EchoTouch

Digitalt materiale og interaktive artefakter

(Autumn 2024)

Course code: BADIMIA1KU

Group 10

Alexander P. Østergaard - aoes@itu.dk

Joah Brandrup-Castanier - joabr@itu.dk

Louie Engom Foss - lofo@itu.dk

20/12/2024

Character count (with spaces): 46,697/60,000

Indholdsfortegnelse

1.0 Abstract 3
3.0 Baggrunds-teori 5
3.1 Brugeroplevelse i den smarte bæredygtige by 5
3.2 Internet of Things (IoT) 5
3.2.1 Connectivity 6
3.2.2 Interusability and Responsiveness 7
3.2.3 Context-Driven Interaction and Ubiquitous Computing 7
3.2.4 Tangible Computing 7
3.3 Slow Technology 8
3.4 Forløbig Konklusion 9
4.0 Design Proces 9
4.1 Reflection in/on action 9
4.2 Indledende fase 10
4.3 Storyboarding 13
4.4 Experience Prototyping gennem low-fidelity modeller 15
4.4.1 Hardware 15
4.4.2 Software 16
4.4.3 Software-Optimization 17
4.5 Experience Prototyping gennem high-fidelity modeller 18
4.6 Foreløbig konklusion 19
4.7 Fremtidige justeringer 20
5.0 Interaktive sketch af EchoTouch 21
5.1 Sketching of Software/Hardware 21
5.2 Sketching af brugeroplevelsen 22
6.0 Diskussion & Refleksion 23
6.1 Initial sketching 23
6.2 Story boards 23
6.3 Experience Prototyping 24
6.4 Low-Fidelity Soft-/Hardware Prototyping 24
6.5 High-Fidelity Prototyping og System Testing 25
6.6 Reflektion 25
7.0 Konklusion 25
8.0 Referencelisten 27
9.0 Bilag 28

1.0 Abstract

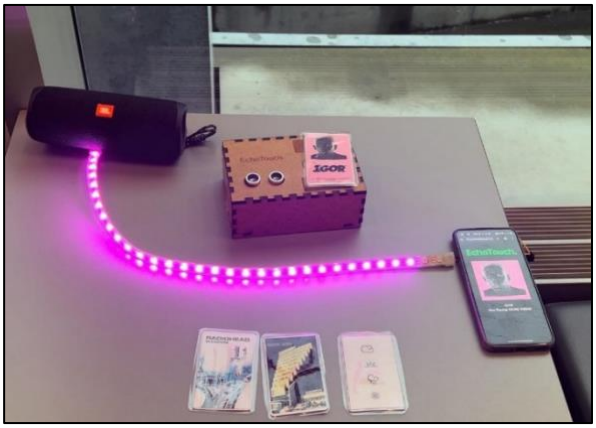
This project focuses on the early exploratory stages of interaction design by creating an interactive sketch of a user experience within the IoT framework. Centered around the theme "The Smart and Sustainable City," we developed a sketch for an IoT system called EchoTouch, focusing on reimagines how music is experienced.

EchoTouch incorporates IoT principles alongside the philosophy of Slow Technology to create a thoughtful user experience. Drawing inspiration from the conceptual model of vinyl players, the design reimagines this with modern technology and new perspectives.

Through iterative sketching, prototyping, and user testing, we created a high-fidelity prototype. The system features RFID tags to play music, LED strips that adapt to the music, an ultrasonic sensor for gesture-based volume control, and contextual APIs that adjust music and lighting based on external factors such as weather and calendar events. Thereby we have designed a user experience that is both engaging and reflective.

2.0 Introduktion til EchoTouch

Vores projekt fokuserer på de tidlige eksplorative faser af interaktionsdesign ved at design en interaktiv ***sketch*** af en brugeroplevelse med (smarte) forbundne produkter som en del af ***Internet of Things (IoT).*** Dette blev gjort under temaet 'Skitsér en brugeroplevelse i den smarte, bæredygtige by', og gennem ***sketching*** som proces førte det til vores produkt, en ***sketch*** af et IoT-system kaldet **EchoTouch.**



Figur 1Endelig prototype

EchoTouch gentænker måden, vi lytter til musik på, ved at kombinere den fokuserede oplevelse fra klassiske pladespillere med moderne teknologi. I dag lytter mange til musik gennem playlister med blandede sange, men pladespillere giver en anden oplevelse, hvor man koncentrerer sig om ét album fra start til slut og skaber en tættere forbindelse til musikken. Med **EchoTouch** får brugeren en lignende fordybelse, samtidig med at brugeroplevelsen er blevet mere engagerende ved at gøre musik til en mere fysisk oplevelse. Dette sker ved, at der anvendes små RFID-kort, som repræsenterer hver plade. Når brugeren placerer et RFID-kort på **EchoTouch**, læser en RFID-læser data fra kortet og sender det til en computer eller telefon via en hjemmeside hostet på one.com. Musikken, der er tilknyttet det album, som RFID-kortet repræsenterer, afspilles derefter gennem en Bluetooth-højtaler forbundet til computeren eller telefonen. Dette er illustreret i Figur 1. Brugeren kan desuden justere lydstyrken ved at lave håndbevægelser foran den **ultrasonic sensor**.

EchoTouch forbedrer også brugeroplevelsen ved at engagere flere sanser end blot musikken. Afhængigt af albummet tilpasser LED-lysene sig og skaber den rette stemning. LED-lysene kan desuden placeres rundt omkring i hjemmet, for eksempel under møbler, langs vægge eller bag objekter, og derved bliver en del af brugernes miljø. Derudover introduceres

et vejr-album, som vælger musik baseret på vejret på brugerens aktuelle lokation og travlhed, vurderet ud fra deres kalender. Ved at integrere både den fysiske kontekst og brugerens daglige rytme leverer **EchoTouch** derfor en personlig oplevelse.

3.0 Baggrunds-teori

EchoTouch tager udgangspunkt i temaet **"skitser en brugeroplevelse i den smarte bæredygtige by"**. De følgende sektioner vil forklare, hvordan **EchoTouch** relaterer til temaet, fungerer som et **IoT**-system og uddybe andre relevante teorier.

3.1 Brugeroplevelse i den smarte bæredygtige by

EchoTouch afspejler temaet "Skitser en brugeroplevelse i den smarte bæredygtige by" ved at forbedre livskvaliteten i smart home-domænet. Derudover er sketchen designet til at tilpasse sig brugernes behov over tid, derved udvikler den sig sammen med dem, og skaber en bæredygtig brugeroplevelse.

Livskvaliteten forbedres gennem mere bevidste og meningsfulde interaktioner. **EchoTouch** kombinerer den fokuserede oplevelse fra en pladespiller med manuelle handlinger, såsom scanning af RFID-tags for at afspille musik. Dette opfordrer brugerne til at engagere sig aktivt med deres omgivelser frem for at forblive passive og distancerede. Derudover forbedrer **EchoTouch** livskvaliteten ved at skabe en integreret oplevelse, der inddrager flere sanser, såsom lys, og tilpasser sig brugerens kontekst, herunder vejrforhold og kalenderaktiviteter. For eksempel kan den spille afslappende musik på en regnvejrsdag eller energiske numre under en travl dag, hvilket skaber en støttende og personlig atmosfære i hjemmet. Da **EchoTouch** udvikler sig i takt med disse eksterne faktorer og brugerens behov, er den mere end et engangsprodukt og dermed sikrer en bæredygtig brugeroplevelse.

3.2 Internet of Things (IoT)

Fra et teknisk perspektiv er **EchoTouch** en interaktiv ***sketch*** af et ***IoT***, der skaber en brugeroplevelse i relation til det tidligere beskrevne tema. **IoT** refererer til et netværk af forbundet fysiske objekter ("ting"), der giver brugeren en integreret oplevelse, fordi komponenterne er forbundet og udstyret med sensorer, software og andre teknologier. Det gør dem i stand til at indsamle, udveksle og behandle data via internettet (Patel & Patel, 2013).

EchoTouch er et sketch af et ***IoT-system***, da det består af fysiske objekter, herunder to ESP32-mikrocontrollere, der er koblet sammen via et netværk gennem MQTT-protokollen.

Den ene ESP32 er udstyret med sensorer, såsom en RFID-læser og en ultrasonic sensor, til at indsamle data. Den anden ESP32 modtager data og styrer en ***LED-strip***, der fungerer som ***aktuator***. Alt er samlet i den centrale computer som også bruger den samme MQTT-protokol. Denne opsætning gør det muligt at indsamle, udveksle og behandle data, så fysiske interaktioner kan omdannes til digitale handlinger, som for eksempel at afspille musik og justere belysning. De næste afsnit vil dykke ned i relevante teorier relateret til IoT, herunder ***Connectivity, Interusability, Responsiveness, Context-driven Interaction, Ubiquitous Computing*** *og* ***Tangible Computing***, samt hvordan disse principper anvendes i **EchoTouch.**

3.2.1 Connectivity

For at et IoT som **EchoTouch** kan fungere, er ***connectivity*** essentielt, da det gør det muligt for enheder at udveksle data, koordinere handlinger og samarbejde som et samlet økosystem (Rowland et al., 2015). ***Connectivity*** sikrer, at systemets forskellige komponenter kan kommunikere effektivt og tilpasse sig dynamisk til brugerinput og kontekstuelle data, hvilket kan opnås gennem sensorer, processorkraft, aktuatorer og forskellige modaliteter. I **EchoTouch** opnås ***connectivity*** gennem MQTT-protokollen, der bruger en ***lightweight publish-subscribe model*** til effektiv udveksling af data (HiveMQ Team, 2024) mellem RFID-læseren, LED-strippen, den ultrasonic sensor og den centrale computer.

For at opnå ***Connectivity***, er det også vigtigt at tage hensyn til ***Composition***, hvilket refererer til fordelingen af funktionalitet på tværs af flere enheder i et system (Rowland et al., 2015). ***Composition*** sikrer, at opgaver fordeles baseret på de unikke egenskaber hos hver enhed og de omstændigheder, de bruges under. Dette sørger for at ***IoT-systemet*** er effektivt samt skabe relevante interaktioner. For eksempel håndterer den ene ESP32 alle funktioner relateret til sensorer (RFID-læser og ultrasonic sensor), mens den anden ESP32 sikrer funktionaliteten af ***aktuatoren*** (LED-strip).

Derudover understøtter ***Connectivity modular systems***, hvor komponenter kan fjernes, udskiftes eller udvides uden at forstyrre systemets funktionalitet samt struktur (Rowland et al., 2015). ***Modularitet*** er vigtigt i IoT, da det fremtidssikrer systemet ved at gøre det fleksibelt og i stand til at tilpasse sig brugerens behov over tid. I **EchoTouch** kan ***modularitet*** ses i hvordan yderligere aktuatorer kan integreres i platformen via den samme MQTT-baserede infrastruktur.

3.2.2 Interusability og Responsiveness

Interusability handler om at sikre en konsistent og sammenhængende brugeroplevelse på tværs af flere enheder eller interfaces i et system, så brugerne oplever funktioner og data som en samlet helhed, selv når de interagerer med de individuelle komponenter (Rowland et al., 2015). ***Interusability*** ses i **EchoTouch** gennem integrationen af RFID-læseren, LED-strippen og Bluetooth-højttaleren, hvilket skaber en oplevelse af en samlet helhed. For eksempel skal scanning af et RFID-kort både afspille musik og justere lyset på en måde, der føles naturlig og sammenhængende på tværs af enheder. Selvom LED-strippen ikke er et direkte interaktionspunkt, leverer den visuel ***functional feedback***, som understøtter musikken og bidrager til den ønskede stemning.

Responsiveness betyder, at et system hurtigt kan reagere på brugerinput eller ændringer i omgivelserne og give feedback i realtid, så der skabes en følelse af kontrol. Selvom det primært handler om hastighed og præstation, bidrager det også til ***interusability*** ved at sikre, at enheder opfører sig forudsigeligt og leverer en sammenhængende oplevelse. For eksempel skal **EchoTouch** straks afspille den rigtige musik og justere lyset uden forsinkelse, når en bruger scanner et RFID-kort, så systemet føles hurtigt og pålideligt.

3.2.3 Context-Driven Interaction og Ubiquitous Computing

Context-driven interaction gør det muligt for IoT-systemer at tilpasse sig brugerens omgivelser, præferencer og adfærd, så de bliver en naturlig del af hverdagen og kræver minimalt med manuelt input (Rowland et al., 2015). Dette hænger sammen med principperne bag ***ubiquitous computing***, hvor teknologi bliver en usynlig del af hverdagen. Ved at bryde grænserne mellem den fysiske og digitale verden kan teknologien reagere naturligt på brugerens behov og integrere sig uden behov for omfattende interaktion (Weiser, 1991).

I **EchoTouch** implementeres dette koncept ved hjælp af vejrudsigts- og kalender-API'er. Systemet justerer lyset og vælger album ud fra brugerens omgivelser. På den måde forbinder **EchoTouch** den fysiske og digitale verden og skaber en personlig og naturlig oplevelse.

3.2.4 Tangible Computing

Tangible computing forbinder fysiske handlinger med digitale processer ved at kombinere fysiske objekter ("atomer", også kaldt ***tokens***), med digitale data ("bits") for at skabe hands-on oplevelser. Dette gør abstrakte digitale systemer til konkrete fysiske oplevelser,

dermed reducerer behovet for skærme (Ishii & Ullmer, 1997). Konceptet fokuserer på modaliteter, som er interaktive metoder, der kombinerer fysiske input med sanselig feedback. Dette skaber naturlige og engagerende oplevelser, der integreres som en del af hverdagen (Ishii & Ullmer, 1997).

Tangible Computing bruges i **EchoTouch** gennem f.eks. scanning af et RFID-kort ***(Token)***, da dette er en fysisk handling, der giver en digital reaktion, som f.eks. afspilning af musik. Designet er specifikt baseret på en ***konceptuel model***, der spejler brugerens mentale billede af, hvordan en pladespiller fungerer, hvilket gør det let at interagere med **EchoTouch** gennem genkendelige handlinger.

3.3 Slow Technology

Udover ***IoT-koncepter*** er **EchoTouch** også baseret på teorien om ***Slow Technology***. Denne tilgang fokuserer på at skabe dybere engagement, refleksion og bevidst interaktion frem for hastighed og tilgængelighed (Hallnäs & Redström, 2001). Målet er at designe systemer, der opfordrer brugerne til at fordybe sig i oplevelsen og fremmer eftertænksomhed og engagement.

EchoTouch bygger på principperne fra ***Slow Technology*** ved at fremme refleksion og opfordre brugerne til at fordybe sig i både musikken og omgivelserne. Refleksion skabes gennem den fysiske handling at scanne RFID-tags for at afspille et album en bevidst proces, der minder om at vælge en vinylplade og kræver eftertanke gennem aktive valg.

Dybt engagement med musikken opnås ved at fokusere på oplevelsen af at lytte til et album fra start til slut. I modsætning til traditionelle musikanlæg tillader **EchoTouch** ikke brugerne at springe numre over eller ændre på albummet. Denne bevidste begrænsning bygger på principperne bag ***Slow Technology***, der modvirker fragmenteret lytning og fremmer en mere fordybende oplevelse. Dette skabes dermed en samlet oplevelse, hvor albummet opleves som en sammenhængende fortælling frem for enkelte, isolerede numre.

Fordybelsen i musikken forstærkes gennem LED-lys, der tilpasses omgivelserne baseret på kontekstuelle faktorer som album vejret eller kalenderbegivenheder. Denne synkronisering af musik, lys og omgivelser skaber en stemning, der opfordrer brugerne til at tage det roligt og fordybe sig i øjeblikket.

3.4 Forløbig Konklusion

EchoTouch er en skitse af et ***IoT-system,*** der skaber en brugeroplevelse i den smarte, bæredygtige by. Den er baseret på de grundlæggende principper bag IoT og forbundne produkter. Samtidig er den inspireret af principperne bag Slow Technology, som bruges til at skabe fordybende oplevelser. Vi vil nu gennemgå vores sketching-proces, der førte til vores sketch af **EchoTouch**.

4.0 Design Proces

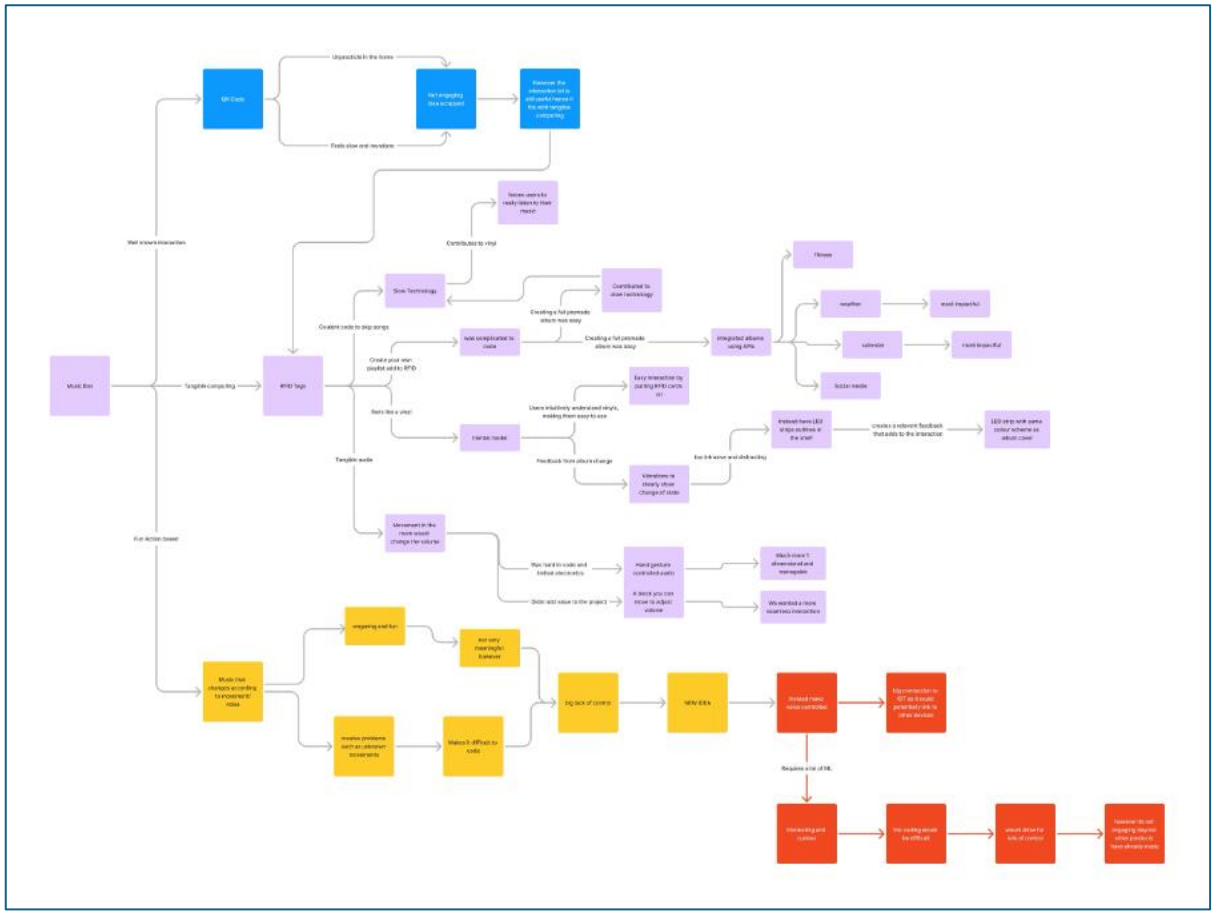
De følgende sektioner gennemgår først konceptet ***reflection in/on action*** og derefter vores designproces med fokus på, hvordan ***reflection in/on action*** har understøttet centrale designvalg gennem forløbet.

4.1 Reflection in/on action

Reflection in action/on action er en teori, der beskriver den naturlige iterative designproces i skitsering (Schön og Bennett, 1996).

Reflection in Action sker, når designere møder uventede udfordringer og reagerer med det samme. Det handler om at evaluere deres handlinger og justere under arbejdet, hvilket gør det muligt at lave hurtige forbedringer under udviklingen. ***Reflection on Action*** sker, når en skitse er færdig. Designere vurderer deres beslutninger ud fra skitsen, analyserer de vigtigste områder og justerer derefter. Denne proces forbedrer designet, så det opfylder designmålene og sikrer en løsning med fokus på brugeren.

4.2 Indledende fase



Figur 2 Decision tree https://www.figma.com/board/FhwEAG25iBSWVRynusUiha/Untitled?node-id=0-1&t=ReMLlau91OigBwpx-1

EchoTouch's udvikling startede med simple sticky notes og abstrakte idéer, der fokuserede på at skitsere en IoT under temaet "***skitser en brugeroplevelse i den smarte bæredygtige by.***" Denne proces hjalp med at fokusere projektet på et specifikt område inden for smart homes: interaktion med musik, med underidéer som ***håndgribelige***, interaktion og musik-oplevelse. Et ***decision-tree*** blev derefter oprettet med sticky notes på Figma og blev løbende opdateret gennem processen (Figur 2).

Den efterfølgende iterative proces involverede at skabe, forbedre og forme idéer til konkrete koncepter. Hver idé gav unikke indsigter og udfordringer, som hjalp med at styre projektets retning. Under udviklingen af **EchoTouch** blev der også arbejdet med tre alternative idéer, hvilket kan ses i vores ***decision-tree (Figur 2)***.

En af disse ideer som vi undersøgt, var muligheden for at tilføje stemmestyring ved hjælp af machine learning. Her kan Google's Teachable Machine-platform bruges til prototyping. Denne platform gør det muligt for brugere at træne machine learning-modeller til

at genkende specifikke lyde eller ord ved at uploade lydprøver. Vores idé var at bruge denne funktion til at få systemet til at genkende stemmekommandoer som “play,” “next song” eller “increase volume” via en telefons mikrofon. Processen ville indebære at optage flere lydprøver for hver kommando med variation i tone, accent og hastighed for at sikre nøjagtig genkendelse. Når modellen er trænet, vil den kunne eksporteres i et format, der passer til en central computer, hvilket ville gøre det muligt at behandle stemmekommandoer i realtid og udføre de tilsvarende handlinger. Selvom ideen med stemmestyring er teknisk mulig, indså vi dog, at den ikke gav en unik oplevelse sammenlignet med etablerede systemer som Amazon Alexa eller Google Assistant, der allerede er dybt integreret i IoT-økosystemer. Derudover manglede stemmestyring den fysiske interaktion med musikken, som vi ønskede at prioritere i **EchoTouch**.

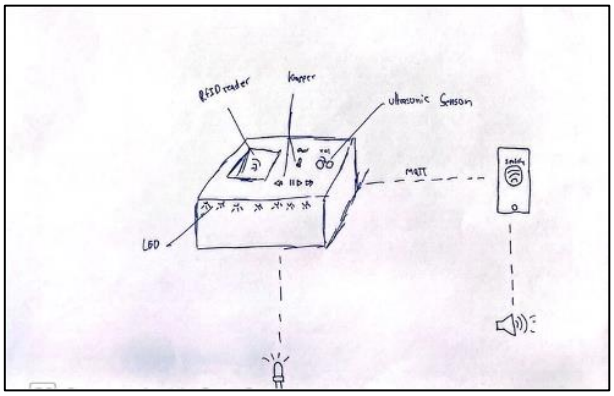
Vi undersøgte også ***motion-based volume control***, hvor flere ultrasonic sensor i et rum styrer både lydstyrke og musikgenre baseret på bevægelse. For eksempel kunne høj bevægelse aktivere højere og energiske genrer som rock til en fest, mens mindre bevægelser aktiverede roligere klassisk musik. Selvom idéen i starten virkede lovende, viste ***reflection on action*** flere udfordringer. For eksempel kunne almindelige bevægelser i rummet uforudsigeligt ændre musikken eller lydstyrken, hvilket kunne føre til frustration og gøre det svært for brugeren at bevare kontrol gennem bevidste interaktioner med systemet. Dog førte konceptet med motion-based volume control os til idéen om at bruge en enkelt ultrasonic sensor til lydstyrkekontrol. Sensoren måler afstanden til en håndbevægelse, så lydstyrken sænkes, når brugeren er tættere på, og øges, når brugeren er længere væk. Dette gør det nemt for brugeren at justere lydstyrken og giver dermed enkel og præcis kontrol over systemet. Efter dette valgte vi Spotify API som musikkilde på grund af det omfattende musikbibliotek.

Til sidst kiggede vi også på QR-koder, fordi vi godt kunne lide deres enkelhed og genkendelighed. Gennem ***reflection on action*** og videre skitsering indså vi, at QR-koder var uengagerede, upraktiske i et hjemmemiljø og manglede den naturlige forbindelse, vi ønskede at skabe. Dette fik os til at undersøge fysiske interaktioner og arbejde med ***tangible computing*** med **RFID-tag** som ***tokens*****,** for at skabe en digital oplevelse baseret på konkrete handlinger. Vi blev inspireret af konceptuelle modeller som en pladespiller, hvor en fysisk handling, som at placere en plade, har en direkte digital effekt.

Her fik vi også ideen om at tilføje en funktion, der gav brugerne mulighed for at kombinere flere RFID-tags til at lave playlister. Ideen var, at brugerne kunne scanne flere tags

i rækkefølge eller placere flere albums på én gang, så systemet kunne samle dem til én playliste. Denne funktion skulle gøre interaktionen mere fleksibel og personlig, så brugerne fik mere kontrol over deres lytteoplevelse. For eksempel kunne en bruger, der holder en middag, scanne tags for jazz, klassisk og loungemusik og skabe en samlet playliste, der spiller glidende gennem aftenen. Flere brugere kunne derfor også tilføje deres egne tags for at lave fælles playlister, hvilket tilføjede et samarbejdselement til interaktionen.

Selvom nogle af de ideer, vi undersøgte, ikke blev implementeret, gav de værdifuld indsigt og hjalp os med at afklare vores mål. De viste, hvad **EchoTouch** bør og ikke bør fokusere på, og gav os et klart fokus.



Figur 3 En indledende skitse

For at forbedre brugeroplevelsen undersøgte vi feedbackmekanismer som sensorisk feedback via vibration og dynamisk belysning med enkelte LEDs. Disse komponenter blev integreret med RFID-tags og ***motion-based volume control*** i en skitse (Figur 3) for at bekræfte ændringer i tilstand. ***Reflection on action*** viste dog, at vibrationer og LEDs ville være for forstyrrende i et hjemmemiljø. Dette førte os til brugen af LED-strips, der skifter med musikken og kan installeres rundt omkring i hjemmet, fx under møbler, langs vægge eller bag genstande. På denne måde kan **EchoTouch** give visuel feedback gennem lys, som er naturligt integreret i hjemmet og dermed skaber en sammenhængende oplevelse.

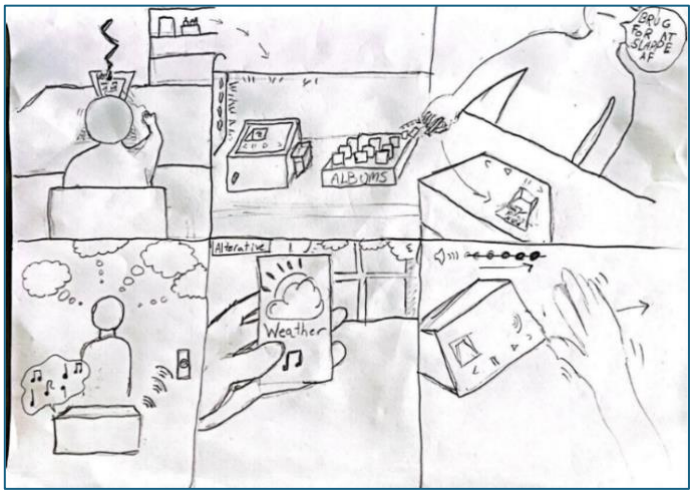
Skitsering med sticky notes og tegninger fungerede derfor som en hurtig og iterativ metode til at teste og visualisere idéer for at finde ud af, hvad der virker, for dermed at skabe meningsfulde interaktioner med musik. Denne del af designprocessen førte til kombinationen af fysisk interaktion (RFID-tags) og feedbackmekanismer (LED-strips) som et fundament for den videre udvikling af **EchoTouch**.

Gennem ***reflection-in-action*** indså vi potentialet i at bruge eksterne datakilder, der kunne tilpasses musikafspilningen. En idé, vi undersøgte, var at integrere en Social Media API, hvor platforme som TikTok kunne bruges til at analysere populære sange og lave playlister. For eksempel kunne systemet afspille musik, der var forbundet med virale trends og skabe en moderne og socialt forbundet musikoplevelse. Selvom idéen var innovativ, manglede den det fokus på det individuelle, som vi ønskede at prioritere. vi valgte derfor at gå væk fra denne idé.

Vi overvejede også at integrere en Fitness API, der kunne tilpasse musikken efter brugerens fysiske aktivitet. For eksempel kunne den forbinde til apps som Apple's Health app for at spille energisk musik under træning eller rolig musik under afslapning. Selvom ideen var interessant, passede den ikke til vores tanker for **EchoTouch**. Fokus på tangible interaktioner, som brugen af RFID-tags, gjorde det svært at integrere fitnessdata uden at ødelægge den bevidste oplevelse, vi ønskede at skabe.

Derfor passede de allerførste APIs, vi overvejede, ikke særlig godt til **EchoTouch's** designfilosofi. For at forbedre vores tilgang gik vi videre fra at brainstorme idéer til den næste designfase: ***storyboarding***. Denne fase gjorde det muligt for os at teste interaktioner i realistiske situationer, undersøge **EchoTouch's** rolle i hverdagen og finde de mest relevante eksterne data.

4.3 Storyboarding



Figur 4 En grundlæggende storyboard

Et ***storyboard*** er en skitseringsmetode, der bruges til at visualisere brugeroplevelser og sætte abstrakte idéer i en realistisk kontekst. Vi gjorde dette for **EchoTouch** i Figur 4, som viser en bruger, der scanner et RFID-tag for at afspille musik og slappe af efter en travl dag.

Dermed illustrerer ***storyboardet***, hvordan fysiske interaktioner med **EchoTouch** integreres i dagligdagen.

Gennem ***reflection-in-action*** indså vi gennem storyboard hvordan personlige skemaer kan påvirke ens humør. Dette førte til ideen om at bruge en kalender-API til at tilpasse systemet til brugerens daglige behov og forbedre humøret. Ved at hente brugerens skema gennem en mock-API (da Googles API-system er meget komplekst) kunne systemet justere playlisterne til energisk musik på travle dage eller rolig musik til afslapning efter en lang dag. LED-lyseffekter vil også ændres efter kalender-API. For eksempel, når brugeren har en travl dag med mange møder eller opgaver, lyser LED'erne med et stabilt, varmt gult eller rødt lys, der symboliserer fokus og produktivitet. På mere rolige dage med færre opgaver skifter lyset til en beroligende blå, som fremmer ro og afslapning. Disse lyseffekter supplerer musikafspilning og RFID-interaktioner og giver visuelle signaler, der hjælper EchoTouch med at integrere sig i brugerens daglige rutine.

Storyboard processen fik os også til at tænke på, at vejret kan påvirke humøret, hvilket førte til ideen om at tilføje en vejr-API. Den justerer musikken efter vejret, for eksempel med beroligende musik på regnvejrsdage eller livlige numre på solskinsdage. Den måde som vejr-API vil passe med lyset er, at under regnvejr er LED-lysene et beroligende blåt lys med en blid pulserende effekt, der fremkalder afslapning og eftertanke. På solrige dage skifter lysene til lysegule eller varme orange nuancer, hvilket skaber en levende og opløftende atmosfære. Under snevejr lyser LED-lysene med et blødt hvidt lys, med en faldende dråbe-effekt, der efterligner den rolige nedstigning af snefnug. Overskyet vejr repræsenteres ved, at alle lysene falmer sammen i neutrale grå nuancer, hvilket ligner hvordan skyerne hænger over solen. Dette styrker forbindelsen mellem brugeren og deres omgivelser.

Vi endte derfor med at bruge kalender- og vejr-API'er til at justere musik og LED-strips efter brugerens daglige rutiner, da dette gjorde interaktioner mere personligt. På denne måde passer de bedre til **EchoTouch's** designfilosofi end tidligere API'er, vi overvejede.

Gennem ***reflection on action*** blev vi også opmærksomme på relevansen af ***Slow Technology***-principperne for **EchoTouch**, da vi så muligheden for at designe interaktioner, der opfordrer brugerne til at tage sig tid og fordybe sig i systemet. Dette kunne dermed skabe en mere eftertænksom brugeroplevelse.

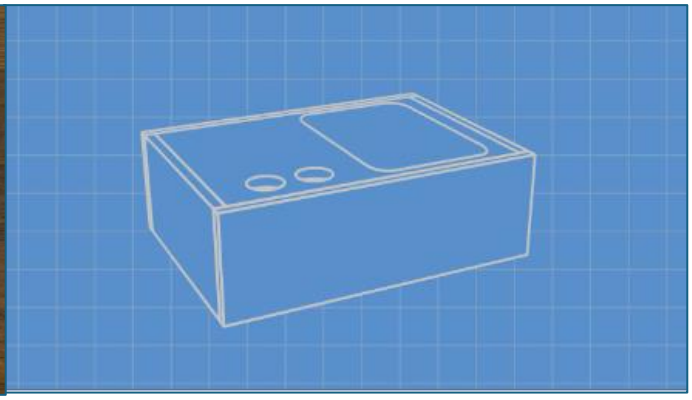
Storyboard-processen tilføjede derfor et ekstra lag til vores oprindelige idéer. Den næste del af designprocessen vil nu udvikle **EchoTouch** videre ved at fokusere på at teste, om interaktionerne er gennemførlige. Dette vil blive gjort gennem ***experience prototyping***.

4.4 Experience Prototyping gennem low-fidelity modeller

Experience prototyping handler om at bruge modeller til at udforske systemets fysiske og oplevelsesmæssige kvaliteter (Buchenau & Suri, 2000). Dette gjorde vi først gennem low-fidelity modeller, som vi vil nu gennemgå i følgende sektioner.

4.4.1 Hardware

Figur 5 Lego prototype



Figur 6 indledende Blueprint

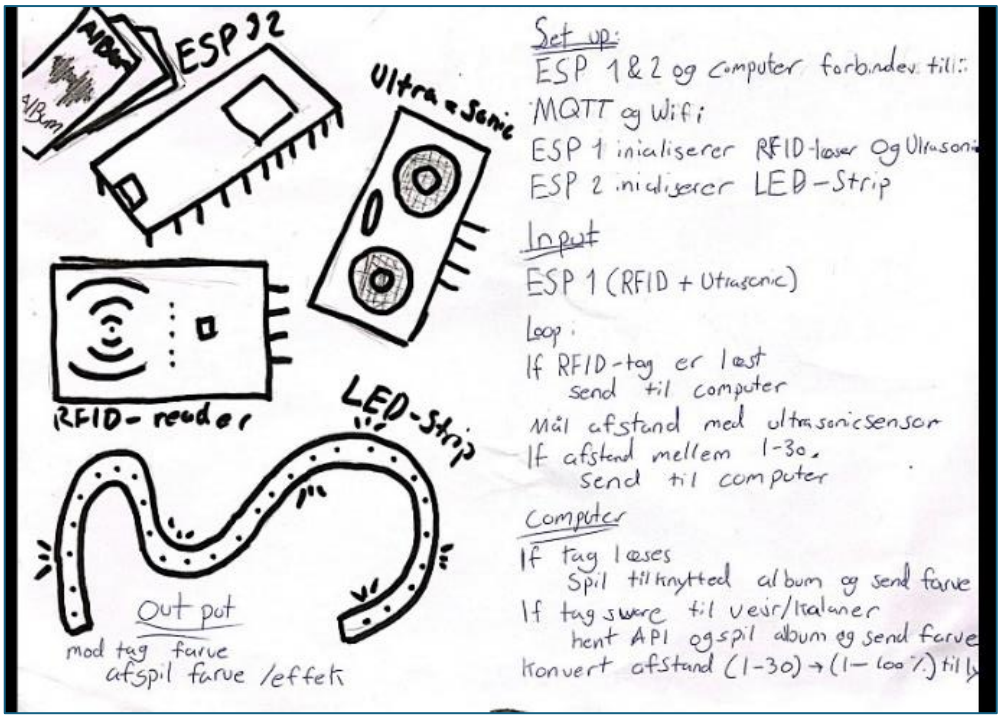
komponenterne, RFID-læser, ultrasonic sensor og ESP32-mikrocontroller, for at sikre, at de fungerede individuelt, som vist i Figur 5. Derefter lavede vi en LEGO-prototype, som gav en fleksibel platform til at undersøge, hvordan brugere interagerer med placeringen af komponenter. LEGO's fleksibilitet gjorde det nemt at foretage hurtige justeringer gennem reflection-in-action.

Ved at eksperimentere fandt vi ud af, at brugerne uheldigvis kunne svæve over ultrasonic sensoren, mens de brugte RFID-læseren, og dermed kom til at ændre lydstyrken. Vi justerede derfor afstanden mellem RFID-læseren og ultrasonic sensoren og placerede RFID-læseren på højre side, da de fleste brugere er højrehåndede. Dette viste også behovet for et spejlvendt design, så venstrehåndede brugere kan få samme brugervenlighed.

Vi fandt også ud af, at ultrasonic sensoren kræver fri plads over sig for at registrere håndbevægelser. Dette betyder, at der er begrænsninger for, hvor **EchoTouch** kan placeres. I modsætning til de tidlige storyboards, der antog, at **EchoTouch** kunne integreres problemfrit i stuen, kan den derfor ikke placeres i en reol. Dette understreger behovet for at vejlede brugerne til at placere **EchoTouch** i åbne og tilgængelige områder for at sikre optimal funktion.

Den bedste konfiguration fra LEGO-prototypen blev derefter lavet til et detaljeret blueprint (Figur 6), som vi brugte til at lave en papmodel til videre iterationer.

4.4.2 Software



Figur 7 Sketch af Hard/Software

Derefter gik vi videre til softwareudviklingsfasen og lavede en simpel skitse af softwaren, som ses i Figur 7.

Mens kalender- og vejr-API'erne fungerede som forventet, stødte vi på vores første store udfordring: Spotify-API'en var for kompliceret og virkede ikke. Dette løste vi ved at gemme forudbestemte albums direkte på den centrale computer, hvilket fjernede muligheden for at redigere playlister. Vi gik derefter videre med at programmere den centrale computer til at modtage RFID-tag-input fra ESP32. Her opstod der dog flere udfordringer, såsom at vi ikke kunne implementere funktioner som at springe sange over eller spole frem.

Selvom vi kunne have forsøgt at løse problemet, førte ***reflection on action*** os til at værdsætte ideen om ikke at inkludere disse funktioner, da det at undvære dem stemte faktisk meget godt med principperne for ***Slow Technology***. Dette er fordi, når man lytter til et album fra start til slut, opfordres brugerne til at fordybe sig i albummets flow og nyde dets kunstneriske udtryk, hvilket skaber en stærkere relation til musikken. Denne tilgang passer godt til ***Slow Technology***'s fokus på fordybelse og giver en kontrast til den fragmenterede oplevelse, man får på Spotify, hvor man ofte er drevet af den hurtige tilfredsstillelse ved at skippe sange. Brugeren får derfor en sammenhængende oplevelse, der minder om pladespillere og fremhæver deres rolle som en konceptuel model. Denne tilføjelse af fokus var også grunden

til, at vi valgte ikke at implementere den tidligere idé om at kombinere RFID-kort til playlister, da den vil havde taget fokuset væk fra den enkelte album, og derfor være i konflikt med konceptet for ***Slow Technology***. Denne tilføjelse af fokus var også grunden til, at vi valgte ikke at implementere den tidligere idé om at kombinere RFID-kort til playlister, da den ville have taget fokus væk fra det enkelte album, og derfor været i konflikt med konceptet for Slow Technology. Dermed viste det sig, at selvom manglen på mulighed for at ændre i musikken først virkede som en teknisk begrænsning, understøtter det faktisk designfilosofien bag **EchoTouch** og bliver en funktion, der forbedrer brugeroplevelsen.

4.4.3 Software-Optimization

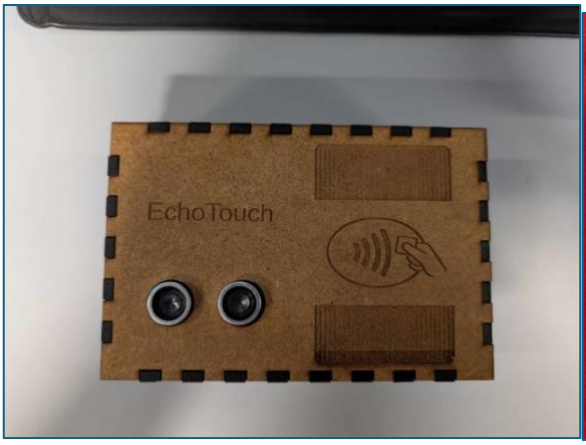
I denne del af designprocessen indså vi, at den oprindelige softwareopsætning af de to sensor-tilsluttede ESP32-enheder var for kompliceret. ESP32'en skulle håndtere mange opgaver, såsom at sende data til både central-computeren og en anden ESP32 samt håndtere af API og dens data insamling. Dette var for overbelastende for ESP32'en og forstyrrede dens funktionalitet. Gennem ***reflection on action*** blev systemet ændret for bedre at følge principperne for ***connectivity*** og ***composition***. Opgaverne blev fordelt, så centralcomputeren tog over på databehandling, mens ESP32-enhederne blev forenklet til kun at indsamle data og sende dem til én enhed i stedet for to. Denne omstrukturering forbedrede systemets effektivitet og funktionalitet af de enkelte komponenter.

Omstruktureringen forbedrede dermed ***interusability*** ved at skabe en sammenhængende oplevelse på tværs af alle tilsluttede enheder. RFID-læseren, ultrasonic sensoren og LED-strippen fungerede nu sammen, hvilket sikrede, at handlinger som at scanne et tag eller justere lydstyrken gav hurtige og forudsigelige reaktioner. Dette gjorde interaktionerne mere pålidelige og styrkede dermed brugerens tillid samt tilfredshed. Derudover forbedrede det centralcomputerens evne til at behandle kontekstuelle data, som vejroplysninger eller kalenderinput, hvilket muliggør ***context-driven interaction.***

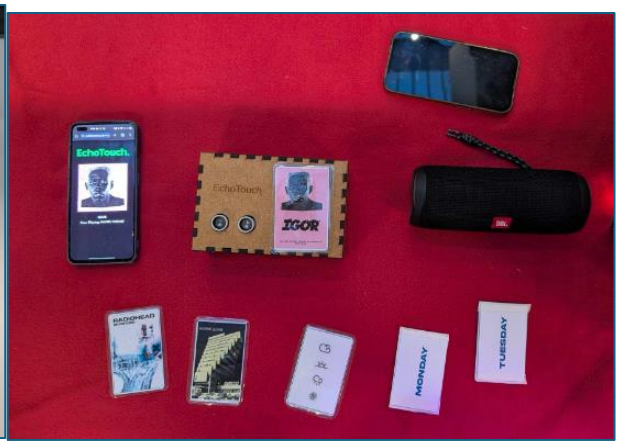
Den iterative proces med at skitsere gennem LEGO, blueprints og papmodeller gav værdifuld indsigt i, hvordan fysiske former og softwarearkitektur påvirker brugeroplevelsen. Denne proces viser også, at prototyper ikke er tænkt som færdige produkter, men som skitser til videreudvikling. Et eksempel på dette er, hvordan oprindelige begrænsninger overraskende blev til funktioner, der forbedrede brugeroplevelsen. Gennem low-fidelity modeller har vi

dermed skabt et fundament, som vi kan videreudvikling med high-fidelity modeller til finpudsning af vores interaktive skitse.

4.5 Experience Prototyping gennem high-fidelity modeller



Figur 8 Prototype udeseende



Figur 9 Udstilling af prototypen

Vi fortsatte derefter med experience prototyping gennem high-fidelity modeller. Her fokuserede vi på at bruge principperne for ***tangible computing***, hvilket handler om at omdanne digitale interaktioner til meningsfulde fysiske brugeroplevelser. Dette vil de næste afsnit uddybe.

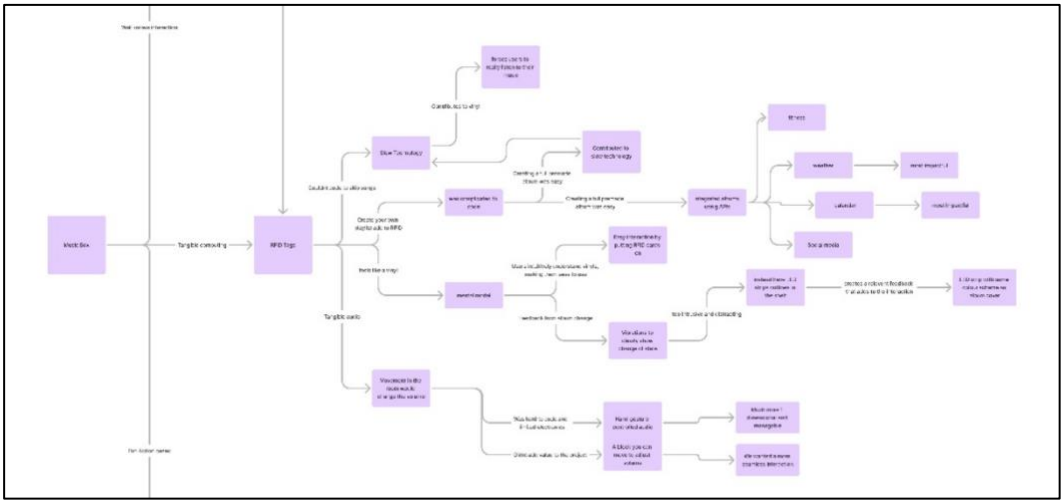
For at afspejle den konceptuelle model af en pladespiller blev **EchoTouch** designet med laserskåret træ for at skabe et vintage-look. ***Visual signifiers*** blev derefter tilføjet som kan ses i Figur 8, da brugerundersøgelser viste behovet for klare ***interaction cues***. Dette inkluderede laserskårne symboler, der viser, hvor RFID-tags skal placeres. Symbolerne er indrammet af forsænkede, mørkere træområder, der passer præcist til RFID-kortene. Derved sørger disse features for, at interaktionen med **EchoTouch** er enkel og naturlig.

For at forbedre brugernes forståelse af systemets funktion samt overblik har vi lavet en ***web-interface,*** der fungerer som både musikafspiller og feedbackcenter, som vist i Figur 9. ***Web-interface'en*** giver realtidsopdateringer, der passer til det RFID-kort, der bruges, og viser detaljer som albumcover, titel, kunstner og den aktuelle sang. Den er dog ikke designet med henblik på daglig brug, da vi stadig ønsker, at **EchoTouch** fokuserer på ***tangible computing***-interaktioner. ***Web-interface'en*** er primært lavet for at demonstrere centralcomputerens kapacitet, som arbejder i baggrunden for at understøtte de tangible interaktioner i overensstemmelse med principperne for ***ubiquitous computing***.

4.6 Foreløbig konklusion

Processen med at skabe en interaktiv skitse i de tidlige udforskningsfaser af et produkt som **EchoTouch** har gjort det muligt for os at designe en reflekterende og fordybende brugeroplevelse. I løbet af denne proces anvendte vi principperne fra Buxton (2007) funnelen til at guide vores iterative designproces.

Denne metode gjorde det muligt for os at udforske forskellige ideer, vurdere deres potentiale og forfine dem til et sammenhængende koncept. Den første fase af Buxton (2007) - funnelen begyndte med et decision tree (figur 2), som lagde fundamentet for den tidlige designproces og de efterfølgende beslutninger. De følgende faser, sketching, storyboarding, experience prototyping og user testing blev organiseret i klart definerede trin: idéudvikling, evaluering og forbedring. Denne struktur gjorde det muligt at starte med bred udforskning, som gradvist blev mere fokuseret og dermed sikrede klarhed og retning gennem hele processen. ***Reflection-in-action*** hjalp os med at tilpasse og ændre i realtid, mens ***reflection-on-action*** gjorde det muligt at analysere resultaterne og træffe strategiske beslutninger. Disse iterative metoder sikrede, at hver designbeslutning var baseret på kreativ eksperimentering og grundig analyse.



Figur 10 dybere decision tree https://www.figma.com/board/FhwEAG25iBSWVRynusUiha/Untitled?node-id=0-1&t=ReMLlau91OigBwpx-1

De tre vigtige hændelser, som vores proces førte til, var designvalget om at bruge tangible computing med RFID-integration, implementeringen af Slow Technology og brugen af kontekstbaserede API'er som Weather og Calendar. RFID-teknologien gjorde fysisk interaktion til en central funktion, inspireret af den tangible oplevelse fra pladespillere.

Kontekstbaserede API'er om vejrforhold og brugerens skema gjorde **EchoTouch** mere personligt. Valget om at bruge ***Slow Technology*** som en hovedteori førte til fokus på fordybelse i brugeroplevelsen. Disse hændelser er vist i decision-tree'et i Figur 10

Dog er rollen af vores projekt stadigvæk en sketch af brugeroplevelsen i de tidlige eksplorative faser af interaktionsdesignprocessen, og der er derfor stadig mange potentielle fremtidige justeringer.

4.7 Fremtidige justeringer

Fremtidige justeringer kunne potentielt fokusere på at forbedre **EchoTouch's** tilpasningsevne, feedback og integration med smart home-økosystemer. Dette kan udvide dens rolle fra en smart home-enhed til at bidrage endnu mere til brugeroplevelsen i den smarte bæredygtige by.

Vi fik indsigt i potentielle justeringer af **EchoTouch** gennem ***user-testing*** under en udstilling. Her brugte vi vores interaktive sketch af **EchoTouch** til at få indsigt i designets styrker og svagheder. For eksempel så vi, hvordan deltagerne helt naturligt brugte albummene og placerede dem på **EchoTouch** uden nogen instruktioner. Denne interaktion viste, hvor effektiv den konceptuelle model og de visuelle signifiers var. Når systemet reagerede med det samme og fungerede som forventet, viste deltagerne også tydelig begejstring, hvilket bekræftede brugeroplevelsens succes. Derudover var deltagerne også nysgerrige over, at man ikke kunne springe sange over, hvilket også skabte refleksion over oplevelsen.

Udstillingen afslørede dog også vigtige svagheder i vores design. Specifikt så vi forsinkelser i respons, som påvirkede den samlede brugeroplevelse for nogle deltagere. For eksempel registrerede ultrasonic sensoren i nogle tilfælde håndbevægelser med op til to sekunders forsinkelse, når deltagerne forsøgte at styre lydstyrken, hvilket førte til forvirring og frustration. Der var også tilfælde, hvor RFID-kortene ikke straks aktiverede musikafspilning, hvilket fik brugerne til at tro, at de havde lavet en fejl, og som fik dem til at miste interessen. Disse situationer forstyrrede derfor den sammenhængende interusability mellem komponenterne og interaktions-flowet. For at designet kan opfylde sit mål om at fremme reflekterende brugeroplevelser bør fremtidige justeringer fokusere på at sikre minimal forsinkelse.

Vi overvejede også justeringer som at give feedback og lave begrænsninger for at guide brugerne. For eksempel kunne ultrasonic sensoren bruge en rød LED til at vise en dårlig placering, indtil den registrerer nok fri plads over sig. Denne funktion ville gøre det nemmere for brugerne at placere **EchoTouch** korrekt for optimal funktion.

En anden mulig forbedring for at gøre **EchoTouch** mere sammenkoblet i et IoT-system er at tilføje haptisk feedback til brugerens telefon. Når et RFID-tag scannes, og musikafspilning kommer til at starte, kan telefonen vibrere kort for at bekræfte, at systemet har reageret. Dette ville berolige brugeren og vise, at en eventuel forsinkelse kun er midlertidig, og at systemet fungerer som det skal. Dette kunne potentielt løse nogle af de problemer, der blev identificeret under udstillingen. Funktionen passer til den konceptuelle model fra MIT-ID og giver en tydelig bekræftelse på interaktionen. Ved at tilføje denne feedback styrker **EchoTouch** interaktionen mellem brugeren, RFID-tagget og systemet.

Fremtidig justering kunne også fokusere på at forbedre **EchoTouch's** ***interoperability*** med andre IoT-enheder. Ved at integrere det med smart home-systemer som alarmure, TV eller køkkenapparater, kan det skabe et samlet miljø, der tilpasser sig til brugerens præferencer og skiftende behov. For eksempel kunne musikafspilning synkronisere med lys eller temperatur. Denne integration vil bidrage til visionen om en smart og bæredygtig by.

5.0 Interaktive sketch af EchoTouch

De følgende afsnit vil gennemgå en opsummering af den endelige interaktive sketch af **EchoTouch** ved først at gennemgå sketching af software-/hardware og derefter sketching af brugeroplevelsen.

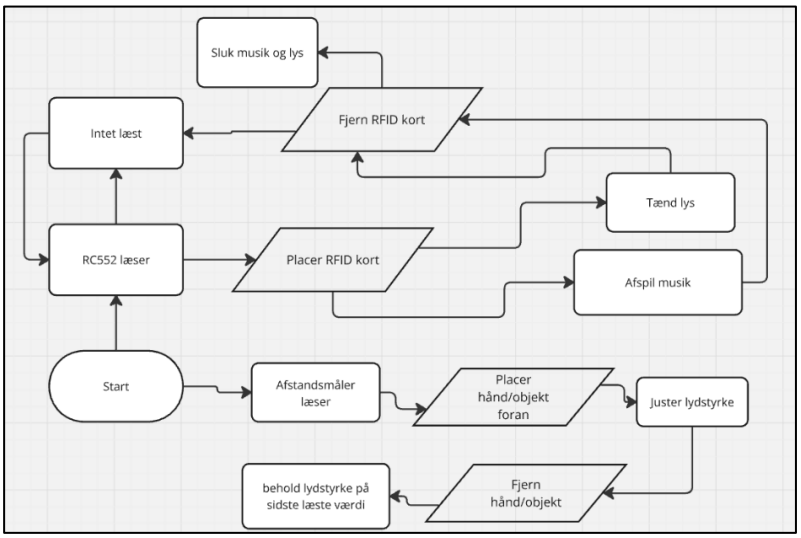
5.1 Sketching of Software/Hardware

Den endelige sketching af **EchoTouch's** software og hardware er en fuldt integreret prototype, der kombinerer fysiske input, processing-coordination'er og realtidsfeedback i en modulær IoT-arkitektur. Systemet bruger en RFID RC522-læser til at registrere unikke tags og starte albumafspilninger, mens en ultrasonic sensor gør det muligt at styre lydstyrken med håndbevægelser. Kommunikation sker via MQTT-protokollen, hvor ESP32-mikrocontrollere, programmeret i Arduino IDE, håndterer sensorer og styrer en WS2812 LED-strip. LED-strippen giver feedback baseret på musik, vejr eller kalender. En central computer, programmeret i Processing, styrer albums, API-integrationer og systemets funktioner for at sikre en enkel samt effektiv drift.

SPI- og MFRC522-bibliotekerne gør det nemmere for ESP32 at kommunikere med RFID-læseren og håndtere RFID-tags. SPI-biblioteket, som følger med Arduino-softwaren, skaber en forbindelse mellem ESP32 og RFID-læseren, så de kan udveksle data. MFRC522-biblioteket, lavet af Balboa (n.d), giver eksempler på, hvordan man registrerer RFID-tags, læser deres ID'er og behandler data. Sammen gør disse biblioteker opsætningen og funktionen af RFID-systemet lettere, så **EchoTouch** reagerer præcist, når et tag scannes.

AI blev brugt til at fejlfinde vores kode, f.eks. ved at identificere problemer med biblioteker som MFRC522 og MQTT, hvilket førte os til at finde yderligere information fra kilder som Balboa (n.d.) eller Random Nerd Tutorials (2021, 2016). For eksempel oplevede vi situationer, hvor komponenterne fungerede fint isoleret, men der opstod udfordring med at sætte dem sammen. AI hjalp med at identificere strukturelle problemer ved at guide os til strategisk at placere serial prints, som kunne pege på, hvor koden muligvis fejlede. Når kilden til problemet blev fundet, kunne vi få yderligere hjælp fra TAs til at løse problemerne.

5.2 Sketching af brugeroplevelsen



Figur 11 Interaktion flowchart

Brugeroplevelsesskitsen er vist som et flowchart (Figur 11), der viser de vigtigste interaktioner under brug af produktet. Flowchartet viser, at systemet kræver bevidste handlinger fra brugeren for at fungere. For eksempel starter musikafspilning kun, når et RFID-tag placeres på læseren, og lydstyrken justeres kun med håndbevægelser nær ultrasonic sensor'er.

Sketching af brugeroplevelsen er vist som et flowchart (Figur 11), der inkluderer de vigtigste interaktioner under brug af **EchoTouch**. Det illustrerer også, hvordan **EchoTouch** kræver bevidste handlinger. For eksempel starter musikafspilning kun, når et RFID-tag placeres på læseren, og lydstyrken justeres med håndbevægelser nær ultrasonic sensors.

RFID-læseren, der kører i et loop, gør det nemt og naturlig at vælge mellem forskellige albums. Samtidig gør ***ultrasonic sensoren*** det muligt at styre lydstyrken med håndbevægelser uden behov for knapper. Sammen skaber disse funktioner en enkel og effektiv måde at bruge **EchoTouch** på.

Ved at fokusere på ***tangible interaktioner*** viser flowchartet, hvordan **EchoTouch** kan passe ind i daglige rutiner uden brug af traditionelle skærme eller interfaces. Dette gør brugeroplevelsen enklere og skaber en unik og bevidst relation mellem brugeren og teknologien.

6.0 Diskussion & Refleksion

Dette afsnit ser på, hvordan forskellige skitseringsmetoder har bidraget til konstruktionen af interaktive sketches under design for brugeroplevelser med IoT. Hver metode beskrives i den rækkefølge, de blev brugt, med fokus på deres bidrag, fordele og udfordringer.

6.1 Initial sketching

En indledende skitseringsfase gav en hurtig og fleksibel måde at udforske idéer på ved hjælp af værktøjer som sticky notes, brainstorming og abstrakte tegninger. Dette gjorde det muligt at visualisere idéer uden at binde sig til specifikke løsninger, og vi kunne derfor udforske mange forskellige ideer. På denne måde kunne vi være mere kreative ved at fokusere på udforskning frem for præcision. Dog var det svært at vurdere idéernes funktionalitet i praksis. Derfor blev det vigtigt at gå videre til storyboarding.

6.2 Story boards

Storyboarding er en effektiv metode til at evaluere specifikke scenarier og giver indsigt i, hvordan brugere kan interagere med et design i virkelige situationer. Ved at kortlægge brugerrejser hjælper storyboards med at finde muligheder, fremhæve begrænsninger og inspirere til forbedringer. For EchoTouch viste storyboarding, hvordan faktorer som vejr eller

stress kan påvirke brugerens behov, og det førte til ideen om adaptive funktioner som dynamisk musik via API'er.

Men storyboarding har også sine begrænsninger. Det er en statisk metode, der bygger på antagelser om brugeradfærd, som måske ikke passer til virkeligheden. Det kan heller ikke teste, hvor godt interaktioner fungerer, for eksempel hvordan musikken tilpasser sig i realtid. Derfor kan storyboarding ikke afsløre tekniske udfordringer, som kræver metoder som experience prototyping og hardware/software-testning.

6.3 Experience Prototyping

Experience prototyping handler om at simulere og udforske brugerinteraktioner i en realistisk kontekst. Målet er at forstå, hvordan brugere bruger et produkt eller system. I modsætning til traditionelle prototyper, der fokuserer på teknisk funktion, lægger experience prototyping lige så stor vægt på brugerens følelser, sanser og praktiske oplevelse.

En af de største fordele ved ***experience prototyping*** er dens evne til at give dybere indsigt i, hvordan brugere engagerer sig med et produkt. Ved at give designere eller andre mulighed for direkte at interagere med en prototype skaber det en bedre forståelse af brugeroplevelsen.

6.4 Low-Fidelity Soft-/Hardware Prototyping

Soft- og hardware-sketches med low-fidelity modeller giver en mulighed tidligt i processen at udforske designidéer og vurdere, om de valgte komponenter kan løse de nødvendige opgaver. Metoden lader designere nemt teste systemets layout, hvilket giver indsigt i brugervenlighed og teknisk funktion. For eksempel hjalp en low-fidelity hardwaremodel os med at finde den mest brugervenlige placering af RFID-læseren og teste, om den kunne registrere tags gennem tykt træ. På samme måde kunne vi også bruge software-sketchen til en simpel simulation af softwarearkitektur.

Selvom de er nyttige, har low-fidelity modeller begrænsninger. De mangler ofte detaljer, som er vigtige for at teste komplekse systemer. Uden high-fidelity prototyper kan det være svært at se, hvordan systemet klarer sig under krævende forhold, som f.eks. flere inputs samtidig eller pressede situationer. Dette kan føre til oversete problemer, der kan påvirke brugeroplevelsen negativt. Disse problemer kan skabe store udfordringer senere i designprocessen og kræve mange ændringer for at løse dem.

6.5 High-Fidelity Prototyping og System Testing

High-fidelity prototyping bygger videre på low-fidelity skitsering ved at samle hardware, software og forbindelser i en mere funktionel og realistisk model. Denne fase gør det muligt at teste systemet under forhold, der minder om den planlagte brug, så designere kan se, hvordan komponenter som sensorer, aktuatorer og kommunikationsprotokoller arbejder sammen.

En af de store fordele ved ***high-fidelity prototyping*** er, at det kan afsløre tekniske problemer, som kan være svært at identificere i de tidligere mere enkelte modeller. Problemer som forsinkelse, responstid eller forbindelsesfejl bliver ofte tydelige i denne fase, hvilket vi også oplevede i udstillingen.

Desuden gør high-fidelity prototyper det muligt at lave brugertests, hvor designere kan få feedback til at forbedre sketchen. Denne fase kræver dog en balance mellem at udvikle trin for trin og håndtere den øgede kompleksitet ved at samle flere komponenter i et system.

6.6 Reflektion

Udviklingen af EchoTouch viser, hvordan forskellige skitseringsmetoder som grove skitser, storyboards, experience prototyping og low- og high-fidelity prototyping kan hjælpe med at sketch IoT-systemer.

Den iterative og brugerfokuserede tilgang gjorde det muligt at forbedre EchoTouchs funktioner i hver fase, så vi til sidst endte med en sketch af en fordybende og engagerende brugeroplevelse, der kombinerer fysiske og digitale interaktioner.

7.0 Konklusion

Vores projekt gav os erfaring med at arbejde med soft- og hardware som designmateriale i de tidlige eksplorative faser af interaktionsdesignprocesser. Dette gjorde vi ved at designe en interaktiv sketch af en brugeroplevelse med (smarte) forbundne produkter som en del af **Internet of Things (IoT).** Vi udforskede temaet ***'Skitsér en brugeroplevelse i den smarte, bæredygtige by'***, og gennem sketching som proces førte det til vores produkt, en skitse af et IoT-system kaldet EchoTouch.

Gennem denne proces lærte vi det iterative aspekt af de tidlige eksplorative faser af interaktionsdesign processer, hvilket kan ses i, hvordan vi gennem vores arbejde med

EchoTouch har undersøgt mange forskellige ideer og retninger. Dette gjorde vi ved hjælp af forskellige sketching-methods, hvor hver metode hjalp os med at finde nye perspektiver på designet. Vi lærte også, at processen ofte kommer med overraskelser, for eksempel hvordan en oprindelig begrænsning i Spotify API'en faktisk blev et inspirationspunkt for Slow Technology.

Til sidst designede vi en brugeroplevelse, der fokuserer på reflekterende interaktioner for at skabe dybere forbindelser til verden gennem musik. EchoTouch er stadig i de tidlige faser af designprocessen, og der er potentiale for fremtidige forbedringer. Det kunne for eksempel være at gøre EchoTouch mere kompatibel med andre IoT-systemer og skabe en samlet smart home-oplevelse, der bidrager til en mere sammenkoblet fremtid.

8.0 Referencelisten

Balboa, M. (n.d.). *MFRC522*. GitHub. https://github.com/miguelbalboa/rfid

Buchenau, M., & Suri, J. F. (2000, August 1). *Experience prototyping*. https://doi.org/10.1145/347642.347802

Buxton, B. (2007). *Sketching user experiences: getting the design right and the right design*. https://laithaljunaidy.com/books/assets/files/Sketching-userexperiences_gettingthedesignrightandtherightdesignPDFDrive.pdf

ESP32 with HC-SR04 Ultrasonic Sensor with Arduino IDE | Random Nerd Tutorials. (2021, July 27). Random Nerd Tutorials. https://randomnerdtutorials.com/esp32-hc-sr04-ultrasonic-arduino/

Hallnäs, L., & Redström, J. (2001). Slow Technology – designing for reflection. *Personal and Ubiquitous Computing*, *5*(3), 201–212. https://doi.org/10.1007/pl00000019

HiveMQ Team. (2024, February 14). Introducing the MQTT Protocol – MQTT Essentials: Part 1. *HiveMQ*. https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt/

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*. https://doi.org/10.1145/258549.258715

MFRC522 RFID Reader with Arduino Tutorial | Random Nerd Tutorials. (2016, April 23). Random Nerd Tutorials. https://randomnerdtutorials.com/security-access-using-mfrc522-rfid-reader-with-arduino/

Patel, K., & Patel, S. (2013). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science*. https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2019/09/Fardapaper-Internet-of-Things-IOT-

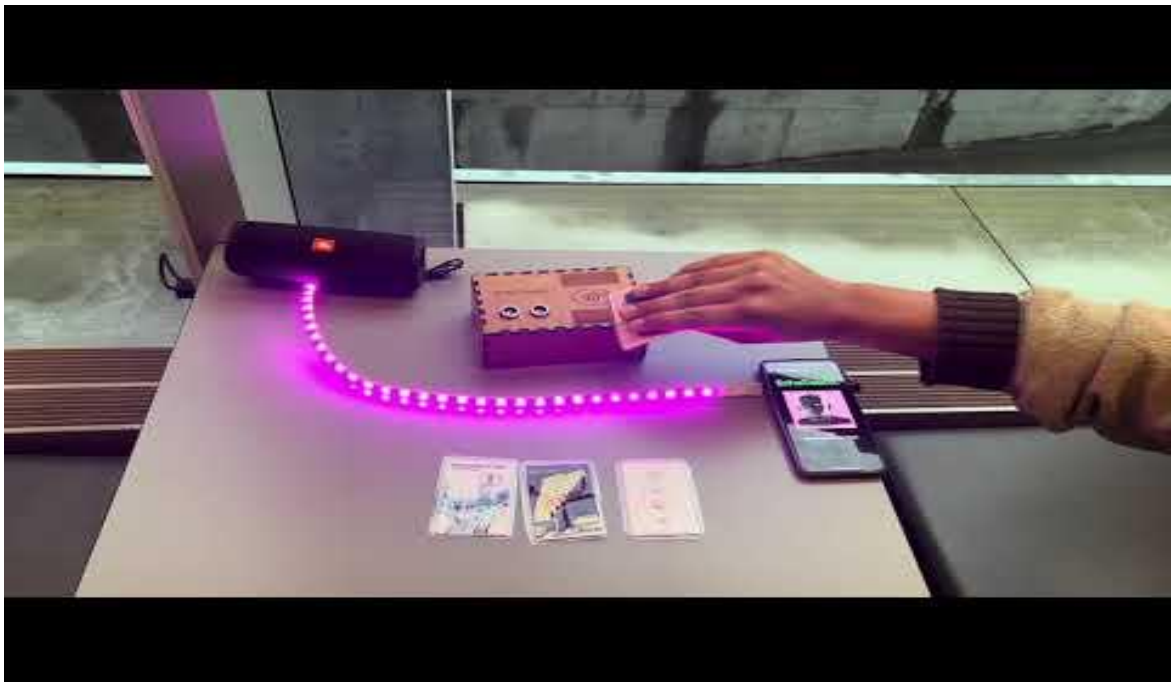
Definition-Characteristics-Architecture-Enabling-Technologies-Application-Future-Challenges.pdf

Rowland, C., Goodman, E., Charlier, M., Light, A., & Lui, A. (2015). *Designing Connected Products: UX for the consumer internet of things*. https://openlibrary.org/books/OL27178871M/Designing_connected_products

Schön, D., & Bennett, J. (1996). Reflective Conversation with Materials. In *Bringing Design to Software* (Vol. 9). https://doi.org/10.1145/229868.230044

Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, *265*(3), 94–104. https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf

9.0 Bilag

YouTube video om hvordan vores projekt fungerer

https://youtu.be/5ibsjSFQOz0