

In de afgelopen jaren verschijnen er steeds vaker voorbeelden in de media van storingen en kwetsbaarheden van (mobiele) communicatienetwerken. In dit artikel schetsen we enkele ontwikkelingen die het een uitdaging maken onze communicatie netwerken voldoende beschikbaar en robuust te maken. Aan de hand van een rekenvoorbeeld laten we zien hoe redundantie de beschikbaarheid van communicatie netwerken kan verhogen.

# Beschikbaarheid van communicatie netwerken

*Redundantie verhoogt beschikbaarheid, kostenplaatje nog onduidelijk*

Op 4 april 2012 is op een industriegebied in Rotterdam een grote brand uitgebroken, die deels is overgeslagen naar een locatie van Vodafone met één van hun grootste netwerkcentrales. De apparatuur in de netwerkcentrale van Vodafone is naar verwachting onherstelbaar beschadigd door de hitte en de wateroverlast als gevolg van het blussen. Als gevolg hiervan zijn zowel het 2G-netwerk (bellen, SMS en machine-to-machine communicatie) als het 3G-netwerk (mobiel internet) in de Randstad-regio grotendeels uitgevallen. Op dat moment was er in de regio geen SMS, spraak en dataverkeer mogelijk. Aanvankelijk werd circa een kwart van de ruim 5 miljoen klanten (particulier, klein zakelijk, groot zakelijk) van Vodafone door deze storing getroffen. Later op de dag is dit geslonken naar 10-15%, door het inzetten van een back-up truck met noodapparatuur en het omleiden van verkeer via Amsterdam. Uiteindelijk heeft het meer dan een week geduurd voordat de effecten van de storing volledig verholpen waren.

Het bovenstaande voorbeeld staat niet op zich zelf. In de afgelopen jaren verschijnen er steeds vaker voorbeelden in de media van storingen en kwetsbaarheden van (mobiele) communicatienetwerken.

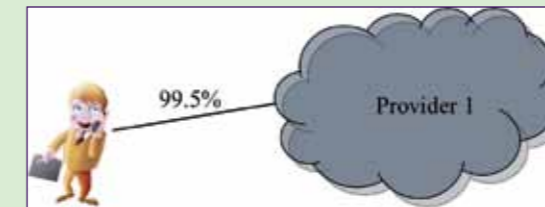
Bij de analyse van kwetsbaarheden van communicatie netwerken wordt traditioneel gekeken naar de klassieke beveiligingsaspecten beschikbaarheid, integriteit en exclusiviteit. Beschikbaarheid betreft de mate waarin een communicatie netwerk in bedrijf is op het moment dat de gebruiker het nodig heeft. Integriteit is de mate waarin de informatie die via het communicatie netwerk wordt ontsloten, zonder fouten is. Met het begrip exclusiviteit wordt aangegeven in welke mate de informatie die door middel van het communicatie netwerk wordt ontsloten, slechts toegankelijk is tot een

gedefinieerde groep van gerechtigden. In dit artikel richten we ons primair op de beschikbaarheid van communicatie netwerken. Naast beschikbaarheid beschouwen we ook het begrip robuustheid van communicatie netwerken. Onder robuustheid verstaan we de mate van herstellend vermogen van een netwerk, onder buitengewone omstandigheden, zoals ernstige verstoringen.

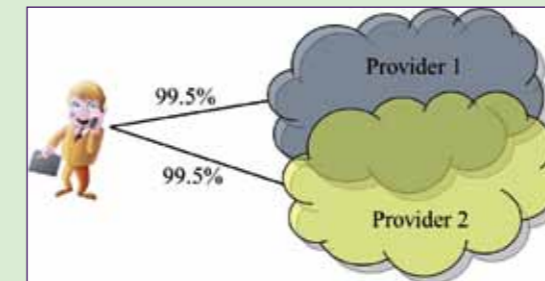
## Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van communicatie netwerken wordt in principe bepaald door de beschikbaarheid van het onderliggende elektriciteitsnet en van de netwerkinfrastructuur. In 2011 bedroeg de beschikbaarheid van het elektriciteitsnet in Nederland 99,996% (dat wil zeggen gemiddeld over alle huishoudens was er 23 minuten geen stroom). De robuustheid van communicatienetwerken ten opzichte van stroomuitval wordt gewaarborgd doordat veel apparatuur voorzien is van noodaggregaten. Deze zijn vaak toegerust op het leveren van stroom voor enkele uren, bijvoorbeeld 4 uur. Indien een stroomstoring zo ernstig is dat deze langer is dan vier uur, dan heeft dit ook impact op de beschikbaarheid van het communicatie netwerk.

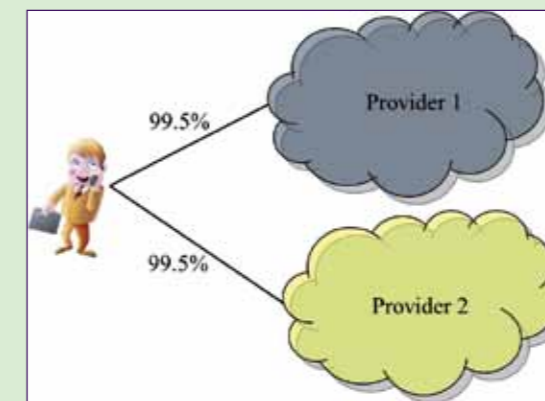
De beschikbaarheid van de netwerkinfrastructuur wordt beïnvloed door fysieke verstoring van kabels en apparatuur en ook door software fouten in de netwerken. Graafwerkzaamheden, waarbij per ongeluk kabels en leidingen sneuvelen, zijn op jaarbasis nog altijd een zeer voorname bron van netwerkuitval. Ook het uitvallen van een knooppunt in een communicatie netwerk, zoals gebeurde bij de Vodafone storing, komt voor, maar in de regel veel minder vaak dan een kabelbreuk. Ook software, verantwoordelijk voor het schakelen en routeren in communicatie netwerken, kan aanleiding geven tot storingen. Zeker onder time-to-



Figuur 1 (a): Mobiele telefonie zonder redundantie



Figuur 1 (b): Mobiele telefonie met volledige redundantie



Figuur 1 (c): Mobiele telefonie met gedeeltelijke redundantie

market druk bestaat het risico dat er software voor productie wordt ingezet, waarvan de stabiliteit nog onvoldoende getest en bewezen is.

## Robuustheid

De aanpak die het meest wordt gebruikt om robuustheid van communicatie netwerken te realiseren is het aanbrennen van redundantie. We zullen met behulp van een voorbeeld laten zien hoe redundantie de beschikbaarheid kan verhogen.

In figuur 1 (a) heeft een gebruiker toegang tot een dienst via Provider 1. We gaan er van uit dat de beschikbaarheid van de connectie 99.5% bedraagt, dat wil zeggen de verbinding is per maand gemiddeld 3.7 uur onbeschikbaar. We merken op dat de Rijksoverheid en een groot aantal andere overheden, met Vodafone precies dit beschikbaarheidspercentage heeft afgesproken in hun mobiele telefonie contract.

In figuur 1 (b) zien we dat de gebruiker redundantie heeft aangebracht door ook bij een tweede provider toegang tot dezelfde dienst af te nemen, eveneens met een beschikbaarheidspercentage van 99.5%. Indien we veronderstellen dat de beschikbaarheden voor Provider

1 en Provider 2 onafhankelijk zijn, dan kunnen we hieruit afleiden dat de beschikbaarheid door het aanbrennen van redundantie wordt verhoogd tot 99.99975%, dat wil zeggen gemiddeld 1.1 minuut onbeschikbaarheid per maand!

We merken op dat met behulp van National Roaming het mogelijk is met één SIM-kaart gebruik te maken van meerdere mobiele spraak- en datanetwerken in Nederland. Het is dus een manier om in principe redundantie te bieden voor mobiele communicatie netwerken.

De bovenstaande berekening is echter uitgevoerd onder de aanname van onafhankelijkheid van de beschikbaarheden van de verschillende providers. Providers maken echter vaak gebruik van een zelfde onderliggende infrastructuur zonder dat dit voor de klant duidelijk is. De onwenselijke situatie kan zich dus voor doen dat een primaire verbinding bij de ene provider en de back-up verbinding bij de andere provider, gerouteerd worden over dezelfde glasvezelbundel.

Figuur 1 (c) geeft de laatst genoemde situatie schematisch weer. We veronderstellen dat er 40% overlap is tussen beide netwerken. In dit geval kunnen we berekenen dat de beschikbaarheid uitkomt op 99.8%, dat wil zeggen gemiddeld 1.5 uur onbeschikbaarheid per maand.

Niet alleen de onderlinge verwevenheid van netwerken maakt dat de beschikbaarheid door het gebruik van redundantie lager uitvalt dan de theoretisch bepaalde waarde. We dienen ook nog rekening te houden met het feit dat indien klanten van het ene netwerk massaal overschakelen op een ander netwerk, dat dit laatste netwerk wel voldoende capaciteit dient te hebben om al dat verkeer aan te kunnen. De huidige netwerken van de providers zijn echter niet ingericht op het opvangen van grote hoeveelheden verkeer van andere providers.

We hebben gezien dat door het aanbrennen van redundantie de beschikbaarheid van communicatie netwerken in principe significant kan worden verhoogd. De kanttekening die hierbij geplaatst dient te worden is dat daarbij wel rekening moet worden gehouden met de bijkomende kosten. Wie is er bereid te betalen voor redundantie? Vanuit het perspectief van netwerkoperator is de uitdaging hierbij de beschikbaarheid te maximaliseren bij minimale kosten. Het moge duidelijk zijn dat door de complexiteit van de huidige communicatie netwerken, met daarbij nog hun onderlinge verwevenheid, dit een enorme uitdaging is. Binnen zijn leerstoel "Robuustheid van complexe netwerken" laat de auteur zich voor deze uitdaging inspireren door wetenschappers die robuustheid binnen andere domeinen onderzoeken, zoals verkeerskundigen, biologen en neurologen.