

Sensorkastjes houden luchtkwaliteit Eindhoven realtime in de gaten

E. Dierdorp (**Imtech**)
R.P. Otjes (**ECN**)
B. Wit (**ECN**)
C. Wolff (**Imtech**)

April 2013
ECN-V--13-005



1 maart 2013

Sensortechnologie en opensource software gaan een doorslaggevende rol spelen in verbetering van de luchtkwaliteit in Eindhoven. De stad fungeert vanaf dit voorjaar als pilot voor een innovatief systeem dat de hoeveelheden (ultra)fijnstof en stikstofoxides registreert. Projectdeelnemers ECN en Imtech ICT vertellen over de ontwikkeling van de sensorkastjes en het back-end.

Net als in andere steden vormt de luchtkwaliteit in het centrumgebied van Eindhoven een probleem. Een breed actieprogramma dat provincie en gemeentes gezamenlijk uitvoeren om die kwaliteit te verbeteren, lijkt onvoldoende effectief. De kans is aanwezig dat het niet gaat lukken om te voldoen aan de EU-normen, die mogelijk ook nog eens verder worden aangescherpt. Het effect van de luchtkwaliteit op de gezondheid blijkt daarnaast groter dan gedacht. Bovendien bestaan er onverklaarbare verschillen tussen de berekende en de feitelijk gemeten luchtkwaliteit.

Om de luchtkwaliteit effectief te verbeteren, is meer inzicht nodig in alle relevante factoren. Dat is precies wat het Aireas-luchtmeetsysteem in Eindhoven kan opleveren. Dit systeem is een fijnmazig netwerk van sensoren waarmee (ultra)fijnstof en stikstofoxides realtime zijn te meten. Voor de betrokken partijen kan het tevens als zogeheten Living Lab fungeren, bijvoorbeeld ter ondersteuning van wetenschappelijk onderzoek, technologische innovaties en de uitvoering van beleidsprogramma's op het snijvlak van milieu, gezondheid, verkeer en economie.

De regie over de implementatie van het luchtmeetsysteem ligt bij Aireas, een coöperatieve vereniging die zich richt op duurzame verbetering van het leefklimaat met behulp van hightech oplossingen. De industriële inbreng komt van Imtech ICT en Philips. De onderzoekspartners zijn ECN, het Institute for Risk Assessment Sciences (Iras) van de Universiteit Utrecht en de faculteit Geo-informatiewetenschappen en Aardobservatie (ITC) van de Universiteit Twente. De gemeente Eindhoven en de provincie Noord-Brabant nemen deel vanuit de overheid.

Amperometer

Doel van het pilotproject is een luchtmeetsysteem op te zetten dat niet alleen goed werkt maar ook betaalbaar is, om het meten van luchtkwaliteit laagdrempelig te maken. In tegenstelling tot de bestaande oplossingen moet dit systeem echt realtime en *low-cost* worden. We gebruiken vier typen sensoren: voor fijnstof, ultrafijnstof, NO_x en ozon. Die voor ultrafijnstof is een kant-en-klaar product, ontwikkeld en in het project ingebracht door Philips Research. Die voor fijnstof, NO_x en ozon kopen we in en passen we met onze eigen kennis aan om de nauwkeurigheid te verhogen.

Dat laatste is nog een behoorlijke uitdaging. De EU-regels zijn gebaseerd op metingen van deeltjes die kleiner zijn dan tien micrometer (PM 10). Het advies vanuit de Wereldgezondheidsorganisatie is om nog fijner te meten: op een niveau van PM 2,5. Met ons systeem halen we al PM 1: we kunnen deeltjes registreren die kleiner zijn dan één micrometer. Voor ultrafijnstof kunnen we zelfs tot PM 0,1-niveau gaan.

De ultrafijnstofsensoren van Philips kan deeltjes meten met een doorsnee van een tot een paar honderd nanometer. Deze hebben nauwelijks massa maar de aantallen zijn heel groot. Kern van de sensor is een kanaal met drie delen, waar lucht doorheen wordt gezogen. In het eerste deel zit een coronalader, die een hoge spanning op de lucht zet. Als gevolg daarvan worden de deeltjes geladen, de kleinere minder dan de grote. In deel twee van de sensor passeren ze vervolgens een elektrisch veld, dat de deeltjes met een grote lading doet afbuigen naar een elektrode. De overblijvende nanodeeltjes gaan in de derde trap door een kooi van Faraday, waar ze worden afgevangen op een metalen oppervlak. Een amperometer meet de stroom die zo wordt opgewekt, wat een maat is voor het ultrafijnstof.



In totaal krijgt de stad Eindhoven 35 Airbox-kastjes, dertig op een vaste plek en vijf mobiel.

Het fijnstof registreren we met een *low-cost* optische sensor. De lens die daarin zit, wordt na verloop van tijd vies. Om die vervuiling te volgen, hebben we eigen elektronica toegevoegd, zodat we tijdig weten wanneer we de sensor moeten vervangen. Daarnaast hebben we de standaard component uitgebreid met meet- en regeloplossingen van ECN die de nauwkeurigheid met ongeveer een factor tien verbeteren. Alle modificaties doen we in samenwerking met de fabrikant.

De basis van de NO_x-sensor is een elektrochemische cel in de vorm van een tonnetje, met aan de bovenkant een teflon membraan waar wel gassen doorheen kunnen maar geen vloeistoffen. Onder dit vlies zitten enkele vloeistofflagen waarin het doorgelaten stikstofdioxide oxideert tot nitraat (NO₃). Via drie elektrodes en weer een amperometer meten we hoeveel elektronen nodig zijn voor deze omzetting. Die hoeveelheid is een maat voor het aantal NO₂-moleculen in de lucht. Een probleem is dat variaties in luchtvochtigheid en temperatuur de meting verstoren. Om hiervoor te compenseren, werkt ECN nu aan een aanpassing van de sensor.

Gaius

De fijnstof-, NO_x- en ozonsensor stoppen we gedieën in een kastje, samen met alle meetapparatuur. In totaal krijgt de stad Eindhoven 35 van zulke Airboxen, dertig op een vaste plek en vijf mobiel. Daarnaast komen er vijf extra kastjes met alleen een ultrafijnstofsensoren van Philips.

De integratie doet ECN in eigen beheer, op zelf ontworpen en gelay-oute printplaten. Om preciezer meetresultaten te verkrijgen, gebruiken we niet de ingebouwde digitale uitleesmogelijkheid van de sensoren maar de analoge, in combinatie met een zelf ontwikkeld algoritme. In samenwerking met de sensorfabrikanten maken we de meettechniek steeds geavanceerder en zorgen we ervoor dat er tijdens de levensduur nauwkeurigere gegevens beschikbaar komen.

De Airbox bevat twee door onszelf geprogrammeerde microcontrollers. De ene leest de aangesloten sensoren uit en geeft de meetresultaten over een RS232-verbinding door aan de andere. Die regelt de communicatie met het modem, dat de gegevens via GPRS naar het back-end stuurt. Daar zorgt Imtech ICT voor centrale opslag en ontsluiting van de data, zodat de Aireas-partners er zinvolle informatie uit kunnen afleiden.

Het back-end is een server met versie 6.3 van de Linux-distributie CentOS, waarop het opensource Gaius-systeem van Imtech draait. Dit in Python gebouwde platform bevat een data-acquisitiemodule om de sensorberichten te verwerken die via TCP/IP-verbindingen binnenkomen vanuit het GPRS-netwerk. Gebaseerd op de vorm en inhoud van de berichten maakt het voor iedere sensor automatisch een tabel aan in de centrale database. Daarnaast zijn er mechanismen om de bestaande connecties weer te geven, sensoren te bewaken en de opgeleverde data door menselijke ogen te laten inspecteren.

Optioneel maakt de acquisitiemodule realtime gebruik van de meetdata mogelijk. Daartoe biedt hij op 20 Hz draaiende 'selectoren' die de aangeboden gegevens continu analyseren. Bij een plotselinge discrepantie in de data, bijvoorbeeld een zeer hoge waarde, verstuurt het systeem een mail waarin staat dat het een afwijking heeft gesignaleerd die correctieve actie behoeft.

De centrale database is gebaseerd op het Hierarchical Data Format (HDF5). Dit formaat is gemaakt voor grote hoeveelheden gegevens en is zeer efficiënt in opslag en *retrieval*. Zoals de naam al aangeeft, kan het hiërarchisch georganiseerde data bevatten, bijvoorbeeld geografisch gegroepeerd op GPS-locatie. HDF5 wordt veel toegepast in de wetenschappelijke wereld. Python heeft een efficiënte binding met het dataformaat en er zijn verschillende standaard tools voor beschikbaar, bijvoorbeeld VITables.

Gaius maakt de HDF5-database toegankelijk via het opensource Opendap-protocol, dat een Hyrax Data Server gebruikt om de meetresultaten over het internet aan te bieden aan de Aireas-partners. Het protocol bevat inspectiemechanismen zodat afnemers de aangeboden data kunnen onderzoeken. Ook zijn er Api's voor softwarematige ontsluiting via bijvoorbeeld Soap.

Erik Dierdorp en Carl Wolff werken bij Imtech ICT, respectievelijk als projectmanager en senior consultant. René Otjes is wetenschappelijk medewerker bij ECN, Bastiaan Wit ontwikkelt embedded hardware en software bij het onderzoeksinstituut.

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

