

Aalto-universitetet
Högskolan för teknikvetenskaper
Examensprogrammet för datateknik

Egenskaper hos Internet of Things - plattformar

Kandidatarbete

27.03.2015

Anton Holmberg

Aalto-universitetet
Högskolan för teknikvetenskaper
Examensprogrammet för datateknik

SAMMANDRAG AV
KANDIDATARBETET

Utfört av:	Anton Holmberg
Arbetets namn:	Egenskaper hos Internet of Things-plattformar
Datum:	27.03.2015
Sidoantal:	15
Huvudämne:	Programvaruproduktion och -affärsverksamhet
Kod:	T3003
Övervakare:	FYLL I DET HÄR
Handledare:	Prof. Martti Mäntylä (Institutionen för datateknik)
Nyckelord:	
Språk:	Svenska

Innehåll

Förkortningar och begrepp	5
1 Inledning	6
1.1 Problembeskrivning	6
1.2 Syfte	6
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Material och metoder	7
2 Internet of Things-plattform	8
2.1 Teknisk plattform	8
2.2 Typiska drag för Internet of Things-plattformar	8
2.2.1 Skalbarhet	8
2.2.2 Sammanslagning av data	8
2.2.3 Säkerhet	9
2.2.4 Kommunikationsprotokoll	9
2.3 Övriga drag	9
3 Resultat	10
3.1 Axeda	10
3.2 ThingWorx	10
3.3 Intel	10
3.4 RacoWireless	10
3.5 EVERYTHING	11
3.6 Exosite	11
3.7 AllJoyn	11
3.8 SiteWhere	11
3.9 Wind River	11
3.10 Carriots	11
4 Analys	13
4.1 Kommunikation	13

4.2	Applikationer	14
4.3	Skalbarhet och säkerhet	14
4.4	Utvecklingsverktyg	15
4.5	Datalagring	15
5	Sammanfattning	16
5.1	Företagsimplikationer	16
5.2	Förslag på fortsatt forskning	16
	Källor	17
	A Bilagor	18

Förkortningar och begrepp

Fixa det här LaTeX grejen

1 Inledning

Internet of Things (IoT) är ett begrepp som fått stor synlighet inom både industrin och konsumentmarknaden. Företag strävar efter att digitalisera sin verksamhet med hjälp av IoT. Detta ger företagen tillgång till värdefull realtidsinformation om sina tjänster, produkter, infrastrukturer och kunder. Företagen kan utnyttja realtidsinformationen till att minska upprätthållningskostnader genom att identifiera maskinfel förrän de hinner uppstå. IoT-system automatiserar arbete genom att låta maskiner kommunicera sinnsemellan och minskar därmed behovet för mänsklig interaktion. På konsumentmarknaden har IoT-lösningar som bl.a. aktivitetsarmband, smarta hus och smart TV:n uppstått.

Då IoT-system växer i storlek och ökar i komplexitet, ökar även upprätthållningskostnader och risker för systemfel. För att hantera komplexiteten i stora IoT-system, kan företag använda IoT-plattformar. IoT-plattformar effektiviserar utvecklingen av IoT-lösningar och gör det lättare för utvecklare att hantera ett ökande antal uppkopplade maskiner.

1.1 Problembeskrivning

För att företag skall lyckas lansera IoT-system med hjälp av IoT-plattformar, kräver utvecklarna information om kapaciteten och egenskaperna hos plattformarna. Valet av IoT-plattform inverkar på IoT-systemets framgång på samma sätt som valet av teknologi påverkar traditionella IT-system. Det ökande antalet tillgängliga IoT-plattformar för med sig många valmöjligheter, men försvårar samtidigt valet av rätt plattform för rätt ändamål. Kompilerad information om egenskaper hos tillgängliga IoT-plattformar underlättar valet av plattform.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att identifiera allmänna egenskaper och funktioner hos IoT-plattformar, samt undersöka hur tillgängliga IoT-plattformar stöder dessa funktioner.

1.3 Avgränsningar

Detta arbete behandlar endast egenskaper och funktioner hos IoT-plattformar. Arbetet tar inte ställning till plattformarnas ställning på marknaden och behandlar inte plattformarnas tekniska arkitektur på detaljnivå.

1.4 Material och metoder

Forskningen utfördes som en explorativ, kvalitativ undersökning och Industrial Internet Consortiums (IIC) nätsida fungerade som startpunkt för den. IIC är ett konsortium, bildat av bl.a. Intel, IBM och AT&T, som jobbar för att utveckla IoT-standarder. Över 100 företag och universitet är medlemmar i IIC och dessa delar på ansvaret för att utveckla globala IoT lösningar. Genom att granska medlemmarnas nätsidor, identifierades IoT plattformar. Ifall en medlem samarbetade med ett eller flera företag, som också länkades till IoT, kunde forskningen utvidgas till dessa företag. Information om plattformarnas egenskaper och funktioner hittades genom utvecklarnas nätsidor, vitböcker och plattformarnas dokumentation.

De egentliga egenskaperna hos plattformarna kan avvika från resultaten som presenteras i detta arbete. Detta beror på att resultaten bygger på information given av plattformutvecklarna själva, och kräver verifiering av en utomstående part.

2 Internet of Things-plattform

Detta kapitel

2.1 Teknisk plattform

En teknisk plattform är en kombination av hårdvara och mjukvara, som tillsammans bildar en miljö, där applikationer kan utvecklas och köras i. Plattformar underlättar utvecklingen av applikationer, eftersom utvecklaren kan fokusera på själva lösningen istället och delegera infrastrukturen till plattformen. Detta gäller även i fallet av IoT plattformar. Utvecklaren kan allokera största delen av sina resurser till att skapa värde för slutanvändaren, medan plattformen ansvarar för de funktioner som stöder utvecklingen.

2.2 Typiska drag för Internet of Things-plattformar

2.2.1 Skalbarhet

Skalbarhet är ett mått på hur ett datasystem hanterar ett ökande antal uppkopplade maskiner [5]. Ett horisontellt skalbart system kan öka det maximala antalet maskiner som kan kopplas upp genom att öka antalet fysiska servrar. Exempelvis kan ett horisontellt skalbart system hantera 1000 uppkopplade enheter med 1 server. För att hantera 2000 uppkopplade enheter, måste systemet öka antalet servrar till 2. Förhållandet mellan antalet uppkopplade enheter och antalet servrar förblir konstant, då antalet uppkopplade enheter ökar.

IoT-system måste klara av att hantera ett växande antal uppkopplade klienter och ett ökande informationsflöde på ett stabilt sätt. För att systemet som helhet skall vara skalbart, måste även den underliggande plattformen vara det.

2.2.2 Sammanslagning av data

Information förmedlas i form av alarm och händelser mellan IoT-enablerade maskiner och det centrala systemet. I systemet är dessa alarm och händelser bundna till åtgärder som utförs då informationen når systemet. Åtgärderna kan utföra enkla uppgifter, som att uppdatera klientens fysiska läge i systemet. De kan också vara en del i en komplex kedja, där flera åtgärder utförs i en specifik ordning.

IoT-plattformarna kan erbjuda sk. Mashup-funktioner, som skapar och hanterar regler för hurdana åtgärder skall utföras till följd av alarm och händelser. [7]

2.2.3 Säkerhet

För att definiera säkerhet i informationssystem, kan CIA-modellen användas. Ett säkert informationssystem tar ställning till datans **konfidentialitet, integritet och tillgänglighet**. Konfidentialitet hänvisar till regler för vilka användare eller grupper har rättigheter att läsa och modifiera informationen. Integritet hänvisar till att innehållet av informationen inte förändras mellan faserna då en berättigad användare skapar informationen och då en berättigad användare läser informationen. Tillgängligheten av information hänvisar till att informationen är nåbar. **Sauce missing**

Ett IoT-system med ett stort antal uppkopplade klienter är komplexiteten för att hantera datasekretess hög. IoT-plattformar tar ställning till detta genom att förse utvecklaren med verktyg för att hantera användarrättigheter mellan klienterna. Plattformarna kan erbjuda säkra överföringskanaler med hjälp av SSL/TLS-protokoll **Sauce för protokollen** för att förhindra avlyssning eller modifiering av dataflödet mellan klienterna och det centrala systemet.

2.2.4 Kommunikationsprotokoll

Data kan överföras från maskin till maskin med hjälp av flera olika protokoll. Eftersom valet av kommunikationsprotokoll för en IoT-klient beror på tillverkaren av klienten, måste IoT-systemen stöda ett flertal protokoll. IoT-plattformarna kan normalisera protokollen genom att erbjuda verktyg eller tjänster för att förvandla om de inkommande datapaketerna till plattformarnas egna format.

2.3 Övriga drag

3 Resultat

3.1 Axeda

Axeda erbjuder sin plattform i form av en molntjänst. Plattformen omfattar flera skikt, ända från grafiska användargränssnitt till själva hårdvaran. Själva plattformen är proprietär programvara, men Axeda erbjuder flera gränssnitt för att få tillgång till plattformens funktioner. [3]

En utvecklare kan integrera en maskin till plattformen med hjälp av plattformens programbibliotek. Programbiblioteket normaliserar och enkrypterar dataflödet mellan maskinerna och molnet i enhet med plattformens eget protokoll. [3]

Molntjänsten lagrar information om de uppkopplade maskinernas fysiska lägen och tillstånd. En utvecklare kan använda plattformens användargränssnitt för att definiera regler för hur alarm och händelser från maskinerna skall hanteras. Användargränssnittet stöder hantering av uppkopplade maskiner på distans och all information som samlas in av plattformen kan sökas upp och visualiseras genom modifierbara dashboards. [3]

3.2 ThingWorx

ThingWorx erbjuder en plattform med fokuset på att utveckla IoT enablerade applikationer. Plattformen består av verktyg för att skapa användargränssnitt, anpassade till användarnas behov, och för att bestämma regler för hur data flödar mellan systemets maskiner. Användargränssnitten kan utvecklas både genom drag och släpp-metoder och programmering. Plattformen erbjuder funktioner för dataanalys och interaktiv kollaboration mellan utvecklarna av IoT-tjänster. ThingWorx erbjuder integrationsmöjligheter med Axedas egen plattform.

3.3 Intel

3.4 RacoWireless

RacoWireless Omega Management Suite (OMS) är en molnbaserad plattform som lägger tyngdpunkten på spårning och lagring av data från trådlöst uppkopplade maskiner. Plattformen erbjuder flera mobilvänliga dashboards för analysering och visualisering av information. [4]

Plattformen stöder både SOAP- och REST-gränssnitt, vars funktioner kan användas för att hantera uppkopplade maskiner. Med hjälp av gränssnitten kan utvecklare hantera maskinerna på distans och bevaka dataflödet till och från dem. Övriga funktioner

som OMS erbjuder är fakturering av mobildata samt SMS-kommunikation med de uppkopplade maskinerna. [4]

RacoWireless Omega DevCloud är ett verktyg som kan användas för att integrera utomstående applikationer och maskiner till RacoWireless egen IoT-plattform. Integrationen sker med Omega DevClouds REST-APIs. RacoWireless erbjuder även en mobilapplikation som kan simulera en egentlig uppkopplad klient. [4]

3.5 EVERYTHING

3.6 Exosite

NEW 14.04.2015

3.7 AllJoyn

AllJoyn är en plattform med öppen källkod som möjliggör att maskiner kan upptäcka varann över ett lokalt nätverk. Fastän AllJoyn är huvudsakligen avsedd för kommunikation av närbelägna maskiner, har noder utvecklats för att låta maskiner kommunicera med utomstående molntjänster. [1]

AllJoyns ramverk innehåller alla verktyg för att utveckla AllJoyn-enablerade applikationer. Ramverket omfattar funktioner för upptäckning, säkerhet, händelser och sessioner. AllJoyn erbjuder inga dashboards för grafisk granskning av de uppkopplade klienterna. Däremot kan varje uppkopplad maskin förmedla enkla grafiska komponenter som applikationer kan visa för användaren. Dessa komponenter innehåller information om den uppkopplade maskinen och erbjuder ett gränssnitt för att kontrollera maskinen genom applikationen. [1]

3.8 SiteWhere

3.9 Wind River

Wind River Edge Management System är en molnbaserad plattform som omfattar nivåer från de fysiska maskinerna till gränssnittet för applikationer. [6]

3.10 Carriots

Carriots är en PaaS som kan köras både i det offentliga molnet och på privata servrar. Plattformen är skalbar och kan hantera upp till hundratals miljoner uppkopplade

maskiner. Maskinerna kommunicerar med plattformen genom Carriots säkrade REST-API.[2]

De huvudsakliga funktionerna i Carriots är datalagring, hantering av regler för alarm och händelser, integration till andra molntjänster och distanshantering av uppkopplade maskiner. Plattformen möjliggör även hantering av flera samtida projekt. Däremot erbjuder plattformen inga dashboards för visualisering av data, men utomstående applikationer kan integreras i Carriots för detta ändamål.[2]

4 Analys

Detta kapitel analysera

4.1 Kommunikation

Det finns inget enhetligt sätt för hur IoT-plattformarna hanterar kommunikationen mellan de uppkopplade maskiner och plattformen. Somliga plattformar kopplar klienterna till systemet genom egen mjukvara som installeras på klienterna. Mjukvaran sköter kommunikationen mellan klienterna och plattformen och binder därmed klienterna tätt till plattformen. Andra plattformar erbjuder endast gränssnitt för kommunikation mellan maskinerna och plattformen. Ansvaret för hur klienterna tar kontakt med plattformen förs över till klientutvecklaren, vilket innebär en lösare koppling mellan klienterna och plattformen.

Axeda och AllJoyn är exempel på plattformar som sköter uppkopplingen med hjälp av sina egna programbibliotek. Klienterna samverkar med plattformarna genom att kalla på funktioner i plattformarnas programbibliotek. Programbiblioteken hanterar data i form av objekt istället för REST-meddelanden, vilket döljer nätkommunikationen från utvecklaren och förenklar därmed utvecklingsprocessen. Nackdelen med användningen av plattformspecifika programbibliotek är att klienterna är tätt bundna till plattformen. Detta gör det svårare att skapa enhetliga standarder för samverkan mellan olika IoT-plattformar, eftersom ett plattformspecifikt programbibliotek fungerar endast med en plattform. Ett annat problem med dessa programbibliotek är att för att en maskin skall kunna kopplas upp till plattformen, måste plattformutvecklaren se till att ett programbibliotek är tillgängligt för denna maskin. Ifall plattformutvecklaren inte stöder en viss maskinmodell måste utvecklaren av IoT-tjänster välja en annan modell och är därmed beroende av plattformutvecklarens beslut för stödda maskiner.

ThingWorx, Carriots och Exosite hanterar kommunikationen mellan klienterna och plattformen med HTTP- eller socket-baserade gränssnitt medan klientutvecklaren själv implementerar kommunikationslogiken för klienten. Detta innebär att utvecklaren av IoT-tjänster kan fritt välja en maskinmodell med nätverkskort för klienten, vilket inte alltid är möjligt då en plattform kräver användningen av ett specifikt programbibliotek.

4.2 Applikationer

Medan de undersökta plattformarna hanterar säkerhet och skalbarhet på liknande sätt, varierar deras applikationsnivåer kraftigare. En del plattformar erbjuder möjligheten att på grafisk väg framställa användargränssnitt. Andra plattformar saknar verktyg för visualisering av information och erbjuder endast gränssnitt för att nå informationen i IoT-systemet. Dessa plattformar överlåter ansvaret till utvecklaren av IoT-tjänsten för att skapa användargränssnitt. Det finns även plattformar som kombinerar dessa två sätt genom att erbjuda färdiga grafiska komponenter som utvecklarna kan utvidga eller konfigurera enligt behov.

Fördelarna med grafiskt skapade dashboards är att utvecklingen av användargränssnitt försnabbas och utvecklarna sparar arbete genom att återanvända existerande grafiska komponenter. Med hjälp av drag-och-släpp- editering av dashboards, kan personer utan programmeringskunskaper skapa egna vyer med grafer och andra interaktiva komponenter enligt behov. Detta ger personer inom t.ex. företagets ledning möjlighet att få en översikt över IoT-systemets tillstånd och historia och förminskar därmed rapporteringsarbetet. Nackdelen med grafiskt skapade användargränssnitt är att utvecklaren är begränsad till de komponenter som plattformutvecklaren erbjuder. Axeda har löst detta problem genom att låta utvecklarna själv utvidga komponenterna. Utvecklarna kan använda sig av egen källkod för att skapa vyer, anpassade för specifika ändamål.

Carriots och EVERYTHING har inga egna grafiska komponenter för visualisering av data men erbjuder istället REST-baserade gränssnitt för att låta utvecklaren hämta information från IoT-systemet. Utvecklaren kan välja mellan att skapa de grafiska elementen eller att integrera utomstående dashboard-tjänster till plattformen. Detta ger utvecklaren största möjliga flexibilitet i valet av hur användargränssnittet skall se ut och fungera.

4.3 Skalbarhet och säkerhet

De undersökta plattformarna har i allmänhet tagit ställning till skalbarhet och säkerhet på samma sätt. Plattformarna är tillverkade för att kunna hantera ett ökande antal uppkopplade maskiner och en växande mängd data som flödar genom systemet.

4.4 Utvecklingsverktyg

För att underlätta utvecklingsprocessen erbjuder majoriteten av de undersökta plattformarna verktyg för att hjälpa utvecklarna. Verktygen kan stöda själva programmeringen av IoT-applikationer eller indirekt hjälpa utvecklarna genom att förse dem med information och utvecklingsförslag gällande plattformen. Axeda, Carriots och EVERYTHING erbjuder webbläsarbaserade Kommenttticheck spelling utvecklingsverktyg för att skapa, redigera och radera IoT-objekt. Flera av de undersökta plattformarna har forum där utvecklare kan ställa frågor om plattformen till såväl plattformutvecklarna som andra utvecklare av IoT-tjänster och dela med sig av sina egna IoT-lösningar. Användningen av forum skapar nya möjligheter för utvecklarna och är ett effektivt sätt att förbättra IoT-plattformen på ett distribuerat vis. Utvecklarna kan spara kostnader genom att utnyttja

4.5 Datalagring

5 Sammanfattning

5.1 Företagsimplikationer

Företag kan utnyttja resultatet i detta arbete för att göra exaktare beslut vid anskaffning av IoT-plattformar. Eftersom arbetet identifierat de huvudsakliga egenskaperna för de, i arbetet, nämnda plattformarna, kan företag försnabba beslutsprocessen genom att utesluta de plattformar som inte lämpar sig för behoven.

5.2 Förslag på fortsatt forskning

Som fortsatt forskning föreslås en utvidgad empirisk undersökning genom att öka antalet undersökta IoT-plattformar.

Alternativt kunde ett antal av de tillgängliga IoT-plattformarna undersökas djupare, genom att granska egenskaperna hos plattformarna på en mer detaljerad nivå. Detta kan utföras genom att undersöka både allmänt tillgänglig dokumentation av plattformarna och information som endast kan fås av plattformarnas ägare.

Ett annat förslag för vidare forskning är mätning av prestandan för egenskaperna hos plattformarna. Exempelvis kunde skalbarheten hos två eller flera plattformar jämföras genom att undersöka hur dessa funktionerar under hög belastning. Säkerheten hos plattformarna kunde även granskas med hjälp av penetreringstester.

Källor

- [1] AllSeen Alliance. Open Source IoT to advance the Internet of Everything - AllSeen Alliance. URL <https://allseenalliance.org>). AllSeen Alliance WWW-sida. Hämtad 27.3.2015.
- [2] Carriots. Carriots - Internet of Things Platform. URL <https://www.carriots.com>. Carriots WWW-sida. Hämtad 23.3.2015.
- [3] PTC. Axeda Machine Cloud. URL <http://www.ptc.com/axeda>. Axeda WWW-sida. Hämtad 27.3.2015.
- [4] RacoWireless. RacoWireless M2M Solutions. URL <http://www.racowireless.com>. RacoWireless WWW-sida, Hämtad 26.3.2015.
- [5] Xian-He Sun, Yong Chen och Ming Wu. Scalability of heterogeneous computing. *Parallel Processing, 2005. ICPP 2005. International Conference on*, sidorna 557–564, June 2005. doi: 10.1109/ICPP.2005.69.
- [6] Wind River. Wind River - IoT. URL <http://www.windriver.com>. Wind River WWW-sida. Hämtad 24.3.2015.
- [7] Du Zhiquan, Yu Nan, Cheng Bo och Chen Junliang. Data mashup in the internet of things. *Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 2011 International Conference on*, volym 2, sidorna 948–952, Dec 2011. doi: 10.1109/ICCSNT.2011.6182118.

A Bilagor