

# VU Research Portal

## Crowd Textures

Martella, C.

2017

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

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

### **citation for published version (APA)**

Martella, C. (2017). *Crowd Textures: From Sensing Proximity to Understanding Crowd Behavior*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **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](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

## Samenvatting

We zien dat er tegenwoordig op dagelijkse basis enorm veel gegevens over ons gedrag verzameld wordt. Dit zijn gegevens over onze online activiteiten, zoals surfgedrag, sociale netwerken en sociale media sites, maar ook offline activiteiten, die door allerlei sensoren wordt opgenomen in onze telefoons en horloges. We kunnen applicaties en diensten beter op de gebruiker afgestemd maken als we deze gegevens goed kunnen modelleren en analyseren. Dan kan ook het meeste uit nieuwe werkwijzen zoals het Internet of Things gehaald worden.

Nabijheid in tijd en ruimte is een van de signalen die met huidige technologie al opgenomen kunnen worden, zoals radio-gebaseerde nabijheidssensoren (bijv. Bluetooth Low Energy radio chips in moderne telefoons). Analyse van deze nabijheids informatie kan de hoeksteen vormen van een aantal analyses van sociaal gedrag, en met name het gedrag van een menigte. Dit is het aandachtsgebied van dit proefschrift. Het gedrag van mensenmassa's kenmerkt zich door eigenschappen die zich in tijd en ruimte uitdrukken. Deze eigenschappen lenen zich goed voor studie vanuit dit perspectief. Verder is een menigte van nature een gezamenlijk fenomeen. Gedrag van individuen in de menigte kan niet begrepen worden door naar de geïsoleerde individuen te kijken, maar alleen door naar het gedrag van alle individuen en de relaties met elkaar te kijken en te analyseren. We stellen de term "menigte structuur" voor voor het beschrijven van de relaties in tijd en ruimte tussen individuen in een menigte die specifiek gedrag in menigtes voortbrengt.

We zijn begonnen met tien menigte beheerders te ondervragen naar huidige beheerstechnieken en technologie gebruik. We zijn erachter gekomen dat menigte beheerders met name geïnteresseerd zijn in het verhogen van de situatie bewustheid, voorspelling, en interventie, met name wat betreft bewegingen en dichtheid variaties in de menigte (bijv. stromen en opstoppingen), maar ook hoger-niveau aspecten zoals stemming, voornamelijk wanneer omstandigheden kritiek zijn. We zijn er ook

achter gekomen dat menigte beheerders slechts in beperkte mate zich van technologie afhankelijk maken, omdat huidige oplossingen in de meeste gevallen te onbetrouwbaar zijn gebleken. Hierop bouwend hebben we ons de onderzoeksvraag gesteld: kunnen we door nabijheidssensoren opgevangen informatie, oftewel nabijheidsinformatie in ruimtelijke- en tijds-zin, om beter begrip te krijgen van het gedrag van een menigte, om het werk van onderzoekers en beoefenaars te ondersteunen om veiligere en prettigere menigtes te bewerkstelligen.

In dit proefschrift modelleren we nabijheid met een serie van nabijheidsgrafen, waarbij elke graaf weergeeft welke entiteiten zich op een bepaald moment binnen een zekere afstand van elkaar bevonden. In een nabijheidsgraaf is een punt (of knoop) een entiteit, en een lijn (of kant) een nabijheidsrelatie tussen twee entiteiten. We kunnen een aantal nabijheidsgrafen analyseren, en daarmee een verschillende gevallen van menigte gedrag en dynamiek identificeren en kwantificeren. Voorbeelden zijn voetgangerspaden, opstoppingen, sociale groepen, en groeps-gedrag. Samen met dit model stellen we een algemene aanpak van het meten en verzamelen van de structuur van een menigte door middel van radiosensoren voor.

Vanwege inherente beperkingen aan draadloze sensornetwerken en radiocommunicatie zijn nabijheidsgrafen die verzameld zijn met nabijheidssensoren niet compleet. Dit houdt in dat nabijheidsrelaties onterecht aanwezig zijn of onterecht afwezig zijn. Nabijheidsrelaties kunnen gefilterd worden om de missende relaties aan te vullen en de ontrechte weg te halen. We presenteren een automatisch filter dat gebaseerd is op een clustering algoritme dat automatisch intervallen van nabijheid tussen entiteiten identificeert in de metingen. Deze techniek maakt de nauwkeurigheid van de meting bijna twee keer zo groot. We presenteren ook een techniek om de optimale parameters voor de techniek te berekenen. Deze worden zowel door simulatie als door echte experimenten solide getoond.

Zodra nabijheidsdata gefilterd en verzameld is kan het geanalyseerd worden om groeps-gedrag te vinden en inzicht te krijgen in het gedrag van een menigte. We hebben onze infrastructuur in het CoBrA museum van Amsterdam uitgerold om het gedrag van een aantal van de bezoekers te volgen (die vrijwillig een van onze sensoren gedragen hebben), door wat nabijheidssensoren bij tentoonstellingen te installeren. We hebben samen met het personeel van het museum wat visualisaties gemaakt waardoor het gedrag van de bezoekers beter begrepen kon worden - bij

voorbeeld hoe lang bezoekers bij elk onderdeel van de tentoonstelling stil hebben gestaan, en de paden die binnen de ruimtes gevolgd zijn.

Menigte dichtheid is een van de eigenschappen waar menigte beheerders het meeste in geïnteresseerd zijn, omdat het de aanleiding (of kenmerk) van extreme of gevaarlijke situaties kan zijn. Menigte dichtheid is ook een groot obstakel in radio-gebaseerde communicatie, met name omdat nabijheids detectie systemen gehinderd worden die afhankelijk zijn van lange-afstandscommunicatie met vaste infrastructuur. Dit betekent dat deze oplossingen vaak falen in precies die omstandigheden waarin ze het meest nodig zijn. We presenteren een oplossing die mobiel-naar-mobiel nabijheidsdetectie inzet om de beperkingen van mobiel-naar-vaste oplossingen te overwinnen. We hebben onze oplossing bij het NEMO museum in Amsterdam uitgerold, een museum dat in een complex gebouw gehuisvest is dat gekarakteriseerd wordt door een open ruimte van meerdere verdiepingen dat bij uitstek problematisch is voor radiocommunicatie. Tijdens ons experiment was de menigte dichtheid op piekmomenten hoog, met meer dan 600 bezoekers die onze sensor droegen (van een totaal van 2400 bezoekers in het museum op dat moment). We laten zien dat menigte dichtheid juist ingezet kan worden om zowel meting nauwkeurigheid te verhogen als inzicht te krijgen in het gedrag van de bezoekers.

Ruimte-tijds nabijheid is een effectief surrogaat voor het meten van menigte gedrag, maar het kan niet gebruikt worden om hoger-niveau aspecten van menigte gedrag te begrijpen, die ook belangrijk zijn om te bestuderen, zoals stemming. Andere metingen zoals elektrische weerstand van de huid, audio, en acceleratie zijn bruikbaar om de respons en innerlijke ervaring van de leden van de massa te bestuderen. Ruimte-tijds nabijheid kan echter toch een belangrijke rol spelen in deze studies, omdat het de reactie van de menigte (bijv. Stemming en emoties) en de ruimte-tijds verspreiding door de massa heen kan helpen begrijpen. We hebben onze nabijheids detectie infrastructuur samen met acceleratiemeters uitgerold om de reactie van het publiek van een dansuitvoering te voorspellen. We laten zien dat door nabijheid en beweging van het publiek zowel tijdens de uitvoering als tijdens de sociale interactie voor en na de uitvoering te meten, we de plezierbeleving van het publiek kunnen voorspellen.

Het werk dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd laat veelbelovende resultaten zien van de toepassing van alom aanwezige nabijheidsdetectie op de studie van sociaal gedrag dat een aantal nieuwe onderzoeksrichtingen voor verder onderzoekswerk opent.