

VU Research Portal

A Smartphone-based Infrastructure for Decentralized Partnership Formation

Bozdog, N.V.

2019

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Bozdog, N. V. (2019). *A Smartphone-based Infrastructure for Decentralized Partnership Formation*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Gedistribueerde computerinfrastructuren zijn in de loop van de tijd van gecentraliseerde clusters van computers naar gedecentraliseerde wide-area netwerken van heterogene apparaten getransformeerd. Dit laatste kan variëren van supercomputers tot mobiele apparaten met een laag vermogen. In het bijzonder heeft de snelle ontwikkeling van smartphone computing nieuwe gebieden geopend voor onderzoek naar gedistribueerde toepassingen. Met many-core CPU's en honderden gigabytes aan opslag zijn de smartphones van vandaag in staat complexe taken uit te voeren die enkele decennia geleden alleen waren weggelegd voor mainframes. Augmented reality, beeldherkenning en 3D-rendering zijn slechts enkele voorbeelden van CPU-intensieve applicaties die op moderne smartphones kunnen draaien.

Smartphones kunnen niet alleen CPU-intensieve taken uitvoeren, maar ze kunnen ook netwerkintensieve applicaties ondersteunen, zoals videostreaming of sociaal netwerken. Dit is mogelijk vanwege de ontwikkeling en toepassing van netwerktechnologieën zoals WiFi, 4G en Bluetooth. Terwijl de eerste twee meestal worden gebruikt voor het maken van internetverbindingen, wordt Bluetooth vanwege het relatief korte bereik voornamelijk gebruikt voor het verbinden van smartphones met randapparatuur zoals koptelefoons of wearables. In de afgelopen jaren is Bluetooth echter geëvolueerd naar een meer algemeen communicatieprotocol, met een bereik tot 200 meter. Andere draadloze communicatietechnologieën zoals Zigbee of LoRa-WAN zijn gemotiveerd door de opkomst van het internet der dingen dat draadloze verbindingen tussen nabije apparaten vereist. Dit creëert het potentieel voor gedistribueerde applicaties bovenop ad-hoc mobiele netwerken die gebruik maken van de nabijheid van apparaten om gegevens lokaal te verwerken en delen met lage latency vergeleken met een cloud-gebaseerde infrastructuur.

In dit proefschrift introduceren en evalueren we een gedistribueerde infrastructuur waarin mobiele apparaten gegevens op een decentrale manier ordenen en delen.

We richten ons met name op ad-hoc netwerken van smartphones die zichzelf organiseren in groepen op basis van gelijkenis. Onze infrastructuur bestaat uit verschillende componenten die in vier lagen zijn gegroepeerd op basis van hun reken- en communicatiemogelijkheden. Deze aanpak is gebaseerd op het sensing-as-a-service model dat erop gericht is te voorzien in gestructureerde toegang tot sensorgegevens. Gelijk aan het sensing-as-a-service model biedt onze infrastructuur toegang tot gegevens in een netwerk van mobiele apparaten. Onze aanpak verschilt echter omdat data toegankelijk is op een gedecentraliseerde manier in plaats van een gecentraliseerde manier zoals in het sensing-as-a-service model.

Op de onderste laag bevinden zich de sensoren die onbewerkte gegevens produceren. Dit kunnen smartphonesensoren, wearables of andere bronnen zijn van contextinformatie, zoals gebruikersinvoer of web-API's. Deze gegevens zijn toegankelijk voor gespecialiseerde softwarebibliotheken die de gedetecteerde gegevens vervolgens beschikbaar stellen aan toepassingen die ze vereisen. Binnen onze infrastructuur gebruiken we de SWAN softwarebibliotheek omdat deze flexibel is en een breed scala aan sensoren ondersteunt.

De tweede laag bevat de sensor-publishers, mobiele applicaties die sensorgegevens lokaal verzamelen en distribueren via de cloud of binnen ad-hoc netwerken van nabije apparaten. Hoewel het delen van gegevens via de cloud al uitgebreid is bestudeerd, is het idee van gedistribueerd ad-hoc sensing veel minder onderzocht. Daarom analyseren we in het tweede hoofdstuk twee methoden van gegevens delen tussen nabije apparaten. De eerste methode is gebaseerd op het wijdverbreide Classic Bluetooth protocol dat een hogere bandbreedte biedt ten koste van een hoger energieverbruik. Wij optimaliseren onze methode voor verschillende gebruiksscenario's en testen deze op prestaties en energieverbruik. De resultaten laten zien dat het WiFi overtreft op het gebied van energieverbruik en dat het zich kan aanpassen aan frequente onderbrekingen in de verbinding die ontstaan vanwege mobiliteit.

De tweede methode die we voorstellen maakt gebruik van het Bluetooth Low Energy protocol dat onlangs werd geïntroduceerd om te voorzien in de overdracht van kleine stukjes data tussen IoT-apparaten. In vergelijking met de eerste methode, leidt het tot een lager energieverbruik en een verbeterde manier voor het verzenden van sensorgegevens. Dit gaat echter ten koste van de bandbreedte die veel lager is in vergelijking met de Classic Bluetooth-gebaseerde methode. We laten in onze evaluaties ook zien dat met deze methode het ontvangen van sensorgegevens van nabije apparaten soms goedkoper is dan het gebruik van ingebouwde sensoren.

Op de derde laag vinden we de serviceproviders: cloud toepassingen die sensorgegevens verzamelen van sensor-publishers en deze verwerken om verscheidene diensten te leveren. Ter illustratie van de bruikbaarheid van deze laag introduceren we in hoofdstuk 3 PeerMatcher, een service voor het groeperen van mobiele apparaten op basis van gelijkenis. Elke metriek voor gelijkenis kan worden gebruikt, zolang deze maar een waarde voor gelijkenis kan uitdrukken voor elk paar apparaten. In tegenstelling tot bestaande clusteringstechnieken werkt onze service volledig gedecentraliseerd, wat betekent dat apparaten zich organiseren in gescheiden groe-

SAMENVATTING

pen. We laten zien dat onze service bestaande oplossingen overtreft op het gebied van snelheid en schaalbaarheid, waardoor het geschikt is voor mobiele applicaties met een lage latency.

Om het nut van PeerMatcher te illustreren, beschrijven we in hoofdstuk 4 een ridesharing-systeem dat gebruik maakt van PeerMatcher om ridesharing-gebruikers te clusteren op basis van vergelijkbare routes om hiermee kosten en verkeer te verminderen. Ons systeem past goed in de ‘sensor data consumers’ laag van het sensing-as-a-service model, omdat het gebruik maakt van een serviceprovider om een dienst te bieden aan eindgebruikers. Nieuw in ons systeem is het feit dat het, net als PeerMatcher, volledig gedecentraliseerd is en daarom geen centrale autoriteit vereist om het proces van matchen te coördineren. De mobiele apparaten maken rechtstreeks verbinding met elkaar en gebruiken PeerMatcher om andere apparaten te ontdekken en te matchen op een peer-to-peer wijze. We evalueren ons systeem met behulp van een uitgebreide dataset van taxiriten in New York en laten zien dat het in staat is om de kosten van het verkeer en ritten met meer dan de helft te verminderen.

Het werk in dit proefschrift toont de haalbaarheid aan van een op smartphones gebaseerde infrastructuur die op gedecentraliseerde wijze coöperatie bewerkstelligt met behulp van bestaande netwerktechnologieën. Het proefschrift laat echter ook de behoefte aan technologische verbeteringen zien om een betrouwbaardere infrastructuur te verkrijgen.