. Hvis en bus kører fra første til sidste stoppested, vil det nærmeste rutepunkt til bussen, have et større ID end stoppestedet, hvis bussen endnu ikke er kørt forbi. Derfor undersøges der her om rutepunktets ID er større eller ligmed stoppestedets ID, hvor der i `GetClosestBusAscProc` undersøges om det er mindre eller ligemed.

#### Kodeudsnit 19: `GetClosestBusDescProc` forskel 2

```
1 ...
2 if(closestEndPoint >= currentStopId) then
3 ...
```

### 9.1.4 Functions:

Igennem forløbet af *CalcBusToStopTime* proceduren, tages en del funktioner i brug. Disse bruges når kun en enkelt værdi behøves returneres. Funktionerne er delt om i to typer; Funktioner til udregning af relevant information til procedurene, samt matematik-

funktioner. Der vil ikke vises kodeeksempler for matematik funktionerne i dette afsnit, men der henvises til **IMPLEMENTATION-MATEMATIK**, for beskrivelser af disse. Som i *Stored Procedures*-afsnittet, er funktionerne bygget op parvist; En funktion til busser der kører fra første til sidste stop (ascending), samt en anden til busser, der kører fra sidste til første stop (descending). Der vil kun vises et kodeudsnit af ascending-funktionerne, hvorefter forskellene i descending-funktionerne beskrives. Kodeudsnittene vil ikke indeholde kommentarer eller initialiseringer af variable, så et bedre overblik af funktionalitet kan gives. For fulde kodeudsnit henvises der til bilags CDen i filen Functions under Kode/Database.

### GetClosestEndpointAsc og GetClosestEndpointDesc

Disse funktioner tages i brug i *GetClosestBusAscProc*- og *GetClosestBusDescProc* procedurene, og bruges til at finde IDet for det rutepunkt, en given bus er tættest på. Dette ID er dog ikke rutepunktet egentlige ID i *RoutePoint*-tabellen, men derimod dens ID i *BusRoute\_RoutePoint*-tabellen. Denne bus er defineret ved dens ID, givet til funktionen som dens eneste parameter. På kodeudsnit 20 kan *GetClosestEndpointAsc*-funktionen ses. Den er givet uden kommentarer eller initialisering af variabler.

Kodeudsnit 20: GetClosestEndpointAsc finder det tætteste punkt på ruten fra bussen

```

1 create function GetClosestEndpointAsc(busID int)
2 returns int
3 begin
4 drop temporary table if exists ChosenRouteAsc;
5 create TEMPORARY table if not exists ChosenRouteAsc(
6   id int primary key,
7   bus_lat decimal(20,15),
8   bus_lon decimal(20,15)
9 );
10
11 insert into ChosenRouteAsc (id,bus_lat,bus_lon)
12 select BusRoute_RoutePoint.ID, RoutePoint.Latitude, RoutePoint.↵
   Longitude from RoutePoint
13 inner join BusRoute_RoutePoint on BusRoute_RoutePoint.↵
   fk_RoutePoint = RoutePoint.ID

```

```

14 inner join Bus on Bus.fk_BusRoute = BusRoute_RoutePoint.fk_BusRoute
15 where Bus.ID = busID
16 order by (BusRoute_RoutePoint.ID) asc;
17
18 select ChosenRouteAsc.ID from ChosenRouteAsc order by id asc
    limit 1 into RouteCounter;
19 select ChosenRouteAsc.ID from ChosenRouteAsc order by id desc
    limit 1 into LastChosenID;
20
21 select GPSPosition.Latitude, GPSPosition.Longitude from
    GPSPosition where GPSPosition.fk_Bus = busID
22 order by GPSPosition.ID desc limit 1 into BusLastPosLat,
    BusLastPosLon;
23
24 while RouteCounter < LastChosenID do
25     select bus_lon from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into
        R1x;
26     select bus_lat from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into
        R1y;
27     select bus_lon from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter+1
        into R2x;
28     select bus_lat from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter+1
        into R2y;
29     set BusDist = CalcRouteLineDist(BusLastPosLon, BusLastPosLat,
        R1x, R1y, R2x, R2y);
30
31     if BusDist < PrevBusDist then
32         set PrevBusDist = BusDist;
33         set ClosestEndPointId = RouteCounter+1;
34     end if;
35     Set RouteCounter = RouteCounter + 1;
36 end while;
37 return ClosestEndPointId;
38 END$$

```

Ruten som den givne bus kører på hentes ud og gemmes i en temporary tabel. I denne tabel gemmes længde- og breddegrader, sammen med det ID punktet har, i *BusRoute\_RoutePoint*-tabellen. Da samtlige punkter ligges ind i databasen samtidig, efter en rute er skabt på hjemmesiden, garanteres det, at punterne ligger sekvensielt. Punkterne gemmes altså i rækkefølge i *BusRoute\_RoutePoint*, uden spring i ID'erne. Dette gør at punkterne kan itereres igennem, uden at der skal tages højde for spring, og kan sorteres efter ID i den rækkefølge man skal bruge (ascending for første til sidste stoppested, des-

ending for sidste til første stoppested). Det er meget sandsynligt at det første ID hentet ikke er et, Så det første og sidste punkt på ruten findes også, og bruges som den nedre og øvre grænse for while-lykken. På den måde vil der itereres igennem samtlige punkter på ruten, hvor IDet for første og sidste stop ikke har nogen betydning for funktionen. Inden while-løkken startes hentes bussens sidste position ud, så det ikke har nogen betydning hvis bussens position ændrer sig under itereringen af ruten.

Så længe *routeCounter* (det nuværende ID der undersøges) er *LastChosenID* (Det sidste ID på ruten), udtages punkterne for det nuværende ID og det næste. Således laves der et linjestykke spændt ud mellem to punkter, og afstanden fra bussen til dens tætteste punkt på dette linjestykke, udregnes i *CalcRouteLineDist*. Denne funktion er udelukkende matematisk og vil beskrives i **IMPLEMENTATION-MATEMATIK**. Hvis bussens position på et givent linjestykke ikke er gyldigt, vil 1000000, et stort tal, returneres. Dette tal vil være større end *prevBusDist* som har en initial værdi sat til 100000. Dette sørger for, at det givne endpoint ikke, ved en fejl, tælles med. Hvis den udregnede værdi af distancen til punktet på linjen, er mindre end den forrige distance, vil det næste punkt på ruten, i forhold til det punkt man undersøger, søttes til bussens tætteste. Ved en fuldent gennemiterering af ruten, vil bussens tætteste rutepunkt være fundet, og IDet for dette punkt returneres.

I *GetClosestEndpointDesc* er der nogle enkelte forskelle, som her vil beskrives. På kodeudsnit 21, kan det ses hvordan ruten nu hentes ud i en tabel, hvor der sorteres efter IDet i *BusRoute\_RoutePoint* tabellen, i faldende rækkefølge.

Kodeudsnit 21: *GetClosestEndpointDesc* forskel 1

```

1 ...
2 insert into ChosenRouteDesc (id,bus_lat,bus_lon)
3 select BusRoute_RoutePoint.ID, RoutePoint.Latitude, RoutePoint↵
   .Longitude from RoutePoint
4 inner join BusRoute_RoutePoint on BusRoute_RoutePoint.↵
   fk_RoutePoint = RoutePoint.ID
5 inner join Bus on Bus.fk_BusRoute = BusRoute_RoutePoint.↵
   fk_BusRoute
6 where Bus.ID = busID
7 order by(BusRoute_RoutePoint.ID) desc;
8 ...

```

På kodeudsnit 22 ses det hvordan, der nu læses i modsat rækkefølge fra *ChosenRouteDesc* tabellen. *RouteCounter* er nu den øverste grænse, og *LastChosenID* er nu den nedre. Der læses nu også i omvendt rækkefølge fra tabellen, da IDerne nu er faldende. Det vil også sige, at *RouteCounter* dekrementeres i stedet for inkrementeres i slutningen af hver iteration.

#### Kodeudsnit 22: GetClosestEndpointDesc forskel 2

```

1 ...
2 select ChosenRouteDesc.ID from ChosenRouteDesc order by id asc ↵
   limit 1 into LastChosenID;
3 select ChosenRouteDesc.ID from ChosenRouteDesc order by id desc ↵
   limit 1 into RouteCounter;
4 ...
5 while RouteCounter > LastChosenID do
6   select bus_lon from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter ↵
      into R1x;
7   select bus_lat from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter ↵
      into R1y;
8   select bus_lon from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter-1 ↵
      into R2x;
9   select bus_lat from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter-1 ↵
      into R2y;
10 ...
11 Set RouteCounter = RouteCounter - 1;
12 ...

```

#### CalcRouteLengthAsc og CalcRouteLengthDesc

Disse funktioner tages i brug i *GetClosestBusAscProc*- og *GetClosestBusDescProc* procedurene. De bruges til at udregne afstanden fra en bus til det valgte stoppested. Funktionerne modtager et koordinat-sæt for bussen, IDet for bussens tætteste rutepunkt fra forrige funktioner, samt ID et på stoppestedet. Bemærk at disse IDer er hentet fra *BusRoute\_RoutePoint* tabellerne og symboliserer derfor rutepunktet og stoppestedets placering på ruten, og ikke deres egentlige IDer i *RoutePoint* og *BusStop* tabellerne. Funktionerne er ikke meget forskellige, ud over hvilken ChosenRoute tabel fra forrige funktioner, der tages i brug. Herudover itereres der også i omvendt rækkefølge. Der vises kodeudsnit for *CalcRouteLengthAsc*, hvorefter funktionen forklares i detaljer. Til sidst forklares forskellene mellem *CalcRouteLengthAsc* og *CalcRouteLengthDesc* mere detaljeret. På kodeudsnit

?? kan funktionen ses uden kommentarer eller initialiseringer uden værdi. Dette gøres for at bevare det funktionelle overblik.

#### Kodeudsnit 23: CalcRouteLengthAsc. Udregner afstanden fra bus til stoppested

```

1 drop function if exists CalcRouteLengthAsc $$
2 create function CalcRouteLengthAsc(bus_pos_lon decimal(20,15), ←
    bus_pos_lat decimal(20,15), BusClosestEndPointID int, ←
    busStopId int)
3 returns float
4 BEGIN
5 declare RouteCounter int default BusClosestEndPointID;
6
7 select bus_lon from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into ←
    R2x;
8 select bus_lat from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into ←
    R2y;
9 set BusToStop = Haversine(R2y, bus_pos_lat, R2x, bus_pos_lon);
10
11 while RouteCounter < busStopId do
12     select bus_lon from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into←
        R1x;
13     select bus_lat from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter into←
        R1y;
14     select bus_lon from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter+1 ←
        into R2x;
15     select bus_lat from ChosenRouteAsc where id = RouteCounter+1 ←
        into R2y;
16     set BusToStop = BusToStop + Haversine(R2y, R1y, R1x, R2x);
17     set RouteCounter = RouteCounter+1;
18 end while;
19 drop temporary table ChosenRouteAsc;
20 return BusToStop;
21 END$$

```

*RouteCounter* initialiseres til det tætteste rutepunkt, hvorefter dette ID bruges til at hente det første koordinatsæt ud fra *ChosenRouteAsc*. Dette koordinat sæt bruges sammen med bussens koordinater til at udregne afstanden fra bussen til rutepunktet. Denne udregning sker i den anden matematik funktion, Haversine. Denne funktion finder afstanden mellem to koordinater i fugleflugt. Funktionen vil ikke beskrives videre i dette afsnit, for mere information henvises der til afsnittet **IMPLEMENTERING-MATEMATIK**. Herefter itereres der igennem ruten, hvor IDet for det tætteste rutepunkt på bussen er den nedre

grænse, og IDet for stoppestedet er den øvre. Ved hver iteration findes afstanden mellem det nuværende punkt og det næste, og den totale afstand inkrementeres med denne værdi. Til sidst returneres den totale afstand.

I *CalcRouteLengthAsc* gøres der brug af *ChosenRouteDesc* tabellen i stedet for *ChosenRouteAsc*. Desuden bruges IDet for stoppestedet nu som den nedre grænse og det tætteste rutepunkt som den øvre, og *RouteCounter* dekrementeres i stedet. Dette kan ses på kodeudsnit ??

#### Kodeudsnit 24: CalcRouteLengthDesc forskel

```

1 ...
2 while RouteCounter > busStopId do
3   select bus_lon from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter ↵
      into R1x;
4   select bus_lat from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter ↵
      into R1y;
5   select bus_lon from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter-1 ↵
      into R2x;
6   select bus_lat from ChosenRouteDesc where id = RouteCounter-1 ↵
      into R2y;
7 ...
8   set RouteCounter = RouteCounter-1;
9 ...

```

#### CalcBusAvgSpeed

Denne funktion tages i brug i slutningen af *CalcBusToStopTime* proceduren, og bruges til at udregne bussens gennemsnitshastighed. Dette bruges sammen med bussens afstand til stoppestedet, til at udregne hvor lang tid der er tilbage, før bussen når stoppestedet. Funktionen modtager IDet på et bus som den eneste parameter.

Da det i denne funktion er ligegyldigt, hvilken rute bussen kører på, er det også ligegyldigt hvilken vej den kører. Derfor er det kun nødvendigt at have en funktion til at udregne gennemsnitshastigheden. På kodeudsnit. På kodeudsnit ?? kan funktionen ses uden kommentarer eller initialiseringer uden værdi. Dette gøres for at bevare det funktionelle overblik. Efter udsnittet forklares funktion detaljeret.

#### Kodeudsnit 25: CalcBusAvgSpeed. Udregner gennemsnitshastigheden for en bus. label

```
1  create function CalcBusAvgSpeed(BusId int)
2  returns float
3  begin
4  drop temporary table if exists BusGPS;
5  create TEMPORARY table if not exists BusGPS(
6  id int auto_increment primary key,
7  pos_lat decimal(20,15),
8  pos_lon decimal(20,15),
9  busUpdateTime time
10 );
11
12 insert into BusGPS (pos_lat, pos_lon, busUpdateTime)
13 select GPSPosition.Latitude, GPSPosition.Longitude, GPSPosition.↵
    Updatetime from GPSPosition
14 where GPSPosition.fk_Bus=BusId order by GPSPosition.ID asc;;
15
16 select count(id) from BusGPS into MaxPosCounter;
17 while PosCounter < MaxPosCounter do
18
19 select pos_lon from BusGPS where id= PosCounter into R1x;
20 select pos_lat from BusGPS where id= PosCounter into R1y;
21 select pos_lon from BusGPS where id = PosCounter+1 into R2x;
22 select pos_lat from BusGPS where id = PosCounter+1 into R2y;
23
24 set Distance = Distance + Haversine(R2y, R1y, R1x, R2x);
25 select busUpdateTime from BusGPS where id= PosCounter into ↵
    ThisTime;
26 select busUpdateTime from BusGPS where id = PosCounter+1 into ↵
    NextTime;
27 set secondsDriven = secondsDriven + (Time_To_Sec(NextTime) - ↵
    Time_To_Sec(ThisTime));
28 set PosCounter = PosCounter + 1;
29 end while;
30 set speed = Distance/secondsDriven;
31 drop temporary table BusGPS;
32 return speed;
33 end $$
```

Første udhentes alle GPS position og opdaterings tiderne for disse, for det relevante bus ID. Dette data indskrives i BusGPS, en temporary tabel, med et ID, som autoinkrementeres fra 1. Antallet af GPS opdateringer fundet for den givne bus, bruges i en while-løkke som den øvre grænse. En counter instantieres til et, og bruges som den nedre grænse.

Ved hver iteration hentes den opdatering af bussens position, hvis ID i BusGPS svarer til counteren. Den næste opdatering i rækken hentes også ud, og afstanden mellem de to



punkter udregnes ved hjælp af Haversine funktionen. Den totale afstand inkrementeres med den udregne afstand. Herefter findes opdateringstiden for det første punkt, samt opdateringstiden for det næste. De to tidspunkter omregnes til sekunder, og tiden for det først punkt trækkes fra tiden for det næste. Således findes den tid, det har taget bussen at køre det linjestykke, som spændes over de to punkter. Den totale tid inkrementeres med den fundende tid.

Efter fuldent gennemiterering af bussens positioner, divideres den total afstand med tiden det har taget at køre afstanden. Således findes gennemsnitshastigheden, og denne værdi returneres.

### **Haversine og CalcRouteLineDist**

Disse to funktioner vil ikke vises som kodeudsnit, da de blot er MySQL implementeringer af matematiske funktioner.

Haversine bruges til at udregne afstanden mellem to punkter, i en fugleflugt. CalcRouteLineDist bruges til at udregne afstanden fra et punkt, til det nærmeste punkt på en linje, udspændt af to andre punkter. Udregninger vil blive vist og forklaret nærmere under afsnittet **IMPLEMENTERING-MATEMATIK**.

## **9.2 Implementering af persistens**

Datapersistering og datahentning er vigtig komponent i dette system. Implementering af persistens vil derfor blive beskrevet meget nøje, og herunder delt op i tre dele; Implementering i mobilapplikation, Implementering i simulator og Implementering i online værktøjer. Hver del vil ikke have en beskrivelse af den fulde implementering, men blot repræsenteret af væsentlige dele. For fuld implementering af persistens henvises der til bilags CDen, i den respektive komponent under mappen Kode.

### **9.2.1 Implementering af persistens i mobilapplikationen**

Persistering i denne komponent falder i to underpunkter. Dette er fordi, denne komponent er den eneste, som har kontakt til to databaser; Den distribuerede MySQL database samt den lokale SQLite database. Disse to vil blive beskrevet i separate afsnit.

## Tilgang til MySQL databasen

Mobilapplikationen har aldrig direkte tilgang til den distribuerede database. Tilgang sker i afsnittet *Implementering af online værktøjet* i underafsnittet *Mobilservice*.

Applikation kommunikerer med den databasen igennem en service, og altid kun som en læsning. Dette gør det muligt at tilgå databasen fra flere enheder, da en database læsning er trådsikker. Grunden til at der bliver gjort brug af en service er, at databasen tilgangen skal kunne gemmes væk fra brugeren, således en person ikke kan få fuld tilgang til databasen igennem sin mobil.

Selve kommunikationen med servicen sker igennem en SoapProvider. SOAP står for Simple Object Access Protocol, og bruges som et transportmetode til XML beskeder. Når mobilen tilgår servicen opretter den en SOAP-envelope, der indeholder information om, hvilken metoden der skal kaldes, under hvilket namespace metoden ligger, samt eventuelle parametre metoden modtager og parametre navnene. På kodeudsnit 26 kan en generisk oprettelse og transivering af en SoapEnvelope ses.

### Kodeudsnit 26: Generisk SoapEnvelope.

```
1 SoapObject request = new SoapObject(NAMESPACE, METHOD_NAME);
2 request.addProperty(PARAMETER_NAME, PARAMETER_VALUE);
3 SoapSerializationEnvelope envelope = new ↵
    SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VER11);
4 envelope.dotNet = true;
5 envelope.setOutputSoapObject(request);
6 HttpTransportSE androidHttpTransport = new HttpTransportSE(↵
    URL_OF_SERVICE);
7 androidHttpTransport.call(NAMESPACE+METHOD_NAME, envelope);
8 SoapObject response = (SoapObject)envelope.getResponse();
```

Requestet oprettes som et SoapObject, hvor metodenavnet, samt det namespace metoden ligger i, gives med. Disse to parametre er simple strings. Til metodekaldet kan der tilføjes parametre ved addProperty metode, som tager imod et parameter navn og en parameter værdi, begge to strings. Envelopen bliver oprettet og en versionsnummer bliver givet med, der definerer hvilken version af protokollen der skal tages i brug. I vores projekt har vi udelukkende gjort brug af version 1.1. dotNet flaget er sat til true, da vores service er skabt i ASP.NET. Request-objektet sættes i envelopen, og kommunikerer med servicen

over HTTP. Efter den relevante metode er færdigjort på servicen bliver returværdien sat i envelopen, og et SoapObject indeholdende de returnerede værdier fås ved et kald til `getResponse` på envelopen.

Et SoapObject er reelt set et XML-træ, som kan itereres igennem. Et eksempel på et sådan XML-struktur kan ses i afsnittet *8.2.4 Komponent: Webservice*

Et fuldt eksempel på et kald til servicen kan ses på kodeudsnit 27. Denne funktion bruges til at hente samtlige busser med et givent busnummer, og returnere dem som en ArrayList. Vil alt efter SoapObject responset forklæres.

**Kodeudsnit 27: GetBusPos. Returnerer alle bussers position på en given rute.**

```

1
2 final String NAMESPACE = "http://TrackABus.dk/Webservice/";
3 final String URL = "http://trackabus.dk/AndroidToMySQLWebService.asmx";
4 ...
5 public ArrayList<LatLng> GetBusPos(String BusNumber)
6 {
7     ArrayList<LatLng> BusPoint = new ArrayList<LatLng>();
8     try
9     {
10         SoapObject request = new SoapObject(NAMESPACE, "GetbusPos");
11         request.addProperty("busNumber", BusNumber);
12         SoapSerializationEnvelope envelope = new SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VER11);
13         envelope.dotNet = true;
14         envelope.setOutputSoapObject(request);
15         HttpTransportSE androidHttpTransport = new HttpTransportSE(URL);
16         androidHttpTransport.call(NAMESPACE+"GetbusPos", envelope);
17         SoapObject response = (SoapObject)envelope.getResponse();
18
19         for(int i = 0; i<response.getPropertyCount(); i++)
20         {
21             double a = Double.parseDouble(((SoapObject)response.getProperty(i)).getProperty(0).toString().replace(",","."));
22             double b = Double.parseDouble(((SoapObject)response.getProperty(i)).getProperty(1).toString().replace(",","."));

```

```
23         BusPoint.add(new LatLng(a, b));
24     }
25 }
26 catch(Exception e)
27 {
28     return null;
29 }
30 return BusPoint;
31 }
```

Metoden på servicen returnerer en liste, indeholdende typen "Point", som er en custom datatype lavet i servicen. Denne har to attributer, Latitude og Longitude, som begge er strings. `getPropertyCount()` returner længden af denne liste, og bruges til at iterere igennem den.

Det første kald af `getProperty` på responset, returnerer "Point" datatypen. Denne property castes til et nyt SoapObjekt, hvor `getPropety` kaldes igen. Rækkefølgen af propeties i et SoapObject, defineres af rækkefølgen de bliver oprettet i, i datatypen. I "Point" kommer latitude først og longitude kommer bagefter. `GetProperty(0)` på et "Point" SoapObjekt vil derfor returnerer latitude og `GetProperty(1)` returnerer longitude. Begge bliver castet til en string, og decimalpoint sættes til et dot frem for et komma. Dette gøres da ASP.NET tager et decimalpoint som værende komma.

Da applikationen er lavet til Android bruges biblioteket ksoap2, som er specifik for android. I dette bibliotek ligger alle funktioner, der er nødvendige for brug af SOAP. For mere information om protokolen henvises der til afsnittet: "REFERENCE" under SOAP.

### Tilgang til SQLite databasen

Når en busrute favoriseres gemmes alt data om denne i en lokal SQLite database. Dette gøres for at spare datatrafik for ruter, som brugeren ville tage i brug ofte. Samtidig muliggøres det også, at brugeren kan indlæse en rute med stoppestedder, uden at have internet. Hvis kortet samtidig er cachet (Google Maps cacher indlæste kort), kan kortet også indlæses og indtegnes.

Der er gjort brug af en ContentProvider i denne sammenhæng, som abstraherer data-access laget, så flere applikationer kan tilgå databasen, med den samme protokol, hvis det skulle være nødvendigt.

En ContentProvidere tilgås igennem et kald til `getContentResolver()`, hvorefter der kan

kaldes til de implementerede CRUD-operationer. En ContentProvider skal defineres i projektets AndroidManifest, før den kan tilgås. Dette gøres ved at give den et navn, samt en autoritet, som er den samme værdi som navnet.

Da ContentProvideren blot er et transportlag mellem brugeren og databasen, er det nødvendigt for den, at kende den egentlige database. Dette er gjort ved at lave en inner class til provideren, som extender SQLiteOpenHelper. Denne klasse indeholder create proceduren, samt muligheden for at kunne tilgå både en læsbar og skrivbar version af databasen. Create proceduren bliver kørt hvis databasen med det valgte navn ikke eksisterer i forvejen, og bruges til at oprette databasen og tabellerne deri. En SQLite database gør, som default, ikke brug af foreign key constraints. Det er derfor blevet implementeret sådan, at foreign key constraints aktiveres hver gang databasen åbnes.

Hver CRUD-operation modtager et URI, der skal være en kombination af en identificeren "content://", en authority (ContentProviderens placering i projektet) samt evt. en tabel og en underoperation. Hvis en given CRUD-operation på ContentProvider siden er lavet, sådan at der altid gøre det samme (f.eks. en query der altid returner alt data i den samme tabel), vil identificeren og autoriteten være nok, til at kunne tilgå denne operation. Hvis tilgangen derimod skal være specifik for en given tabel, og evt. underoperation kan en UriMatcher tages i brug. Denne kobler et URI med en given værdi, hvorefter der i operationen kan laves en switch/case der matcher det medsendte URI, og vælger en operation ud fra dette. På 28 ses et eksempel på, hvordan dette er implementeret i systemet. Det skal noteres at dette ikke er komplet implementering, men blot et udsnit. Kommentarer vises ved "!!"

Kodeudsnit 28: GetBusPos. ContentProvider implementering.

```
1 !!ContentProvider class!!
2 public static final String AUTHORITY = "dk.TrackABus.↵
    DataProviders.UserPrefProvider";
3 public static String BUSSTOP_TABLE = "BusStop";
4 private static final int BUSSTOP_CONTEXT = 1;
5 private static final int BUSSTOP_NUM_CONTEXT = 2;
6 ...
7 static {
```

```

8  uriMatcher = new UriMatcher(UriMatcher.NO_MATCH);
9  uriMatcher.addURI(AUTHORITY, BUSSTOP_TABLE, BUSSTOP_CONTEXT);
10 uriMatcher.addURI(AUTHORITY, BUSSTOP_TABLE+"/#", ←
    BUSSTOP_NUM_CONTEXT);
11 }
12 ...
13 public Cursor query(Uri uri, String[] projection, String ←
    selection,
14     String[] selectionArgs, String sortOrder)
15 String Query;
16 SQLiteDatabase db = dbHelper.getReadableDatabase()
17 switch(uriMatcher.match(uri))
18 {
19     case BUSSTOP_CONTEXT:
20         routeID = selection;
21         query = !!Query to get all busstops and their position on a ←
            route with id being RouteID!!
22         returningCursor = db.rawQuery(query, null);
23         break;
24     case BUSSTOP_NUM_CONTEXT:
25         stopID = uri.getLastPathSegment();
26         query = !!Query to get a single bustop with id being stopID!!
27         returningCursor = db.rawQuery(query, null);
28     default
29         return null;
30 }
31 return returningCursor;
32
33 ...
34 !!BusStop model class!!
35 public static final Uri CONTENT_URI = Uri.parse("content://"
36     + UserPrefProvider.AUTHORITY + "/BusStop");
37
38 ...
39 !!Hentningen af stoppesteder!!
40 getContentResolver().query(UserPrefBusStop.CONTENT_URI, null, ←
    RouteID, null, null);
41 String StopID = !!Some ID!!
42 String specifikStop = UserPrefBusStop.CONTENT_URI.toString() + "/"←
    "+ StopID;
43 getContentResolver().query(Uri.parse(specifikStop), null, null, null←
    , null);

```

Den første del af kodeeksemplet viser oprettelsen af URIMatcheren. Hvis UriMatcheren kender det ID den bliver givet ved UriMatcher.match, vil den returnere en værdi, der svarer til den, den er blevet givet ved oprettelse. Herefter ses et eksempel på query-metoden.

Hvis URIet kun indeholder BusStop udover autoriteten, vælges BUSSTOP\_CONTEXT, og der hentes alle stoppesteder, som er relevant for den rute der sættes i selection parameteren. Hvis tabellen efterfølges af et nummer i URIet, vælges BUSSTOP\_NUM\_CONTEXT, og der hentes kun det stoppested som har det ID sat i URIet.

Til samtlige tabeller i SQLite databasen er der lavet en model klasse. Disse klasser indeholder kun statiske variabler. Disse definerer den givne tabels kolonner samt den URI ContentProvideren skal have med for at tilgå den tabel, modellen definerer.

I sidste del af kodeafsnittet kan det ses, hvordan ContentProvideren tilgås. Det første kald tilgår query funktionen under BUSSTOP\_CONTEXT, og henter alle stoppesteder ud for ruten hvor IDet er "RouteID". Det andet kald tilgår også query funktionen men under BUSSTOP\_NUM\_CONTEXT, og henter stoppestedet ud hvor IDet er "StopID".

### 9.2.2 Implementering af persistens i simulator

Simulatoren implementerer persistens i form af at hente ruter, opdatere hvilken vej en bus kører, samt udregne og persistere ny GPS position for en bus. Samtlige busser kører i deres egen tråd i simulatoren, derfor er det vigtigt at håndtere trådsikkerhed når databasen skal tilgås. DatabaseAccess klassen tager sig af selve databasen tilgangen, og indeholder to funktioner; En til at skrive til databasen, samt en til at læse. Begge funktioner er statiske, og indeholder en binær semafor, således kun en tråd af gangen kan tilgå databasen. Hvis en tråd allerede er igang med en datahentning eller -skrivning, vil den anden tråd tvinges til at vente, til processen er færdig. Begge funktioner modtager en string, som er den kommando der skal udføres på database. Funktionen der læser fra databasen tager yderligere en liste af strings, som indeholder de kolonner der skal læses fra. Efter fuldent tilgang returneres en liste af strings, med de værdier der er blevet hentet.

Databasen tilgangen bliver håndteret med i biblioteket MySQL.Data. Da simulatoren er lavet i Visual Studio 2012, og er en WPF-applikation, er der blot gjort brug af NuGet til at hente og tilføje dette library til programmet. Forbindelsesopsætningen ligger i App.config filen, og hentes ud når der skal bruges en ny forbindelse. På kodeudsnit 29 ses funktionen der læser fra databasen, samt hvordan den tilgås. Kun denne vil vises, da det er den mest interessante. Fuld kode kan findes på bilags CDen under Kode/Simulator.

## Kodeudsnit 29: Simulator. Select statement.

```

1 public static bool SelectWait = false;
2 public static List<string> Query(string rawQueryText, List<string>↵
    columns)
3 {
4     while(SelectWait)
5     {
6         Thread.Sleep(10);
7     }
8     SelectWait = true;
9     using(MySqlConnection conn = new MySqlConnection(↵
        ConfigurationManager.ConnectionStrings["TrackABusConn"].↵
        ToString()))
10    {
11        using(MySqlCommand cmd = conn.CreateCommand())
12        {
13            try
14            {
15                List<string> returnList = new List<string>();
16                cmd.CommandText = rawQueryText;
17                conn.Open();
18                MySqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
19                while (reader.Read())
20                {
21                    foreach (string c in columns)
22                    {
23                        returnList.Add(reader[c].ToString());
24                    }
25                }
26                reader.Close();
27                conn.Close();
28                SelectWait = false;
29                return returnList;
30            }
31            catch(Exception e)
32            {
33                SelectWait = false;
34                return null;
35            }
36        }
37    }
38 }
39 ...
40 String query = "Select BusRoute.ID from BusRoute";
41 List<string> queryColumns = new List<string>(){ "ID" };
42 List<string> returnVal= DatabaseAcces.Query(query, queryColumns);

```



Som det ses, ventes der i starten af funktionen på, at semaforen frigives. Hvis tråden skal tilgå databasen og en anden tråd allerede er igang, ventes der på, at den låsende tråd gør processen færdig og sætter `SelectWait` til `false`.

Når forbindelsen oprettes, gives den en configurations string. Denne string indeholder Database navn, server, brugernavn og password, som er alt hvad forbindelsen skal bruge, for at tilgå databasen. Af denne forbindelse laves der en kommando, som indeholder alt den information som skal eksekveres på forbindelsen. Ved kaldet til `ExecuteReader()`, udføres kommandoen og en reader returneres med de rækker der kunne hentes ud fra den givne query. I skrivnings funktionen ville `ExecuteNonQuery()`, blive kaldt i stedet, da der, i dette tilfælde, ikke skulle returneres noget data. Readeren repræsenterer en række, og når `Read()` bliver kaldt på den, læser den næste række. Hvis `Read()` returner `false`, er der ikke flere rækker at læse. Når data skal hentes ud fra reader, kan man enten vælge at bruge index (kolonne nummeret i rækken), eller kolonnenavn. I dette tilfælde gives samtlige kolonner med som en parameter, og derfor læses der på navn. Til sidst frigøres semaforen og læst data returneres.

I slutningen af kodeudsnittet kan det ses, hvordan denne funktion tilgås. Først laves der en query, som i dette tilfælde henter samtlige Busrute ID'er. Herefter oprettes der en liste af de kolonner der skal hentes hvorefter Query funktionen kaldes med begge værdier.

### 9.2.3 Implementering af persistens i online værktøjet

Online værktøjet er todelt i mobil service og hjemmeside. Begge dele er lavet i ASP.NET, og derfor vil database tilgangs proceduren være ens med simulatoren. Servicen står for at lade mobil applikationen tilgå data på MySQL databasen, hvilket også betyder, at funktionerne kun læser data. Ved et kald til servicen vil læst data pakkes ved hjælp af SOAP, som er beskrevet tidligere i dette afsnit.

Servicen står i midlertid også for at kalde tidsudregnings proceduren på databasen, hvilket er et anderledes kald, end en læsning. På kodeudsnit 30 ses det, hvordan servicen tilgår denne procedure. Det skal noteres at det ikke er den fulde funktion der vises, men blot et udsnit, og derfor kun viser de vigtigste dele. Herved vises der ikke hvordan forbindelsen og kommandoen laves, da oprettelsen er ens med simulatoren.

## Kodeudsnit 30: Service. Udsnit af kald til tidsudregnings procedure

```
1 ...
2 cmd.CommandText = "CalcBusToStopTime";
3 cmd.CommandType = System.Data.CommandType.StoredProcedure;
4 ...
5 cmd.Parameters.Add("?stopName", MySqlDbType.VarChar);
6 cmd.Parameters["?stopName"].Value = StopName;
7 cmd.Parameters["?stopName"].Direction = System.Data.ParameterDirection.Input
8 ...
9 cmd.Parameters.Add(new MySqlParameter("?TimeToStopSecAsc", ←
    MySqlDbType.Int32));                                cmd.Parameters["?←
    TimeToStopSecAsc"].Direction = System.Data.ParameterDirection.←
    Output;
10 ...
11 cmd.ExecuteNonQuery();
12 ...
13 string TimeToStopAsc = cmd.Parameters["?TimeToStopSecAsc"].Value.←
    ToString();
14 string EndStopAsc = cmd.Parameters["?EndBusStopAsc"].Value.←
    ToString();
```

I kodeudsnittet kan det ses, hvordan der i kodeudsnittet, i forrige afsnit, blev tilføjet en kommandotext bestående af en MySQL string, nu bliver tilføjet flere værdier til kommandoen. Først og fremmest bliver kommandotypen sat som værende en stored procedure. Herefter kan det ses hvordan både en input og en output parameter bliver sat i kommandoen. Parameterne bliver givet et navn, samt en datatype, hvorefter de gives en værdi hvis de er input parametre. Herefter gives parameteren en retning; Input hvis de er værdier der skal læses i proceduren og output hvis de skal skrives til. Efter proceduren er kørt, vil output parameterne nu kunne læses, med de værdier der er blevet udregnet. I dette tilfælde er der kun vist to parametre, men antallet og deres navne og retning, skal passe overens med den procedure der er lavet på database siden. I afsnittet *9.1.2: Stored Procedures* kan der læses om trådsikkerheden for proceduren.

Da databasetilgangen på hjemmesiden kun er flertrådet når der læses, er systemet trådsikkert. Når der læses vil det altid ske i hovedtråden. Databasen tilgås ligesom servicen og simulatoren ved hjælp af `MySQL.Data` biblioteket, og tilgås kun i form af simple CRUD-operationer. Der vil derfor ikke vises et kodeeksempel, det dette anses som værende

beskrevet i tidligere afsnit.

## 10 GENERELLE DESIGNBESLUTNINGER

### 10.1 Arkitektur mål og begrænsninger

Der var ikke fastsat nogen funktionelle krav til udviklingsværktøjer eller arkitektur fra produktplæget, og derfor blev produktet udviklet med de værktøjer, der var mest erfaring i. Da projektet dog bygger ovenpå en eksamensopgave udført i ITS MAP, som var android baseret, blev det fastsat, at mobilapplikationen skulle udføres på samme android platform. Simulatoren er udbygget i WPF med .NET 4.5 frameworket, hvilket betyder at simulatoren skal bruges på en Windows platform.

En domænenavn blev købt hos UnoEuro, til at holde administrator delen af produktet, samt den destruerede database. Dette domæne satte visse begrænsninger for systemet, da kun en MySQL database var supporteret, og der skulle vælges imellem PHP og ASP.NET. Da ASP.NET er C# baseret, blev denne mulighed valgt, da projektgruppen havde mere erfaring med dette, end med PHP.

### 10.2 Arkitektur mønstre

Nedenstående liste er en opremsning af de arkitekturmønstre, der er anvendt i systemet. Under listen er de forskellige mønstre dokumenteret.

- Tre-lags model
- MVC (Model-View-Controller)
- ContentProvider
- Bound Service

#### Tre-Lags model

Tre-lags modellen bruges i sammenhæng med separation-of-concerns, til at splitte et projekt op i præsentation, logik og data tilgang. Præsentations laget sørger for at håndtere alt visuelt, logik laget laver manipulationer på data, og data tilgangen sørger for at tilgå

de eksterne data kilder og hente relevant data.

Se [http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Multitier_architecture) for mere dokumentation.

## MVC

En afart af tre-lags modellen og bruges i sammenhæng med hjemmeside design i ASP.NET. Viewet præsenterer data for brugeren, hentet fra modellen. Brugeren har også mulighed for at tilgå controlleren igennem viewet og ændre data sat i model-laget. Efter kaldet, vil viewet blive opdateret med de nye ændringer.

Se <http://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller> for mere dokumentation.

## ContentProvider

En androidspecifik metode til at tilgå data. Bruges i sammenhæng mellem data-delning, mellem applikationer. Ved at bruge forskellige URler, kan et kald til samme funktion, tilgå forskellige funktionaliteter.

Se <http://developer.android.com/reference/android/content/ContentProvider.html> for mere dokumentation.

## BoundService

Et androidspecifik interface til en client/server implementering. Når en service er bound, kan den kun tilgås i den givne applikation, i de klasser der binder til den. Efter service kaldet er færdiggjort, returneres der til den kaldende klasse, med den givne messagehandler.

Se <http://developer.android.com/guide/components/bound-services.html> for mere information.

## 10.3 Generelle brugergrænsefladeregler

Kravene til brugergrænsefladen kan deles op i to kategorier:

- Arkitekturspecifikke
- Udseendesspecifikke

Begge er beskrevet herunder

### 10.3.1 Arkitekturspecifikke

Samtlige brugergrænseflader er bygget op på tre-lags modellen, som beskrivet i afsnit 10.2.1 - *Tre-lags model*. Dette er gjort på baggrund af at, brugergrænsefladen nemt kan skiftes ud, hvis det skulle blive nødvendigt, hvilket betyder en lavere kobling mellem data og præsentation. Hjemmesiden er bygget op som på baggrund af MVC, som er en specifik ASP.NET. Dette gør, ligesom tre-lags modellen, at hver komponent er udskiftelig, uden at der er behov for, at ændringer foretages i viewet.

### 10.3.2 Udseendesspecifikke

Under applikations udvikling, blev det besluttet, at bruge to nuancer af rød, til opbygning af grænsefladen. Disse to er baseret på "midttrafik rød", da det ville være dette firma, applikation skulle udvikles til, hvis et firma skulle kobles på projektet.

## 10.4 Exception og fejlhåndtering

### 10.4.1 Fejlhåndtering ved tab af internet forbindelse

Da systemet er meget afhængigt af kommunikation med den distribuerede database, håndtere der i samtlige komponenter at forbindelsen til internet kan gå tabt.

- Mobil applikationen sørger for, at hvis internettet går tabt, bliver brugeren notificeret at der ikke er internet længere, og derfor kan den givne funktion ikke længere udføres. Applikation sørger for, at, hvis forbindelsen genetableres fortsættes den givne funktion. Dette er mest relevant under opdatering af bussers position og/eller tid til valgt stop. En BroadcastReceiver bruges i sammenhæng med at undersøge forbindelsen til internettet. Når der sker en ændring i WIFI, eller i det mobile data netværk, vil denne undersøge, om der efter den nye ændring er tilgang til internettet. Et statisk flag sættes i klassen som symboliserer telefons forbindelse til netværk. Hvis denne er sat til false, vil data ikke hentes, og en fejlbesked vil vises.
- Simulatoren sørger for, at brugeren bliver notificeret hvis der ikke er net, og pauser således systemet, indtil at nettet kan tilgås igen.

- I tilfælde af, at internettet forsvinder i mens en hjemmeside er indlæst, og en database-tilgangs funktion tilgås, er der sat et timeout på database på to sekunder. Hvis dette timeout nås, vil administratoren notificeres at internettet ikke kan tilgås.

## **10.5 Implementeringssprog og værktøjer**

Herunder beskrives udviklingsværktøjer. Afsnittet er ikke ment som et udtømmende afsnit, og derfor vil alle værktøjer der har været brugt under projektet, ikke nødvendigvis beskrives.

### **10.5.1 C#**

Hjemmesidens controllers samt simulatoren er skrevet i C#. Dette er gjort, da begge gør brug af .NET frameworket og den biblioteker.

### **10.5.2 Java**

Mobil-applikation er skrevet i Java, som er standard for android applikationer

### **10.5.3 HTML, CSS og JavaScript**

Selve viewet på administrator værktøjet, er bygget op som en standard hjemmeside. Det vil sige med HTML, CSS og JavaScript.

### **10.5.4 MySQL**

Den distriberede database er baseret på MySQL, og derfor er oprettelse, funktioner og procedurer skrevet i dette sprog.

### **10.5.5 Microsoft Visual Studio 2012**

Administrator delen og simulatoren er bygget på .NET frameworket, og derfor skrevet i Visual Studio.

### 10.5.6 Eclipse

Mobil-applikationen er skrevet til Android, og det værktøj som projektgruppen havde mest erfaring med, var Eclipse.

### 10.5.7 MySQL Workbench

Dette program er brugt til at opsætte og ændre MySQL databasen.

### 10.5.8 Microsoft Visio 2013

Samtlige diagrammer i dette dokument er udbygget ved hjælp af Visio. Der er nogle enkelte diagrammer i kravspecifikationen der er blevet ved hjælp af online-værktøjet [creately.com](http://creately.com)

### 10.5.9 GIT

Til versions styring er der blevet gjort brug af GIT, og commandline værktøjet GIT shell.

### 10.5.10 TexMaker

Alt dokumentation er skrevet i L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X og som editerings-værktøj er der brugt TexMaker.

## 10.6 Implementeringsbiblioteker

Både de systemer i projekter der er baseret på .NET og på Android, gøres der brug af eksterne biblioteker. Disse vil her beskrives

- MySQL.Data - Bibliotek som indeholder alle nødvendige værktøjer til at tilgå en MySQL database. Bruges i simulatoren og i online-værktøjet.
- ksoap2 - Bibliotek til at håndtere SOAP-protokollen på android applikationen. Indeholder alle funktionaliteter til dette formål.
- Google Play Services v12 - Bibliotek til at håndtere oprettelse og vedligeholdelse af kort på android applikationen
- Google Maps JavaScript API v3 - Bibliotek til at håndtere oprettelse og vedligeholdelse af kortet på administrator hjemmesiden.



## 11 STØRRELSE OG YDELSE

I dette afsnit er der angivet de kritiske størrelser og ydelsesparametre for systemet.

### 11.1 Dataforbrug for mobil applikation

Det er ikke altid der er adgang til Wi-Fi netværksforbindelse og det vil derfor være nødvendigt at bruge telefonenes mobil datanetværk, til at hente ruter, stoppesteder og bussernes position fra databasen. Dataforbruget for en time, hvor kortet bliver vist og bussernes position bliver opdateret ligger på ca. 10 megabytes.

### 11.2 Performance for mobil applikation

Lagerforbruget på mobiltelefonen ligger omkring 4 megabytes.

Der benyttes i gennemsnit ca. 7% CPU kraft.

### 11.3 Server

Lagerforbruget på serveren, til hjemmesiden, MySQL databasen og servicen ligger på omkring 6 megabytes.

Serveren står for at lave alle udregninger og dataprocessering som mobil applikationen skal bruge. Da det er et distribuerede systemet, kan det forekomme mange forbindelser til serveren på samme tid. Der har dog ikke været mulighed for at udføre en stres-test af serveren, for at se hvor mange mobil telefoner den kan håndtere på en gang, da der ikke har været ressourcer til mere end to mobil telefoner.

### 11.4 Performance for simulator

Lagerforbruget på disken ligger omkring 2 megabytes.

## 12 KVALITET

### 12.1 Brugervenlighed

Der er sat stort fokus på brugervenlighed, da det er et distribuerede system der skal bruges af et utal af forskellige personer. Dette er blevet opnået ved at der er tydelige knapper med sigende tekst og at brugeren skal gøre så lidt som muligt for at få vist en busrute og tiden til der ankommer en bus til et valgt stoppested.

### 12.2 Pålidelighed

Det er vigtigt at systemet er pålideligt, da hovedfunktionaliteten i mobil applikationen er at præcist kunne vise bussens position samt tiden til ankomst ved et valgt stoppested. Dette er blevet opnået ved at bussens position bliver opdateret hvert sekund, og tiden bliver udregnet hver andet sekund.

### 12.3 Effektivitet

Det er vigtigt at brugeren hurtigt kan få vist en busrute samt tiden til bus ankommer til stoppested. Dette er blevet opnået ved at gøre alle tunge udregninger og data processing på en server, så mobil telefonen ikke bliver belastet med det.

### 12.4 udvidbarhed

Der er blevet sat et stort fokus på at hele systemet skal være nemt at videreudvikle på, og vedligeholde. For at opnå dette der systemet bla. blevet opbygget på ved brug af 3-lags-modellen, og ved at meget af arbejdet sker på en service. dette gør det er nemt at udskifte de forskellige udregninger, og hvilken database der bliver brugt, uden at skulle opdatere selve mobil applikationen.

## 13 OVERSÆTTELSE

I dette afsnit beskrives hvordan man kommer fra kildeteksten til objektkoden, altså til et program, der er klart til at blive kørt. mobil applikationen og simulatoren er pre-compiled og kræver derfor kun en installering, administrations hjemmesiden er publish til [www.trackabus.dk](http://www.trackabus.dk) og det er derfor ikke nødvendigt at publish den igen, medmindre der bliver ændret i den - se punkt 9.2 Installation for hvordan dette gøres.

### 13.1 Oversættelses-software

Den software, der er nødvendig for at oversætte mobil applikationen er compileren Eclipse, dette vil give en TrackABus.apk fil, der bruges til at installere programmet på mobil telefonen.

Til administration hjemmesiden og simulatoren skal compileren Visual Studio 2012 bruges.

### 13.2 Installation

Den arbejdsgang, der skal følges, for at de oversatte programmer kan bringes til at køre i de rette omgivelser er at for følgende skal gøre:

mobil applikationen skal være tilsluttet til en computer, hvorpå TrackABus.apk filen ligger. TrackABus.apk overføres nu til mobil telefonen, hvorefter man nu, via et filhåndterings program på mobil telefonen navigere til .apk filen og trykker på den. TrackABus vil nu blive installeret på mobil telefonen.

Hjemmesiden skal hjemmesiden skal publishes til serveren, dette gøres fra Visual Studio 2012. Først højreklikkes der på projektet 'MapDrawRouteTool' hvorfra der nu vælges: 'publish...'. Der oprettes en ny publish profil med følgende connection indstillinger:

- **publish method:** FTP
- **Server:** trackabus.dk
- **Site path:** public\_html
- **User name:** trackabus.dk
- **Password:** 1083209421

- **Destination URL:** trackabus.dk Dette vil publish hjemmesiden til [www.TrackABus.dk](http://www.TrackABus.dk) hvor den nu kan tilgås og bruges.

For simulatoren skal programinstallationen blot køres, derefter køres programmet fra skrivebordet, hvor en programgenvej er blevet oprettet.

## 14 KØRSEL

I dette afsnit beskrives hvordan programmet køres. Når programmet skal køres, er der visse forudsætninger, der er gældende. Dette er beskrevet i følgende afsnit.

### 14.1 Kørsels-software

Før de forskellige dele af programmet kan køres, kræves det at mobil applikationen er installeret på en mobil telefon, simulatoren installeret på en PC og hjemmesiden er published til en server. *Se afsnit 13.3 Installation* for beskrivelse af hvordan dette gøres.

### 14.2 Start, genstart og stop

Mobil applikationen startes ved at klikke på TrackABus programmet på mobil applikationen, hvorefter TrackABus programmet åbnes og kan nu bruges af brugeren.

Applikationen lukkes, som alle andre mobil applikationer, ved at enten trykke på telefonens 'Home' knap, dette vil sætte applikationen i en dvale tilstand, og ved genstart, vil starte applikationen fra samme sted hvor den blev lukket. For at stoppe applikationen helt, kan der trykkes på telefonens 'Tilbage' knap, indtil applikationen ikke længere er åben.

Administrations hjemmesiden vil, så længe den er hosted på serveren, altid være startet. Administratoren kan 'starte' hjemmesiden ved at gå ind på [www.trackabus.dk](http://www.trackabus.dk)

Det vil være muligt at lukke hjemmesiden, som alle andre hjemmesider, ved enten at trykke på det røde kryds i højre hjørne, eller navigere til en anden hjemmeside. Hjemmesiden kan selvfølgelig også stoppes ved at enten slette den fra serveren eller slukke helt for den server den er hostede på, men dette frarådes

Simulatoren startes ved double klik på at skrivebordsikonet. Programmet lukkes som ethvert andet program, nemlig ved at trykke på det røde kryds i højre hjørne.

### 14.3 Fejludskrifter

Fejlbeskeder for mobil applikationen består af små beskeder der vises på skærmen i et kort stykke tid, uden at forstyrre brugeren. For administrations hjemmesiden, vil administratoren blive præsenteret for en fejlbesked på skærmen der beskriver kort hvad der kan have været gået galt.

De følgende fejlbeskeder, beskriver de fejl der kan forekomme på mobil applikationen.

- **"Please check internet connection, and try Again"**
  - Fejlen kan forekomme flere steder i systemet, hver gang der skal skabes forbindelse til internettet. Beskeden forekommer når der ikke kan skabes forbindelse til internettet.
- **"No connection to internet. Can only show route for favorite bus "**
  - Denne besked kommer hvis man trykker på en busrute der ikke er favoriseret, i listen af alle busruter, og der ikke er forbindelse til internettet. beskeden fortæller det kun er muligt at vise de ruter, der er blevet favoriseret, når der ikke er forbindelse til internettet.
- **"Please wait until other route is favorited/unfavorited"**
  - Denne besked kommer hvis brugeren prøver at favorisere eller fjerne en rute fra favorisering, imens en anden rute er i gang med at blive favoriseret.
- **"Limit of favorite routes reached: (MAX 6)"**
  - Denne besked kommer hvis brugeren prøver at favorisere mere end 6 busruter.
- **"No connection to internet. Cannot set route to favorite."**
  - Denne besked kommer hvis brugeren prøver at favorisere en busrute, imens der ikke er forbindelse til internettet.
- **"Cannot favorite this route"**
  - Denne besked kommer hvis den rute brugeren ønsker at favorisere enten ikke har nogle rute punkter, eller ikke har nogle stoppesteder på sig. kan også

forkomme hvis forbindelse til internettet tabes imens en rute er igang med at blive favoriseret.

- **"Not connected to internet, can only show route"**

- Denne besked kommer når en favoriseret rute bliver valgt, og der ikke er forbindelse til internettet. Der menes med beskeden at kun ruten og stoppesteder kan indtegnes på kortet. der vil ikke blive vist nogle busser, da de ikke kan hentes fra MySQL databasen.

- **"No bus found on route"**

- Denne besked kommer når der bliver valgt en rute, og der ikke findes nogle busser i systemet der køre på den valgte busrute.

- **"There are no bus stops on chosen route"**

- Denne besked kommer når der bliver valgt en rute, og der ikke findes nogle busstoppesteder på den valgte busrute.

- **"No connection to internet. Cannot update position"**

- Denne besked kommer hvis forbindelsen til internettet mistes, imens kortet, med indtegnet rute, stoppesteder og bus, bliver vist. kortet med rute og stoppesteder vil stadigvæk blive vist, dog vil bussens position ikke længere opdateres, så længe der ikke er forbindelse til internettet.

- **"No connection to internet. Cannot update time"**

- Denne besked kommer hvis et stoppested bliver valgt og der ikke er forbindelse til internettet, og tiden til et stoppested derfor ikke kan udregnes.

De følgende fejlbeskeder, beskriver de fejl der kan forekomme på administrations hjemmesiden.

- **"No Internet connection"**

- Fejlen kan forekomme flere steder i systemet, hver gang der skal skabes forbindelse til internettet. Beskeden forekommer når der ikke kan skabes forbindelse til internettet.

- **"Can't remove bus. Remove it from its route first"**

- Dette besked kommer hvis en bus bliver forsøgt slettet fra systemet, og den stadigvæk er knyttet til en busrute. administratoren kan fjerne bussen fra busruten og prøve igen.

- **"Bus already exist"**

- Dette besked kommer hvis administratoren prøver at tilføje en bus til systemet med et ID, imens der allerede findes en bus i systemet med samme ID.

- **"Failed to save, please try again"**

- Dette besked kommer hvis der sker en fejl imens der bliver gemt på databasen. Dette kan forekomme hvis nettet forsvinder kort, eller der sker en anden fejl på serveren. Administratoren bør prøve igen, hvis dette ikke virker forslås det at hjemmesiden bliver genindlæst.

- **"Please name the stop"**

- Dette besked kommer hvis administratoren prøver at gemme et stoppested, uden at have navngivet det først.

- **"There are busses on the chosen route, please delete them first"**

- Dette besked kommer hvis administratoren prøver at slette en busrute fra systemet, men der stadigvæk er busser der er knyttet til den valgte rute. Administratoren kan fjerne busserne fra ruten og prøve igen.



- **"The route does not have any busstops"**

- Dette besked kommer hvis administratoren prøver at gemme en busrute, dog uden at have tilføjet nogle stoppesteder til ruten først. Administratoren skal kan tilføje nogle stoppesteder og prøve igen.

- **"Please Type in a route number"**

- Dette besked kommer hvis administratoren prøver at gemme et busrute, uden at have navngivet det først.