

SubwayAPPS: locatiebepaling in de metro aan de hand van een luchtdruksensor in een smartphone

In grote steden is er een constante stroom van personen die niet vertrouwd zijn met de stad. Londen, bijvoorbeeld, ontving in 2014 28.8 miljoen toeristen. Dit is meer dan drie keer het bevolkingsaantal van Londen. Daarnaast waren er in Londen, in 2013, 50 180 migranten. Gelijkaardig aan Londen zijn er steeds meer en meer megasteden die met eenzelfde probleem kampen.

In de meeste gevallen vertrouwen deze personen op hun smartphone om te kunnen navigeren binnen deze, voor hun, onbekende stad. De meeste moderne smartphones beschikken over een GPS ontvanger. Daarnaast is locatiebepaling mogelijk aan de hand van Wi-Fi toegangspunten en het standaard mobiele netwerk.

Deze drie technologieën volstaan echter niet voor ondergrondse locatiebepaling. De signalen uitgezonden door GPS satellieten kunnen niet doorheen de grond verplaatsen. Hetzelfde geldt voor de Wi-Fi signalen. Er zijn onvoldoende Wi-Fi toegangspunten beschikbaar in de metro. Ook de signalen van het mobiele netwerk zijn niet beschikbaar ondergronds.

Bijgevolg kunnen personen niet vertrouwen op hun smartphone om hun locatie te bepalen terwijl ze gebruik maken van de metro. Dit is problematisch in grote steden. In Londen bijvoorbeeld, verliep 34% van al het openbaar vervoer in 2013 ondergronds. Onze verwachting is dat dit percentage in de toekomst verder gaat stijgen, onder meer door de toenemende verkeersdruk en om ruimte te besparen.

Om dit probleem op te lossen is er reeds veel onderzoek uitgevoerd. Zo werd geprobeerd de accelerometer, magnetometer en gyroscoop sensors te gebruiken om locatiebepaling in de metro uit te voeren. In deze thesis gebruiken we hiervoor een luchtdruksensor in een smartphone. SubwayAPPS (Subway Air Pressure Positioning System) is een nieuwe methode die enkel gebruik maakt van een luchtdruksensor om de aankomst van een metrotrein in een station te bepalen.

Het algoritme maakt enkel gebruik van luchtdruk metingen. Voor de werking van het algoritme wordt gebruik gemaakt van twee eigenschappen van luchtdruk: de veranderende luchtdruk bij verschillende hoogtes en het *piston effect*.

Omdat lucht niet gewichtloos is, drukken de bovenste luchtlagen op de onderste luchtlagen. De gemeten luchtdruk is bijgevolg afhankelijk van de hoogte waarop gemeten wordt. In bovenste luchtlagen zal deze lager zijn dan in de onderste lagen. Dit verschil in luchtdruk tussen 2 hoogtes kan omgezet worden naar een verschil in meter door de *hypsometrische formule*.

Wanneer een voertuig zich voortbeweegt, duwt het de lucht die zich voor het voertuig bevindt opzij. Deze weggeduwde lucht wordt gelijkmatig verdeeld rond het voertuig. Wanneer het voertuig zich echter in een smalle tunnel voortbeweegt, kan de lucht niet gelijkmatig verdeeld worden. De lucht zal vooral voor het voertuig uit geduwd worden. Dit creëert een hogere druk voor het voertuig en een lagere druk in en achter het voertuig. Dit noemt men het *piston effect*.

De SubwayAPPS methode steunt op de hoogteverschillen tussen aangrenzende metrostations. Bijgevolg is het belangrijk dat er voldoende hoogteverschillen zijn tussen de opeenvolgende metrostations. Hiervoor werd een studie uitgevoerd die de dieptestructuur van metrolijnen analyseert in Londen, Moskou, Tokyo, Wenen en Brussel. Uit deze studie blijkt dat het gemiddelde hoogteverschil tussen twee aangrenzende stations meer dan 2 meter is. Dit terwijl de fabrikanten van de luchtdruksensors een precisie beloven van 1 meter. De kans dat het hoogteverschil tussen twee

stations groter is dan 1 meter, bedraagt 82.11%. Indien we kijken naar het hoogteverschil bij een trip van twee stations, heeft 88% van deze trips een hoogteverschil groter dan 1 meter. Voor een trip van vier stations verhoogt deze kans verder naar 92%.

Het SubwayAPPS algoritme werd geïmplementeerd in de *MetroNavigator+* applicatie op het Android platform. De originele *MetroNavigator* applicatie werd ontwikkeld door Thomas Stockx. Deze applicatie laat gebruikers toe de huidige status van hun metro reis te volgen. De gebruiker kan het aantal resterende stations bekijken, volgende station bekijken, alsook de reistijd tot het volgende station en de reistijd tot zijn bestemming.

De SubwayAPPS methode werd getest in de metronetwerken van Brussel en Londen. Voor de test in Brussel, werden de 4 lijnen van de metro volledig doorlopen. In totaal zijn er 20 testen gebeurd in Brussel. 88% van de stations werd correct gedetecteerd door het algoritme.

In Londen werden 20 ritten getest door het algoritme. Deze ritten hadden een gemiddelde duur van 9 minuten en werden willekeurig gekozen binnen zones 1 en 2 van het Londense metronetwerk. Het SubwayAPPS algoritme kon 62.50% van de bezochte stations correct detecteren. Dit is een beduidend slechter resultaat in vergelijking met de test in Brussel. Dit heeft twee mogelijke oorzaken. De diepte informatie van de stations in Londen is afkomstig uit een document vrijgegeven door TfL (de uitbater van het Londense metronetwerk) en dateert van 2011. De diepte informatie voor de stations in Brussel is afkomstig van zelf uitgevoerde metingen met een luchtdruksensor in een smartphone. Bijgevolg is de diepte informatie over de stations in Brussel accurater en stemt deze meer overeen met de hoogteverschillen die gemeten worden tijdens de uitvoering van het algoritme. Een tweede mogelijke oorzaak is de grootte en drukte van de stations. De stations in Londen zijn over het algemeen groter en drukker dan deze in Brussel. Vaak verbinden ze meerdere lijnen met elkaar. Bijgevolg is de kans groter dat er, terwijl de gebruiker stil staat in een station, er op een ander platform een trein vertrekt of aankomt. Dit zorgt ervoor dat de gemeten luchtdruk niet stabiel genoeg kan worden voor het SubwayAPPS algoritme.

In deze thesis werd het SubwayAPPS algoritme geïntroduceerd. Dit algoritme laat gebruikers toe hun locatie te bepalen tijdens een metrorit door enkel gebruik te maken van een luchtdruksensor in een smartphone. Er is geen externe infrastructuur vereist. Uit onze testen blijkt dat de accuraatheid van het SubwayAPPS algoritme 10% hoger ligt dan reeds bestaande methodes. Daarnaast werd er een analyse uitgevoerd van de dieptestructuur van metronetwerken en de accuraatheid van luchtdruksensoren in smartphones.