



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI
2. SEMESTERPROJEKT

Rapport

Gruppe 1

Lise Skytte Brodersen (201407432)
Mads Fryland Jørgensen (201403827)
Albert Jakob Fredshavn (studienr.)
Malene Cecilie Mikkelsen (studienr.)
Mohamed Hussein Mohamed (studienr.)
Sara-Sofie Staub Kirkeby (studienr.)
Martin Banasik (studienr.)
Cecilie Ammizbøll Aarøe (studienr.)

Vejleder

Studentervejleder
Lars Mortensen
Aarhus Universitet

22. maj 2015

Resumé

Gruppemedlemmer

Lise Skytte Brodersen (201407432)	Dato
Mads Fryland Jørgersen (201403827)	Dato
Albert Jakob Fredshavn (studienr.)	Dato
Malene Cecilie Mikkelsen (studienr.)	Dato
Mohamed Hussein Mohamed (studienr.)	Dato
Sara-sofie Staub Kirkeby (Studienr.)	Dato
Martin Banasik (Studienr.)	Dato
Cecilie Ammitzbøll Aarøe (Studienr.)	Dato

Vejleder

Lars Mortensen	Dato
----------------	------

Godkendelsesformular

Godkendelsesformular

Forfattere:

Lise Skytte Brodersen

Mads Fryland Jørgensen

Albert Jakob Fredshavn

Malene Cecilie Mikkelsen

Mohamed Hussein Mohamed

Sara-Sofie Staub Kirkeby

Martin Banasik

Cecilie Ammitzøll Aarøe

Godkendes af: Lars Mortensen

Antal sider 27

Kunde Aarhus Universitet

Ved underskrivelse af dette dokument accepteres det af begge parter som værende kravene til udviklingen af det ønskede system.

Dato: 28/5-2015

Kundens underskrift

Leverandørens underskrift

Ordliste

Ord	Forklaring
EKG	Elektrokardiografi
DAQ	Data acquisition
AV-klapper	Atrioventrikulær-klapperne
AV-knuden	Atrioventrikulær-knuden

Indholdsfortegnelse

Resumé	i
Godkendelsesformular	iii
Ordliste	v
Kapitel 1 Indledning	3
Kapitel 2 Projektformulering	5
Kapitel 3 Baggrund	7
3.1 Hjertet	7
3.2 Elektrokardiogram	9
3.3 Atrieflimren	10
Kapitel 4 Systembeskrivelse	13
Kapitel 5 Krav	15
Kapitel 6 Projektbeskrivelse	17
6.1 Projektgennemførelse	17
6.2 Metode	18
6.3 Specifikation og analyse	18
6.4 Arkitektur	18
6.4.1 Design	20
6.4.2 Implementering	20
6.5 Resultater og diskussion	20
6.6 Opnået erfaringer	20
6.7 Fremtidigt arbejde	20
Kapitel 7 Konklusion	23
Kapitel 8 Referencer	25
Bilag	27

Versionshistorik

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
Tekst	Tekst	Tekst	Tekst.

Indledning

1

I dagens Danmark er incidensen af hjertesygdomme på ca. 45.000 nye tilfælde årligt¹. Mange typer af hjertesygdomme diagnosticeres via et EKG-apparat, der måler patientens hjerterimpulser. Disse impulser bliver afbilledet som en graf, som indeholder P-, Q-, S- og T-takker. Det er forholdet mellem disse takker, der fortæller, hvordan hjerterimpulserne hos patienten er. Hvis en patient har et rask EKG-signal, skal forholdet mellem takkerne være indenfor nogle bestemte intervaller. Et EKG-signal, der afviger fra disse standarder siges at være abnormalt og patienten bør tjekkes for en eventuel hjertesygdom. Derfor er et EKG-apparat en vigtig teknologi indenfor sundhedsvæsenet i forhold til videre diagnosticering af hjertesygdomme.

Formålet med dette projekt er, at udvikle en software, som netop har til formål at detektere en selvvalgt hjertesygdom. Den nødvendige hardwaren samt et stykke kode, der betragtes som Blackbox, er blevet udleveret ved projektets start.

Dette specifikke projekt omhandler sygdommen atrieflimren. En sygdom, der særligt omfatter den ældre befolkning, da prævalensen i Danmark 5-10%² for ældre over 80 år.

Atrieflimren forekommer, når patientens atrie-kontraktionsmønster forstyrres og dermed begynder at flimre. Atrieflimren karakteriseres ved, at der forekommer 220-300 små udsving pr. minut på EKG-signalets baseline. Desuden vil der i frekvensspektret 300-400 Hz, opstå forhøjede amplituder. Det er ud fra denne karakteristik af amplituder, er der i Visual Studio blevet udarbejdet en analyse, der kan detektere atrieflimren. Denne analyse er en del af et større program, der kan visualisere og gemme et givet EKG-signal.

¹http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf

²<https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/hjertearytmier/atrieflimren-og-flagren/>

Projektformulering 2

Dette projekt har til formål at udvikle software, der kan afbillede, detektere atrieflimmer samt gemme et EKG-signal i database. Projekt tager udgangspunkt i virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler hentes fra Physionet¹, som er en ekstern database, der indeholder mange forskellige EKG-signaler fra forskellige patienter. EKG-signalerne behandles af udleveret hardware, som består af Analog-discovery og en DAQ. Det hentet signal ændres fra en CSV-fil til et digitalt signal.

Det er dette digitale signal softwaren skal kunne afbillede som en graf - en såkaldt EKG-graf. Et andet krav til projektet er, at softwaren skal via en analyse detektere atrieflimren hos den virtuelle patient. Målingen skal også gemmes i en privat database. Den private database skal forstås således, at databasen er tilknyttet et specifikt sted, fx et sygehus, hvor lige præcis denne EKG-måling er foretaget.

Den 4. Maj 2015 indførte Sundhedsstyrelsen et krav, om at alle EKG-målinger foretaget i Danmark skal gemmes i en offentlig database. Det vil sige, at EKG-signalet skal både gemmes i den private- og den offentlige database. Den offentlige database gør det muligt at kunne tilgå et EKG-signal uafhængig af, hvor målingen er foretaget.

Softwaren skal udarbejdes i Visual Studio på baggrund af trelagsmodellen².

Så helt specifikt skal dette projekts produkt være et software system, der kan afbillede EKG-grafen, gemme EKG-signalet i privat- og offentlig database, samt detektere forekomsten af atrieflimmer for den virtuelle patients EKG-signal.

Mangler en tabel over hvad der er blevet lavet af de forskellige

¹www.physionet.org

²Se dokumentation (nummer på henvisning)

3.1 Hjertet

Hjertet, *cor*, er en hul muskel, der har til opgave at pumpe blodet rundt til hele kroppen. Hjertet består af i alt fire kamre, som det kan ses på figur 3.1 nedenfor. To forkamre, atrier, og to hjertekamre, ventrikler. Atrierne fungerer primært som reservoir for blod, mens ventriklerne fungerer som den effektive pumpe.



Figur 3.1: Hjerte med forklarende pile ¹

Hjertekamrene og forkamrene er adskilt fra hinanden af anulus fibrosus, som er en plade af bindevæv. Anulus fibrosus består af fire bindevævsringe, der er forbundet med hinanden. To af disse udgør åbningerne mellem atrierne og ventriklerne. De to sidste danner åbningerne mellem højre hjertekammer og lungepulsåren og venstre ventrikel og hovedpulsåren. Ved alle bindevævsringene er der klapper, der fungerer som ventiler.

AV-klapperne sidder mellem atrierne og ventriklerne. Klappen mellem højre atrier og ventrikel kaldes tricuspidalklap, mens klappen mellem venstre atrier og ventrikel kaldes mitralklap. Aortaklappen er placeret ved afgangenen af hovedpulsåren og pulmonalklappen ved afgangenen af lungepulsåren. Klapperne fungerer således, at blodet kun kan løbe én vej gennem dem. Åbningen samt lukningen af disse er en passiv proces, som bestemmes af forskelle

¹http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/

i væsketrykket på de to sider af klapperne.



Figur 3.2: De forskellige faser i hjertets cyklus ²

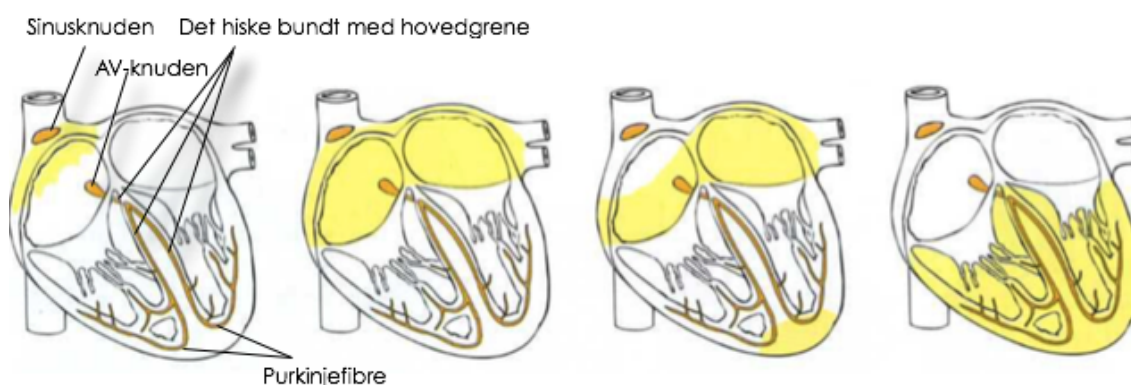
Hjertets cyklus, som er illustreret ved figur 3.2, inddeles i to hovedfaser. Den første kaldes diastolen. I diastolen er ventriklene afslappede og fyldes med blod. Det vil sige, at trykket i ventriklene bliver lavere end trykket i atrie, således at AV-klapperne åbnes, og blodet begynder at strømme ind i ventriklene. Under hele diastolen er aortaklappen lukket. Den anden fase kaldes systolen. I systolen kontraherer ventriklene sig. Trykket i ventriklene overstiger trykket i atrie, således at AV-klapperne lukkes, så tilbagestrømning af blod til atrie forhindres. Når ventriklene har kontraheret sig så meget, at trykket i ventriklene overstiger trykket i hovedpulsåren samt i lungepulsåren, åbnes aortaklappen og pulmonalklappen, og blodet strømmer ud i hovedpulsåren og lungepulsåren. Ventriklernes tryk falder igen til under atriernes tryk, hvilket påvirker at AV-klapperne åbnes igen og diastolen begynder igen.

Hjertets cyklus igangsættes i sinusknuden ved aktionspotentialer, der føres til de forskellige dele af hjertet. Dette sker enten ved, at aktionspotentialer går fra hjertemuskelcelle til hjertemuskelcelle gennem åbne celled forbindelser. Eller gennem åbne celled forbindelser mellem specialiserede hjertemuskelceller i hjertets specielle ledningssystem. Det specielle ledningssystem består af tre sammenhængende dele - AV-knuden, det hvide bundt gennem anulus fibrosus og det hvide bundt over i purkinjefibre (se figur 3.3).

Hjertets ledningssystem har to hovedopgaver. Først at sørge for, at aktionspotentialer

²Billede fra "Menneskets anatomi og fysiologi"s. 273 figur 9.6

spredes hurtigt gennem hjertet, og dermed sørge for at hjertemuskulaturen i ventriklen kontraheres næsten samtidig. Denne næsten samtidige kontraktion medfører, at der inde i ventriklerne opbygges et effektivt tryk. Purkinjefibrene, som kun er i ventriklerne og ikke atrierne, gør at aktionspotentialerne spredes hurtigere i ventriklerne end i atrierne. Den anden hovedopgave er derfor at sørge for en vis forsinkelse i impulsledning fra atrierne til ventriklerne. Forsinkelsen er mulig, da anulus fibrosus, der adskiller atrierne og ventriklerne, fungerer som en elektrisk isolator. Derfor skal aktionspotentiallet ledes fra atrierne til ventriklerne via det specialiserede ledningssystem, og da AV-knuden leder aktionspotentiallet særlig langsomt, opstår forsinkelsen. Dette medfører, at atriernes kontraktion fuldføres, før ventriklernes igangsættes, dermed er der sikret en tilstrækkelig fyldning af ventriklerne, før de pumper blodet videre. Denne spredning og udløsning af aktionspotentialer sker regelmæssigt, og er den afgørende faktor for hjertets kontraktions rytme.



Figur 3.3: Spredning af aktionspotentialer gennem hjertet ³

I Figur 3.3 ses spredningen af aktionspotentialer gennem hjertet. Aktionspotentiallet udløses i sinusknuden og forsinkes i AV-knuden. Dernæst ledes aktionspotentiallet videre til ventrikelmuskulaturen. De farvelagte områder er de depolariserede områder og det ses, at atriernes depolarisering er afsluttet før ventriklernes er startet.

3.2 Elektrokardiogram

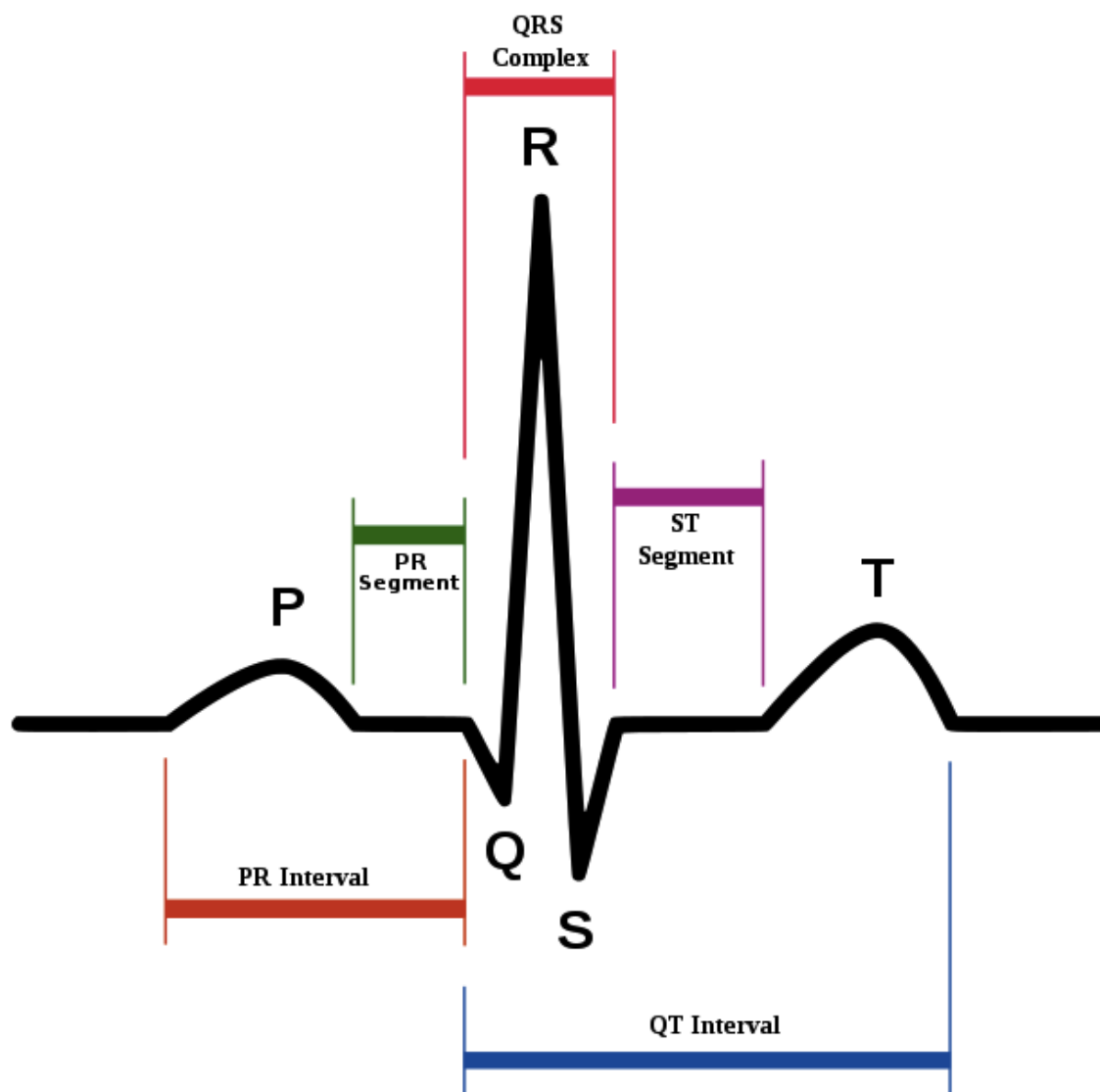
Et elektrokardiogram, EKG, afspejler hjertets elektriske aktivitet. Teknikken kaldes elektrokardiografi og udføres via elektroder, der er placeret forskellige steder på kroppen, primært omkring hjertet. Elektroderne måler den elektriske aktivitet via en overflade strøm, der går ud fra thorax. Det er disse strømme, som danner de forskellige graf-udsving, som er EKG-signalets takker. Takkerne viser atriernes- og ventriklernes systole og diastole, og er inddelt i P-takken, QRS-komplekset og T-takken. Grafisk vil EKG signalet være vist som det ses på figur 3.4 nedenfor.

P-takken viser atriets depolarisering, og dertil er der **P-takken til QRS-komplekset, der er aktionspotentiallet fra atrier til ventrikler**. QRS-komplekset udgør tilsammen ventrikel depolarisering. QRS-komplekset er større end P-takken, da muskelmassen i ventriklerne er større end atriernes muskelmasse, hvilket påvirker en højere elektrisk

³"Menneskets anatomi og fysiologi"s. 275 figur 9.9

aktivitet. T-takken beskriver ventriklernes repolarisering. Denne er også mindre end QRS-komplekset, da repolariseringen forløber langsommere end depolariseringen.

Elektrokardiografi giver et billede på, hvordan ens hjerte fungerer. Nedenfor ses et EKG-signal for et raskt hjerte. Hvis ens hjerte ikke fungerer optimalt, vil ens EKG-signal se anderledes ud og en sundhedsfaglig person vil kunne diagnosticere patienten ud fra grafen. En patient kunne have atrieflimmer, som er den sygdom, dette projekt handler om.



Figur 3.4: Normalt EKG-signal ⁴

3.3 Atrieflimren

Atrieflimren forekommer, når atrierne ikke kontraherer sig ordentligt. Den hyppigste udløsning af atrieflimren forefalder pga. en serie af hurtige impulser (ekstrasystoler), hvilket er illustreret på første del af figur 3.5. De kommer fra den atriemuskulatur, som sidder nær lungevenerne i venstre atrium. Dermed bliver atriernes normale kontraktionsmønster ødelagt, og de begynder at "flimre". Under atrieflimren fungerer sinusknuden stadig som

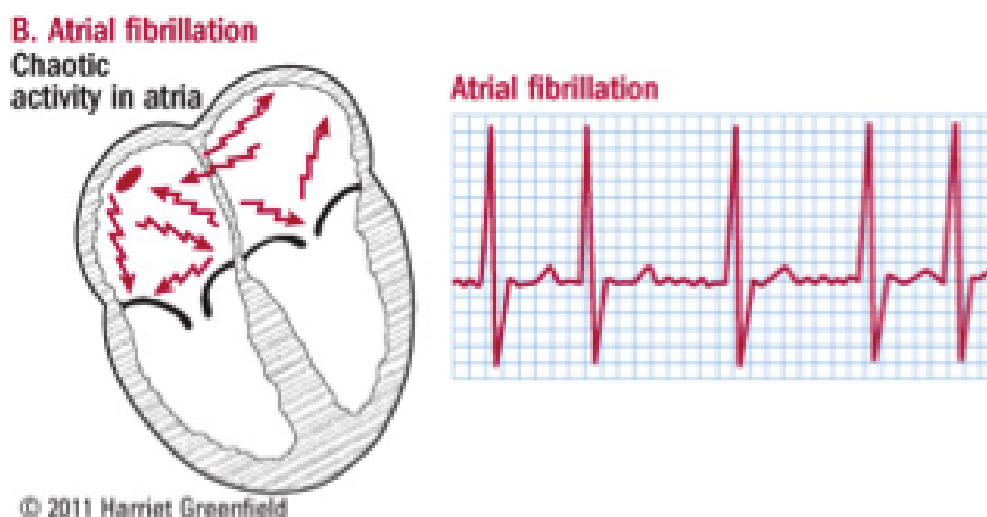
⁴http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg

normalt, men har ingen kontakt til atrium.

Pga. arytmien mister man den regelmæssige atrietyømning og en får nedsat funktion af hjertets pumpningen. Blodet vil ophobe sig i atriet og danne lokale tromber. De kan løsne sig og flyde med blodstrømmen ud i kroppen, hvor de kan sætte sig fast (embolisere). Ubehandlet emboliserende atrieflimren er årsagen til 1/3 af alle cerebral apopleksiske tilfælde. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på tilstedeværelse af atrieflimren hos netop disse indlagte patienter.

Hvis arytmien står på i længere tid, og ventrikelfrekvensen er hurtig, kan det udløse hjerteinsufficiens med tiltagende dilatation og dårlig kontraktion af ventriklerne.

Atrieflimren opstår som anfald (paroksysisk), der spontant konverterer til normal sinusrytme efter få timer eller dage. Med årene bliver arytmien mere vedvarende (persisterende) for til sidst at blive kronisk. De symptomer som kan forbindes med atrieflimren er en øget træthed, åndenød og en forhøjet samt uregelmæssig puls, der kan være utydelig og hurtig. Desuden vil blodtrykket falde, og der kan være tegn på hjerteinsufficiens, både i højre og venstre side af hjertet.



Figur 3.5: Atrieflimren impulser og EKG⁵

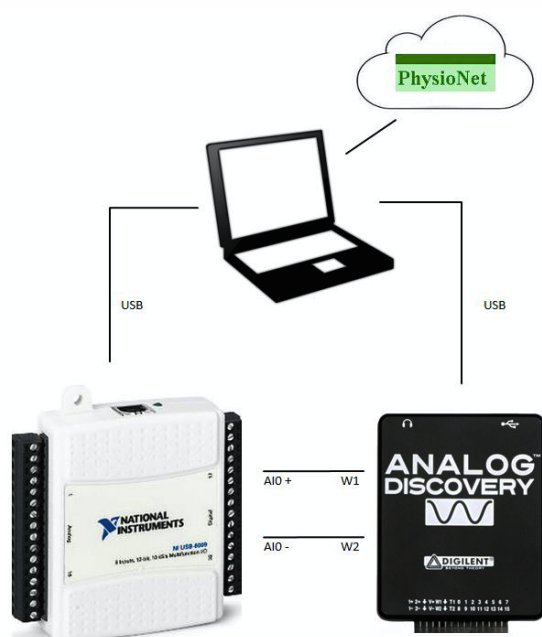
Man får stillet diagnosen via elektrokardiografi. EKG-grafen er domineret af mange irregulære og smalle QRS-komplekser uden ordentlige P-takker, som set på figur 3.5 ovenover. Den hyppigste form for behandling er ved betablokkere, flekainid, dronaderon og amiodaron. Man indfører katetre i venstre atrium, der ødelægger atriemuskulaturen, der udøser flimren.

⁵<http://www.health.harvard.edu/>

Systembeskrivelse 4

Overordnet set, består systemet af en hardware- og en software-del.

Hardwaren er blevet udleveret og består af en DAQ og Analog-discovery. DAQ'en og Analog-discovery har begge forbindelse til computeren, som har forbindelse til hinanden. Se figur 4.1.



Figur 4.1: Opstilling af Hardwaren

I projektet analyseres virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler kommer fra PhysioNet, som er ekstern database, der kan tilgås via internettet¹. EKG-signalet, der ønskes analyseret, hentes ned som en CSV-fil. Filens information bliver omdannet til et analogt signal, som simuleres af Analog-discovery. Det analoge signal bliver konverteret til et digitalt signal af DAQ'en. Det er dette digitale signal som systemet kan afbillede og analysere.

Softwaren for systemet er kernen i dette projekt. Der er blevet udleveret et program, der anses som en blackbox. Dette program skabes der reference til, således at systemet kan fungere optimalt. Softwaren kan illustrere og analysere EKG-signaler med henblik på atriefibrillation. Systemet kan desuden lagre informationen om signalerne i private- og offentlige databaser.

¹www.physionet.org

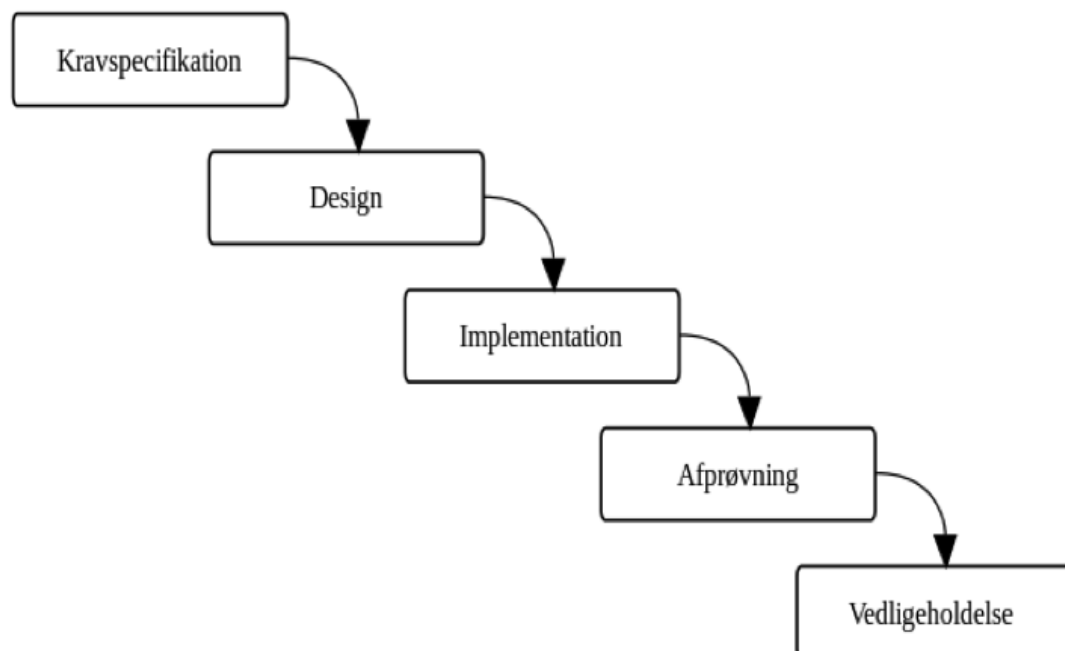
Krav 5

Projektbeskrivelse 6

6.1 Projektgennemførelse

Projektet startede med, at der blev lavet en tidsplan, hvor der var mulighed for ændringer undervejs, dog var der nogle faste deadlines, som skulle følges. De forskellige deadlines ledte op til, at man kunne arbejde efter vandfaldsmodellen, da projektet startede med, at der blev lavet kravspecifikation og accepttest, som beskrev de krav, som programmet skulle kunne udfylde. Derefter var næste deadline, at der skulle laves design, ligesom viste forskellige diagrammer over, hvordan programmet skulle opbygges og hvad der skulle indeholde. Derefter blev programmeret færdiggjort og testet og til sidst finpudset.

Altså er der i dette projekt blevet arbejdet efter vandfaldsmodellen, som er benyttet, man arbejder med software, ligesom der er blevet gjort i det pågældende projekt. Vandfaldsmodellen er opbygget på sådan en måde, at man arbejder med de forskellige dele som et vandfald, hvor man tager en af del afgangene og bevæger sig ned gennem de forskellige. De forskellige deadlines vi har haft stemmer overens med de forskellige led i vandfaldsmodellen, som ses i figur(1)



Figur 6.1: Vandfaldsmodel

Skal vi have blokken med vedligeholdelse med??

Projektgruppen har været på 8 medlemmer, som er blevet delt ind i 2 grupper, således at arbejdsbyrden blev delt. Den ene gruppe arbejdede med softwareudviklingen, mens den anden gruppe arbejdede med dokumentation og udarbejdelsen af design. Da gruppen har været opdelt, har der været projektmøde hver uge, hvor gruppen har opdateret hinanden og rettet tidsplanen til, hvis det var nødvendigt.

6.2 Metode

- Hvilke programmer, der er blevet benyttet til at besvare opgaven. Github, visual studio, LaTeX, visio, googledrev, facebook.
- Spørg muligvis Lars, om hvad han forventer, hvad der skal stå her.

6.3 Specifikation og analyse

I udarbejdelsen af analysen var der mange komplikationer. Dette skyldes primært, at atrieflimren ikke nødvendigvis påvirker et EKG-signal på samme måde, hver gang.

Først var der tiltænkt en analyse som skulle tage udgangspunkt i den originale definition for atrieflimren. Måden dette skulle foregå på, var at tage et gennemsnit af baseline, og derefter detektere hvor mange gange, der skete en svingning over baseline. Her skulle der så tjekkes, om svingningerne overtrådte en tærskel. Denne tærskel skulle vurderes ud fra den patofysiologiske baggrund for sygdommen. Efter visualisering af reelle målinger, blev denne metode dog afskrevet, da baseline ikke bliver repræsenteret ved en regulær linje i reelle signaler.

Derefter blev der udtænkt en metode med en dynamisk baseline. Denne metode viste sig meget tidligt i udviklingsprocessen, til ikke at være kompatibel. Den største komplikation ved denne metode, er at finde en algoritme, kunne udelukke de kendte takker, som karakteriserer et EKG-signal. Hvis denne algoritme ikke blev fundet, ville den dynamiske baseline altid ligge et stykke over den reelle baseline, grundet de høje R-takker.

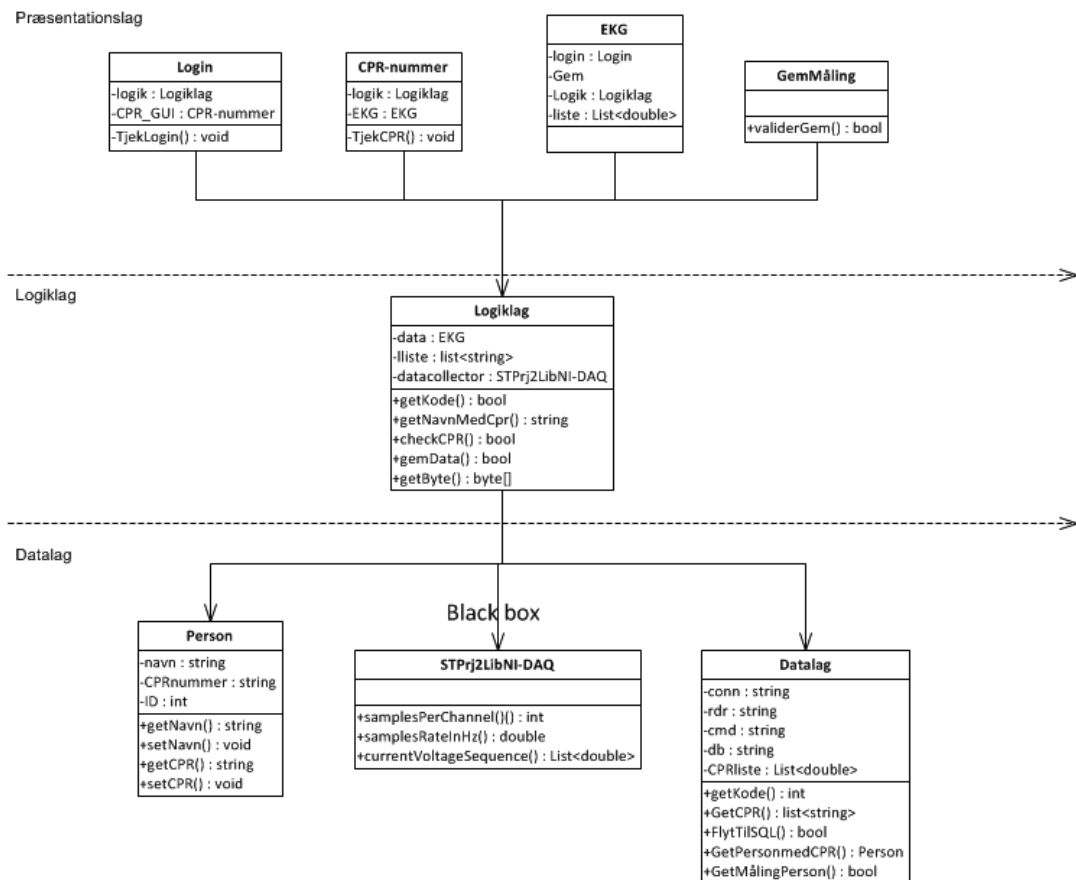
De to første metoder blev aldrig færdiggjort, da problemerne opstod, efter pseudokode begyndte at blive udarbejdet. Herefter gik gruppen til vejleder for at finde en alternativ løsning til analysen. Vejleder fik herefter input fra en anden professionel, og kunne derefter hjælpe med at udarbejde en analyse, som virkede.

Vejleder kunne oplyse at atrieflimren har specifikke kendetegn, hvis der bliver analyseret på EKG-signalets amplituder inden for specifikke frekvenser, og det er ud fra denne information, at den endelige analyse blev udarbejdet.

6.4 Arkitektur

Softwareen er bygget op i henhold til trelagsmodellen, hvor GUI'erne fungerer som programmets brugerinterface, med et login-vindue, et CPR-vindue og et EKG-vindue. Her fungerer EKG-vinduet, som det primære vindue, hvor EKG-signaler kan måles. Grafiklaget

er yderligere beskrevet i dokumentationen, men kan også visualiseres ud fra figur XX nedenfor.

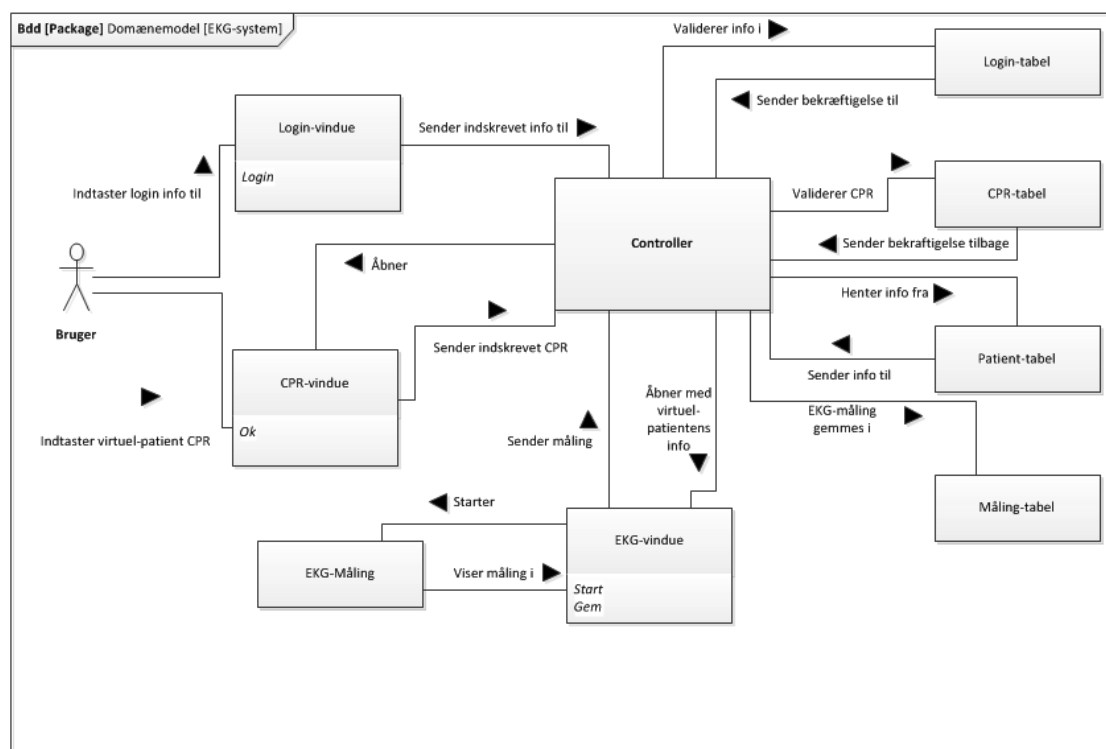


Figur 6.2: UML-klassediagram

Logiklaget kan ses som kernen i softwaren. Det er her alt data bliver behandlet fra datalaget, samt videresender data fra målinger til datalaget. Det er blandt andet her analysen af målingen sker, og hvor indtastede oplysninger bliver valideret. Logiklaget fungerer som bindeleddet mellem de data, som kommer fra datalaget, og GUI'erne.

Datalaget er til, for primært at håndtere forbindelsen med hardwaren og databaserne. I denne klasse bliver der skabt forbindelse til både SQL og DAQ. Datalaget henter data fra den private database, som logiklaget bruger til validering. Denne klasse gemmer også data givet fra logiklaget i både den private- og offentlige database. Klassen logiklag og datalag er beskrevet yderligere i dokumentationen.

For at beskrive koden yderligere, er der lavet en domænemodel. Domænemodellen repræsenterer hele koden, altså hvordan flowet imellem klasserne går, og hvilken overordnet kommunikation, der foregår. Alle vinduerne repræsenterer GUI'er og alle tabeller er tabellerne i den private database. Domænemodellen kan ses på figur XX.



Figur 6.3: Domænemodel

6.4.1 Design

6.4.2 Implementering

6.5 Resultater og diskussion

6.6 Opnået erfaringer

6.7 Fremtidigt arbejde

Som følge af at projektet er tiltænkt som en prototype, er der løbende gennem projekt udførelsen opstået en masse muligheder og ideer for videreudvikling af systemet.

Den første helt basale idé, som også er forsøgt udført sideløbende i projektet, er etablering af en "opret ny patient" funktion. Funktionen skal muliggøre, at den sundhedsprofessionelle kan oprette en ny patient i systemet, i forbindelse med indtastning af patientens CPR nummer. Funktionen skal fungere således, at hvis ikke det indtastede CPR nummer i forvejen er kendt i systemet, skal skridtet efter CPR-vinduet være et nyt "Opret Patient-vindue". Her skal den sundhedsprofessionelle kunne indtaste relevante oplysninger omkring patienten, og til slut oprette patienten i både den private- og offentlige database.

Et ideelt område til videreudvikling er brugervenlighed, både på software plan og i særhed på hardware plan.

Software kun udvikles i en retning, hvor det bliver lettere og mere overskueligt for den sundhedsprofessionelle, at analysere og evaluere EKG-signalet. En forbedring ville være,

at der skal være mulighed for at trække en eller flere x- og y-cursors ned over EKG-signalet, og dermed få vist amplitude og tid, og relevante intervaller. Herefter kunne en mulighed være, at de observerede værdier kunne gemmes som tilhørende tekst til det specifikke EKG-signal.

Sideløbende, imens EKG-målingen foretages, vil det være muligt, at have direkte adgang til den pågældende patients sygejournal. Adgangen til sygejournalen skal kunne læse i en et andet vindue, som er synligt samtidig med EKG-vinduet arbejder, hvorefter det er muligt at skifte mellem disse vinduer, og tilføje ændringer, notater etc. i journalen.

Konklusion 7

Referencer 8
