

Slutrapport KTH LIL Projekt

Pilot study for reduced water consumption through non-invasive ultrasound technology

Projektid: Mars 2019 - June 2021

Resultatpresentation

Syftet med det föreslagna projektet är att undersöka effekterna av installation och interaktion med systemet, för att se om och i vilken utsträckning det stimulerar sparsammare vattenförbrukningsbeteenden. Målgrupperna är hyresgästerna på KTH LIL samt större kommunala och privata bostadsbolag för att öka medvetenheten även hos dem för den här typen av frågor och teknik. Resultatet av projektet kommer vara initiala indikationer att systemet har önskad verkan, en grund för att utöka implementationen hos kommunala och privata bostadsbolag för att på så vis sänka förbrukningen på, initialt, en nationell nivå. Syftet ändrades med tiden då systemet inte varit tillräckligt mogen för att kunna testa vissa högnivå-funktioner. Istället skiftades syftet till att långtidstesta enheterna och upptäcka nya buggar som endast hade kunnat uppstå vid liknande tester, samt lära oss vid installation och integration i riktiga miljöer. Ett framtida projekt har planerats in där endast de högre funktionaliteterna som samverkar med hyresgästerna kommer att testas på ett djupare plan med en mogen mätare från produktionslina och inte 3D-printer.

Genomförande

Inledningsvis installerades mätarna på inloppsrören till varje berörd lägenhet på KTH LIL. Därefter kommer vi informera berörda lägenhetsinnehavare/hyresgäster om systemet ang. funktionalitet och syfte. Därefter kommer vi gå igenom tydligt hur smartphone-appen fungerar för att undvika onödiga oklarheter i samband med implementation. Under genomförandet, kommer förbrukning dokumenteras i egna anteckningar, för att efter slutförande kommuniceras i en slutrapport till alla stakeholders; projektpartner, bostadsbolag och hyresgäster.

Med tiden så ändrades genomförandet där vi dagligen undersökte den insamlade datan visuellt och analyserade potentiella orsaker bakom kritiska buggar. Efter att buggarna/programfelen isolerades och korrigerades, besökte vi KTH LIL för att programmera om dem och fortsätta samla in data för att verifiera mätarnas funktionalitet.

Vi har inte samverkat med hyresgästerna så mycket som vi hade planerat, främst för att syftet ändrades till ett där behovet av dem inte längre var befintligt. Det finns dock planer på att ansöka om att åter göra detta på ett djupare plan i framtiden.

Resultat

Projektet har resulterat i en avsevärt förbättrad produkt och mobilapp, med stabilare radiokommunikation tack vare antenn-korrigeringar och bättre mätningssätt, samt generella programfelsfixar. Installationsmetoden har dessutom förbättrats till följd av en ökad förståelse för hur dessa mätarskåp kan vara utformade och positionerade i fastigheter. Tack vare detta projekt har vi nu kommit väldigt nära start av massproduktion av mätarna. Som tidigare nämnt så förväntades vi förstå hur vattenförbrukningsmönster ser ut och potentiellt kan förändras till det bättre med hjälp av ett genomtänkt användargränssnitt, däremot resulterade detta projekt i en mer robust enhet som inom snart framtid kan testas på det ursprungliga sättet gentemot hyresgästerna. Att samla data och träna maskininlärningsmodeller på en mätare som inte är den slutgiltiga versionen från produktionslinan hade högst sannolikt resulterat i oduglig data.

Vi har utfört tester på noggrannhet av vattenmätningar samt förbättrat stabilitet på hela trådlösa systemet inklusive molnet. Mätnoggrannheten var ej helt perfekt under detta projekt, vilket tyvärr gjorde att vi inte kunde konstatera några användbara resultat för maskininläringen. Däremot kunde vi med det samlade datat göra ett initialt arbete på maskinlärningen och avgöra vilken metod som bör användas i nästa steg. Jag bifogar en teknisk rapport (Bilaga 2) vi gjort på engelska. Det som konstaterades var att vi behövde mer korrekt data från flera mätare, och nu när vi har gjort en ny version av mätaren som är producerar i fabrik med bättre mätnoggrannhet så bör vi kunna göra ett bra arbete på den biten.

Mätnoggrannheten har strax efter projektet förbättras till ~99% noggrannhet ($\pm 0,2-0,8\%$ fel), se rapport från tredje part (Bilaga 1). Systemet (mätare -> trådlös gateway -> moln -> hemsida) i sin helhet har förbättrats avsevärt, både på säkerhetsnivå och stabilitet.

Slutsats

KTH LIL har möjliggjort ett holistiskt testande av enheterna, från installation till uppkoppling, samt över en längre period. Med ett för oss större antal installerade enheter ökade risken för att något skulle gå fel, men samtidigt ökade även chansen för oss att upptäcka dessa fel. De största felaktigheterna som upptäcktes och senare reviderades relaterade till mätningssätt, radio-kommunikation samt installation.

Som slutsats kan man säga att vi vid projektstart inte var tillräckligt mogna med hela systemet för att kunna slutföra dem resultaten vi satsade på.

Rekommendationer och ev vidare forskning

En del av det ursprungliga projektet planeras fortfarande att genomföras, där målen för den inkluderar en ökad förståelse för hur man via ett användargränssnitt kan öka de boendenas

medvetenhet kring sin vattenkonsumtion i syfte att stävja slöseriet. Vi är säkra på att det finns goda möjligheter att göra upptäckter som bidrar till befintlig forskning inom de givna områdena.

Tyvärr kunde vi inte genomföra de avsedda testerna där vi analyserar flödesmönstren då hårdvaru-ändringarna har varit tillräckligt signifikanta att den samlade datan inte blir meningsfull. De nya prototyperna som konstrueras från massproduktion med rättelserna efter detta projekts upptäckter avses att testas på nytt hos KTH LIL igen. Då kan fler resultat gällande vår påverkan av hyresgästernas "water awareness" och vattenkonsumtion göras.

Bilaga 1

 **MÄTARKONTROLL** Felvisningsintyg i % av uppmätt volym

I egenskap av ackrediterat kalibreringslaboratorium så kan vi utfärda ett kalibreringsbevis

Skarpnäcks Gårdsv. 4B
128 31 Skarpnäck
Tel. 08-644 68 70
info@matarkontroll.se

EFTER REVISION

Kund: Mätarkontroll i Stockholm AB

Provdatum/Id. nummer : 2019-04-23 16:32:08 **Ordernr:**

Fabrikat: Labtrino
Modell:ultraljudsmätare Utsignal: puls
Fabr.Nr: 123456 Intern nr:
Mätarställning i m³:

Kalibrersystem Bänk1 - 1
Mätmetod:
Provmedia: Vatten
Omgivningstemperatur: 26 °C
K-faktor p1: 1
Kommentar:
Övrigt:
Slutsats:

Provpunkter i m³/h	4.000	0.500	0.040
Tryck (bar)			5.4
Vattentemperatur (°C)			20
Provvolum referensmätare (l)			10.0
Referensmätare			1
Våg			1
Felvisning i % av uppmätt volym			0.3

Stockholm
2019.04.23

Per Nygårds
Ansvarig för mätningen

Bilaga 2

ML Report

Joel Loong

1. Gathering Data

The data set provided is the 07_08-2019-apt01-KTH_LIL_ML_DATA.json file coupled with a spreadsheet of the event, fixture and estimated start and end time for each event. There are 30 data points with 15 events repeated twice, 2 different water temperatures and 4 fixtures. Since the data is raw, the data needs to be cleaned, organized and pre-processed before using it.

2. Data pre-processing

Data pre-processing is one of the most important steps in machine learning. It helps in building machine learning models more accurately. In fact, most of the time spent was for data pre-processing.

Graphs (Flow against Time) were plotted using matplotlib library for each data point. I recorded the start and end time for each data point in the spreadsheet when there is a sharp increase or decrease in flow respectively. This provide a more accurate timestamp for the start and end time, and calculation for the duration is trivial. Next, I had to calculate the area under the graph for each data point which represents the total volume of the data point. I used the numpy.trapz function to calculate the area. I was then able to calculate the average flow rate for each data point. Lastly, I needed to calculate the minimum and maximum flow for each data point using the pandas min and max built in functions.

All these were recorded in the spreadsheet and makes up the features of the data set. The features are duration, total volume for cold water, total volume for hot water, total volume, average flow rate for cold water, average flow rate for hot water, average flow rate, minimum volume for cold water, maximum volume for cold water, minimum volume for hot water and minimum volume for hot water.

3. Researching the model that will be best for the type of data

<https://towardsdatascience.com/experiments-in-classifying-residential-water-flow-29656c71b8b>

The current problem seems like a classification one since I am trying to classify each data point with a fixture. I decided to use the K-Nearest Neighbour (KNN) model as it is fast, easy to use and good for data set that has (relatively) few features. I used the `sklearn.neighbors.KNeighborsClassifier` for the KNN model. Using the first 15 data points as training set and the next 15 as testing set, I was able to achieve a perfect accuracy of 100%.

4. Conclusion

Although the model achieved a perfect accuracy, it could be due to an overfit of the data set. In addition, a huge limitation is the lack of data points since 30 is too few to provide better insights. The function also has other parameters such as leaf size, metric, n-neighbors etc where I still have little understanding over it. However, changing them does not seem to affect the model much at that point.

In conclusion, using the KNN model seems to yield desirable results for the small data set and will hopefully be better for a larger data set.