

Mobiele Technologie op de Campus

Strategische opties voor inbandig 4G en 5G connectiviteit

RAPPORT

Versie 1.0
April 2019

Management summary

SURF continuously strives to ensure and improve the connectivity of the research and education community in the Netherlands. Indoor wireless connectivity of data- and (voice) communication services is of growing importance for students, employees and guests of educational and research institutes.

However indoor coverage of mobile networks has proven to be difficult. Particularly newer energy efficient building technologies, that keep the inside climate of buildings isolated from the outside, block incoming and outgoing electromagnetic waves necessary for communication with mobile operator networks. For the future, indoor coverage is also threatened by the introduction of 5G that uses smaller cells with lower transmission power and higher radio frequencies.

SURF requested Stratix to map the possible propositions, challenges and roles for SURF and SURF regarding indoor connectivity in buildings or clusters of buildings on campuses. This research was carried out using a number of different approaches, including interviews with a number of stakeholders, a survey among members of a SURF expert mailing list, a stakeholder analysis, a workshop and analysis of short term and long term options. This report reflects on the subject from different angles and gives possible future scenarios and strategic options for SURF.

User perspective

Results from the survey, interviews and desk research show that the current situation for educational and research communities is rather diverse. Many institutions see indoor connectivity as a challenge for the near future, and a significant part has taken measures to improve their indoor connectivity. For instance by installing a Distributed Antenna System.

Particularly for academic hospitals it seems of high importance that mobile coverage is acceptable throughout all buildings. Organisations that have taken measures generally have implemented solutions provided by a single mobile operator. However, in general there is a demand for more uniform, multi operator or operator agnostic solutions for indoor mobile connectivity. Institutions see a possible role for SURF in the fields of facilitating cooperation and knowledge sharing between institutions, solution standardisation and tendering.

Technology perspective

The figure below gives a general overview of the different technological options for improving indoor mobile connectivity. Usually, the elements in orange are managed by the mobile operator, and the elements in blue are managed by the building owner or a third party operating on behalf of the building owner.

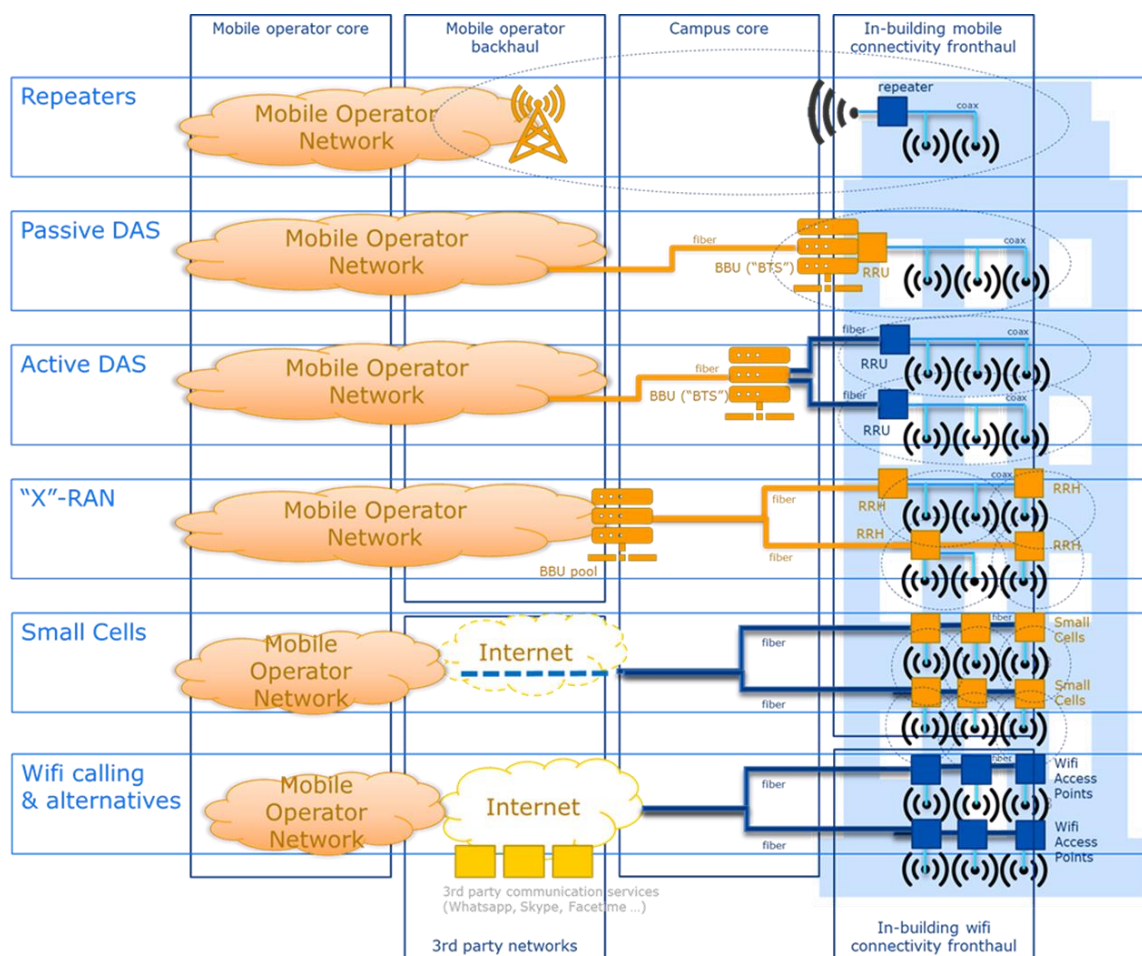


Figure 1: overview of technological options for indoor (mobile) connectivity

With simple solutions using outside and inside antennas and repeaters the outside mobile networks can be extended to the inside by relaying or retransmitting signals. However transmitting in licensed frequency bands is only possible with the permission of operators. Distributed Antenna Systems (DAS systems) generally use a fixed connection with the network of one or more mobile operators, with the active components of these operators generally housed in or near the buildings where the DAS system is installed.

The next generation of Access Networks is still under development: "X"-RAN solutions (Centralized-, Cloud- or Distributed-RAN) generally split the active radio components in a central part and distributed parts, allowing more, smaller and better coordinated indoor radio cells over larger distances from the aggregation point, and theoretically allowing a multi-operator approach. However these systems are still in development and in practice the practical feasibility of those systems greatly depend on the cooperation of mobile operators. Small cells generally use third party fixed networks or the internet for the datalink between operator networks and cell sites and active components in or near the antenna.

An alternative solution that does not use operator frequencies is to use Wi-Fi to originate and/or terminate voice calls. Some operators and device manufacturers support Wi-Fi Calling, which allows calls to and from mobile numbers to be made over Wi-Fi access networks when the mobile operator network quality is insufficient at a certain location, or Wi-Fi is preferred by the user. Alternatives for voice calls such as Skype and Whatsapp do not depend on the infrastructure of a mobile operator network, but are no full substitute for phones to and from telephone numbers.

Service perspective

The 'value chain' of services and stakeholders that are involved or should be involved to provide better indoor connectivity consists of many parties that are currently not primarily concerned with the challenges of indoor coverage of mobile signals: a provisionally stakeholder analysis shows that only a few parties currently have the combination of power, legitimacy and urgency to be able to successfully drive towards a long term solution of the problem.

One of the major issues with the technology trends towards smaller cells is that multi operator solutions become more complicated and costly. There is a need for indoor connectivity solutions where a 'neutral host' is handling the complexity for a building owner on one hand and one or all operators on the other hand. However, although there are a few existing examples of 'neutral host' solutions already in place in other countries, there is no proper standardised demarcation yet of 'neutral host' solutions that is acceptable for all parties (including the mobile operators) and which fits the 5G requirements.

Future scenarios

Which approach for indoor connectivity will be the most pragmatic is influenced by a combination of trends that are interacting with each other and currently provide a number of paradoxes that are also partly interconnected:

- Whether active components, in mobile network architectures, especially in the radio access networks, will be even more centralised or will be more decentralised;
- whether indoor data distribution networks will move even more towards all-purpose networks;
- whether Wi-Fi access networks will be an integral part of 5G architectures or not, and solutions such as Wi-Fi calling get traction or not;
- whether future users still think that it is of special importance to be able to make and receive voice calls to and from mobile phone numbers compared to other communication forms that only need IP connectivity.
- Whether the unavailability of proper indoor connectivity will become a widespread problem soon, and how this will influence market pressure and/or legislation towards more standards and rules for multi operator or neutral host solutions
- Whether institutions in general take an approach towards reliability of indoor connectivity by selecting one very reliable network or by stimulating alternatives.

Strategic options and evolution paths

In general the following strategic options for SURF (and its institutes) can be distinguished:

- Focus on Wi-Fi connectivity only, potentially stimulating alternatives such as Wi-Fi calling
- Focus on an approach where per site only one mobile network operator has to be involved
- Focus on a specific multi operator or neutral host approach for connectivity of mobile networks on campuses

Service options for SURF include assisting in knowledge sharing between institutions with regard to (indoor) connectivity issues, foster 'best practices', represent educational and research institutions and lobby towards market parties, government and politics, help with standardising uniform interfaces for multi operator or neutral host solutions, play a role in traffic distribution from mobile operator networks to campuses, or even become a country wide education and research mobile operator.

For the shorter term SURF can explore the possibilities in a pilot or technology research program, help with information sharing between tenders of indoor connectivity solutions and timing or cooperation of such projects between institutions.

Conclusions

Many institutions that experience problems with mobile connectivity already have solutions in place, but most of these solutions are operator specific. Especially for academic hospitals, having proper indoor mobile connectivity already is of great importance and requires special solutions. In the coming years, indoor connectivity will become a key issue for successful 5G rollout. Backhaul and fronthaul of mobile operators over 3rd party networks will eventually become more common with the increase of small cells necessary in 5G, but this trend is hardly visible yet. At this moment no uniform and standardised solution for indoor connectivity for 5G is emerging yet, and because of that Wi-Fi calling and 'over the top' alternatives still gain traction.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding en achtergrond	8
1.2	Onderzoeksvragen	9
1.3	Aanpak.....	9
2	Gebruikers perspectief: campusconnectiviteit nu en straks.....	11
2.1	Het belang van hoogwaardige (draadvrije) connectiviteit op de campus	11
2.2	Huidige situatie campussen en instellingen	13
2.3	Samenwerking en de rol van SURF	17
3	Technologie perspectief: architecturen en keuzes	18
3.1	Inpandige connectiviteit: een aantal kanttekeningen	20
3.2	Eenvoudige oplossingen voor inpandige mobiele connectiviteit	21
3.3	(Gedistribueerde) Antenne systemen	23
3.4	Small Cell architecturen.....	24
3.5	"X"-RAN (Cloud-RAN of Distributed RAN).....	25
3.6	Wifi calling en andere voice alternatieven over wifi	27
3.7	Inzet van Private versus Public netwerken	28
3.8	Synthese	29
4	Diensten perspectief: commerciële modellen en rolverdelingen	31
4.1	Analyse verschillende commerciële modellen.....	31
4.2	Stakeholders.....	40
4.3	Silo's en functionele scheidslijnen	47
4.4	Issue analyse	50
5	Toekomstperspectieven campusconnectiviteit.....	52
5.1	Kansen en uitdagingen door algemene trends	52
5.2	Belangrijkste dilemma's in trends en externe scenario's:	54
6	Strategische opties en evolutiepaden	60
6.1	Strategische opties voor de doelgroep	60
6.2	Dienstverleningsopties SURF	61
7	Conclusies en Aanbevelingen.....	64
7.1	Conclusies	64
7.2	Aanbevelingen	66
Annex A	Marktpartijen small cell & DAS	68
Annex B	Enquête resultaten	72

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

SURF werkt continu aan het verbeteren van de netwerkconnectiviteit voor hun eindgebruikers, onder andere door technologische ontwikkeling, pilots met instellingen en trajecten voor kwaliteitsmanagement. In het kader van het project Smart Campus¹ werkt SURF samen met zijn leden aan de ontwikkeling van een intelligentere, flexibelere en duurzamere campus door onder meer de inzet van verschillende draadvrije innovaties. Daarbij wordt gebruik gemaakt van wifi en (draadloze) sensoren die onder andere data verzamelen over de bewegingsactiviteiten van bezoekers en het klimaat in gebouwen, teneinde de werk- en leefomgeving op de campus te verbeteren.

Voorwaarde bij het gebruik van slimme draadloze smart campustoepassingen is de aanwezigheid van hoogwaardige en veilige draadvrije connectiviteit². Dat betreft niet alleen wifi, maar ook andere draadloze communicatietechnieken zoals 3G/4G. In de nabije toekomst wordt 5G belangrijk, maar mogelijk ook technologieën als LoRaWAN en Li-Fi. SURF inventariseert welke technieken er nu en straks beschikbaar zijn en hoe deze op een effectieve wijze kunnen worden ingezet op de campus, dan wel de huidige toepasbaarheid ervan kan worden verbeterd. Een van de aandachtsgebieden in die context is het verbeteren van in pandige (mobiele) connectiviteit bij instellingen³.

Dikwijls kampen instellingen, als gevolg van goed geïsoleerde gebouwen en het gebruik van zonwerende coatings op ramen, met wisselende kwaliteit van in pandige connectiviteit in hun gebouwen. Door het toenemende gebruik van smartphones en dito gebruik van mobiele data is een goede ontvangst van mobiele signalen overal en altijd steeds belangrijker geworden voor gebruikers. En alhoewel studenten, medewerkers en bezoekers voor hun datagebruik meestal kunnen terugvallen op het wifi netwerk van de instelling, is de afhankelijk van goede in pandige mobiele connectiviteit voor de traditionele spraakdienst nog altijd groot. Ook als er wel een goede wifi verbinding mogelijk is kan de traditionele spraakdienst nu in de praktijk nog niet automatisch terugvallen op Vo-Wifi: bij slecht bereik kan er niet gebeld worden naar een telefoonnummer en gesprekken vanaf een telefoonnummer belanden op de voicemail. Het mobiele netwerk wordt ook vaak beschouwd als een back-up van het wifi netwerk en de vaste telefoonlijn als deze onverhoopt zouden uitvallen.

Vanwege haar streven naar het waarborgen en verbeteren van een goede in pandige mobiele connectiviteit voor onderwijs en onderzoeksinstellingen en de mensen die daar werken, studeren en te gast zijn, en in bredere context het streven naar waarborgen en verbeteren van het in pandige gebruik van data- en communicatiediensten, heeft SURF aan Stratix gevraagd om de verschillende opties voor het verbeteren van in pandige connectiviteit op campussen in kaart te brengen.

¹<https://www.surf.nl/innovatieprojecten/verbindende-infrastructuren/smart-campus.html>

²<https://blog.surf.nl/ingrijpende-veranderingen-noodzakelijk-op-campus-ict-dienstverlening/>

³<https://blog.surf.nl/indoordekking-2-0-samen-werken-aan-inpandige-communicatie-diensten-op-de-campus/>

Hierbij richt het onderzoek zich op omgevingen waarbij gesproken kan worden van een 'campus' in brede zin⁴. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar sec mobiele oplossingen, maar in bredere zin ook naar mogelijke alternatieven die het in pandige mobiele connectiviteitsprobleem bij instellingen kan oplossen.

1.2 Onderzoeksvragen

SURF vroeg Stratix om de mogelijke proposities, uitdagingen en rollen voor SURF rond de in pandige connectiviteitsproblematiek op de campus helderder te krijgen. In het kort, wat zijn de opties en kan er per optie antwoord gegeven worden op vragen als: *mag het, kan het, en schaaft het?* Hierbij is het uiteindelijk belangrijk om één of meer toekomstperspectieven helder te krijgen maar ook mogelijke zijpaden en valkuilen. De inzet van beschikbare netwerkinfrastructuur en de transparantie richting mobiele operators zijn belangrijke uitgangspunten.

Daarbij zijn zaken als frequentiebeleid, dienstenportfolio's, demarcatiepunten, en de technologieontwikkeling van small cell architecturen belangrijk, maar ook een visie op wat de wensen en knelpunten zijn van potentiële klanten (instellingen zoals onderwijs- en onderzoeksinstellingen en academische ziekenhuizen) en aanbieders (operators, fabrikanten, integrators etc.).

1.3 Aanpak

Voor het samenstellen van voorliggend rapport is de volgende aanpak gevolgd:

- *Quickscan*: er zijn een aantal verkennende inventarisaties uitgevoerd naar state of the art oplossingen op het gebied van in pandige mobiele connectiviteit, verschillende DAS en small cell architecturen, en trends in business modellen.
- *Stakeholder onderzoek*: interviews met een operator, integrators en een instelling die in pandige connectiviteit via een multi operator DAS heeft gerealiseerd.
- *Enquête instellingen*: er werd met behulp van WAU?! een online enquête opgezet voor leden van de SURF Network Expert Group mailinglijst, waarmee de huidige situatie, achtergronden, knelpunten en toekomstwensen van in pandige connectiviteit bij verschillende onderzoeks- en onderwijsinstellingen in kaart gebracht is.
- *Workshop*: aan de hand van een interactieve workshop werden de tussenresultaten met SURF besproken en bediscussieerd. Resultaten van deze workshop dienden als input voor de volgende fasen.

⁴ De term campus is hier zeker niet beperkt tot universitaire campussen, maar duidt in dit rapport vooral op een agglomeratie/nabijgelegen-gebouwen van onderwijs- en kennisinstellingen die ook kleinschalig kan zijn (bijv. een combinatie van een mbo- en een hbo-instelling of een grootschalige mbo-instelling). Insteek is het zoeken naar oplossingen die inzetbaar zijn op een grotere schaal in tegenstelling tot huidige implementaties voor indoor connectiviteit die zich vaak beperken tot een gebouw.

- *Definiëren opties voor korte en lange termijn:* in deze fase werden een aantal korte en lange termijn proposities globaal gedefinieerd, en verschillende relevante aspecten in kaart gebracht
- *Rapportage:* gedurende het project werd een rapport opgesteld, waarbij tussenresultaten werden besproken.
- *Verwerken aanvullende enquêteresultaten:* De enquête is onder de aandacht gebracht van meer instellingen en de resultaten hebben geleid tot enkele kleine updates van het rapport.

2 Gebruikers perspectief: campusconnectiviteit nu en straks

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet wat het belang is van mobiele in pandige connectiviteit in campusgebouwen, welke aanleidingen instellingen hebben om dit te borgen en welke oplossingen er ruwweg door instellingen worden ingezet. Voor een beter beeld op voorgenoemde onderwerpen heeft SURF in het kader van dit onderzoek een korte enquête uitgevoerd⁵, waarvan de resultaten in de beschouwing van dit hoofdstuk worden meegenomen (uitgelicht in de blauwe kaders). Een verslag van de enquêteresultaten zijn als Annex B bij dit rapport gevoegd.

De vragenlijst is ingevuld door mbo instellingen (12x), wo instellingen (9x), ziekenhuizen (9x) en hbo instellingen (4x).

2.1 Het belang van hoogwaardige (draadvrije) connectiviteit op de campus

Traditioneel is de beschikbaarheid van hoogwaardige (draadvrije) connectiviteit op campussen vooral gericht op het faciliteren van onderwijs-, onderzoeks- en bedrijfsprocessen. Maar door de opkomst van allerlei persoonlijke smart devices (smartphones, tablets, etc.) en bijbehorende apps en internetdiensten is draadvrije connectiviteit ook steeds belangrijker geworden om te voorzien in de generieke connectiviteitsbehoeften van campusbezoekers.

Voor een optimale inzet en gebruik van de veelheid aan digitale diensten op de campus is het dus belangrijk dat de campusbrede beschikbaarheid van draadvrije connectiviteit op orde is. Daar komt bij dat gebruikers gewend zijn geraakt om altijd en overal bereikbaar te zijn, dus zowel in als buiten de gebouwen op de campus. Door de aanwezigheid van goede wifi connectiviteit in de gebouwen en goede mobiele connectiviteit erbuiten, is de draadvrije connectiviteit op campussen doorgaans goed op orde. Echter, de beschikbaarheid van beide technieken altijd en overal op de campus is niet bij alle instellingen het geval.

2.1.1 Mobiele in pandige connectiviteit is niet optimaal op alle campussen

SURF hoort regelmatig van instellingen dat de beschikbaarheid van mobiele in pandige connectiviteit (2/3/4G) op campussen nog niet optimaal is. Hoe goed de in pandige connectiviteit is verschilt per campus en provider, afhankelijk of er maatregelen zijn getroffen om de in pandige connectiviteit te verbeteren. Een veelgehoorde oorzaak van slechte in pandige connectiviteit is dat gebouwen steeds beter worden geïsoleerd (o.a. dikkere muren, gebruik van zonwerende coatings of folie op ramen) waardoor de doorlaatbaarheid van mobiele signalen verslechtert.

⁵ Deze enquête was verspreid onder leden van de Expertgroep Netwerken en liep van 28 november t/m 11 december 2018. De respons was 25 ingevulde vragenlijsten. De enquête is uitgevoerd door WAU?! en de volledige resultaten zijn verwerkt in een kort verslag welke op aanvraag beschikbaar is bij SURF.

Circa driekwart van de respondenten geeft aan problemen te ondervinden met de huidige mobiele connectiviteit binnen één of meer (delen van) gebouwen, zelfs al heeft meer dan de helft van die respondenten inmiddels maatregelen getroffen om de in pandige connectiviteit te verbeteren. De aanwezigheid van zonwerende coatings op ramen, isolatiematerialen en staalconstructies in gebouwen worden genoemd als voornaamste oorzaken van de slechte connectiviteit.

2.1.2 Mobiele connectiviteit blijft belangrijk voor spraak en het verbinden van objecten en sensoren

Uit onderzoek van de Autoriteit Consument en Markt blijkt dat het gebruik van de traditionele spraakdienst over mobiele netwerken nog onverminderd populair⁶ blijft, ondanks de explosieve toename van mobiel datagebruik⁷. Dat zal vermoedelijk niet anders zijn binnen de gebouwen op campussen. Mogelijke verklaringen zijn de introductie van flat fee belbundels en de vervanging van bellen over vaste aansluitingen door bellen over mobiele aansluitingen⁸.

Op plaatsen waar mobiele connectiviteit niet, maar wifi connectiviteit wel toereikend is (zoals in bepaalde [delen van] gebouwen op campussen), kunnen internetspraakapplicaties zoals WhatsApp Bellen en Skype, en voice-over-wifi (VoWifi)⁹ als alternatief dienen voor bellen en gebeld worden. De aanwezigheid van eduroam, waarmee campusbezoekers gemakkelijk gebruik kunnen maken van het wifi netwerk in de gebouwen, kan drempelverlagend werken bij het gebruik van alternatieve spraakdiensten.

Het vaakst wordt het gebruik van Whatsapp bellen en Skype (for Business) over wifi genoemd als ad hoc alternatieve spraakoplossingen in geval van slechte in pandige mobiele connectiviteit. Ook het bellen over vaste lijnen (onder personeel) wordt als alternatief gegeven.

Gezien het feit dat diverse instellingen maatregelen hebben getroffen om de mobiele in pandige connectiviteit te verbeteren, kan gesteld worden dat bellen en gebeld worden over mobiele netwerken binnen de gebouwen van onderwijs- en kennisinstellingen belangrijk wordt gevonden. Het is aannemelijk dat mensen graag overal mobiel kunnen bellen zonder extra moeite te hoeven doen om gebruik te maken van alternatieve spraakapps of last te hebben van in pandige connectiviteitsproblemen¹⁰. Uit interviews die SURF eerder heeft gehouden komt tevens naar voren dat instellingen er niet gerust op zijn dat wifi uiteindelijk voldoende kwaliteit

⁶ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/telecommonitor-tweede-halfjaar-2017>

⁷ Met de landelijke beschikbaarheid van 4G in 2015 en de introductie van steeds grotere en goedkopere databundels is het mobiele datagebruik tussen 2015 en 2017 verdrievoudigd, van 112 miljard MB tot 325 miljard MB (ACM Telecommonitor 2017)

⁸ Onderzoeken van de ACM in de perioden 2013-2017 laten een jaarlijkse daling zien van het aantal geconsumeerde belminuten via vaste telefonie

⁹ Op dit moment bieden de aanbieders KPN, Vodafone en Tele2 VoWifi aan en T-Mobile voert momenteel een pilot uit met VoWifi. Daarbij geldt wel dat aanbieders de functie apart beschikbaar moeten maken voor verschillende merken toestellen.

¹⁰ Mogelijk dat jongeren daar minder problemen mee hebben, omdat ze in hun dagelijkse leven al veel gebruik maken van alternatieve communicatieapps die veelal ook beschikken over eenvoudige voice functies (bijv. WhatsApp Bellen).

of sturingsmogelijkheden biedt om betrouwbaar te kunnen bellen. En daarnaast wordt de behoefte uitgesproken aan een draadvrij back-up-, uitwijk- of prioriteitsnetwerk in het geval dat wifi bijvoorbeeld uitvalt of overbelast is¹¹.

De meeste respondenten zijn van mening dat met een goede wifi connectiviteit de noodzaak voor goede mobiele connectiviteit vermindert, maar dat mobiel bellen en gebeld worden ook belangrijk blijft. Respondenten die aangeven dat goede wifi connectiviteit geen vervanging kan zijn voor mobiele inbandige connectiviteit, geven als reden dat hun wifinetwerk nog niet geschikt is voor telefonie en dat eindgebruikers nog niet beschikken over geschikte toestellen voor wifi calling /VoWifi.

Met het oog op de toekomst zijn er, naast het belang voor spraak, ontwikkelingen gaande die het hebben van goede mobiele inbandige connectiviteit kunnen vergroten. Denk bijvoorbeeld aan het toekomstbeeld dat wordt geschetst met de introductie van 5G, waarbij een veelheid aan objecten en sensoren verbonden gaan worden aan de nieuwe generatie mobiele netwerken. Op campussen gaat het dan bijvoorbeeld om de implementatie van allerlei (sensor-gebaseerde) toepassingen rondom gebouwbeheer (bijv. verlichting, klimaatbeheersing, ruimtebezetting, etc.).

Het algemene beeld is dat meer dan helft van de respondenten met het oog op de nabije toekomst (<5 jaar) geen problemen of uitdagingen op het gebied van draadvrije connectiviteit binnen de instelling voorziet die nu nog niet relevant zijn. Respondenten die wel problemen voorzien noemen het belang van inbandige draadvrije connectiviteit bij de introductie van 5G, voor het koppelen van steeds meer (Internet-of-Things) apparaten en sensoren en de vervanging van de vaste telefonieomgeving op de werkvloer door mobiele telefoons.

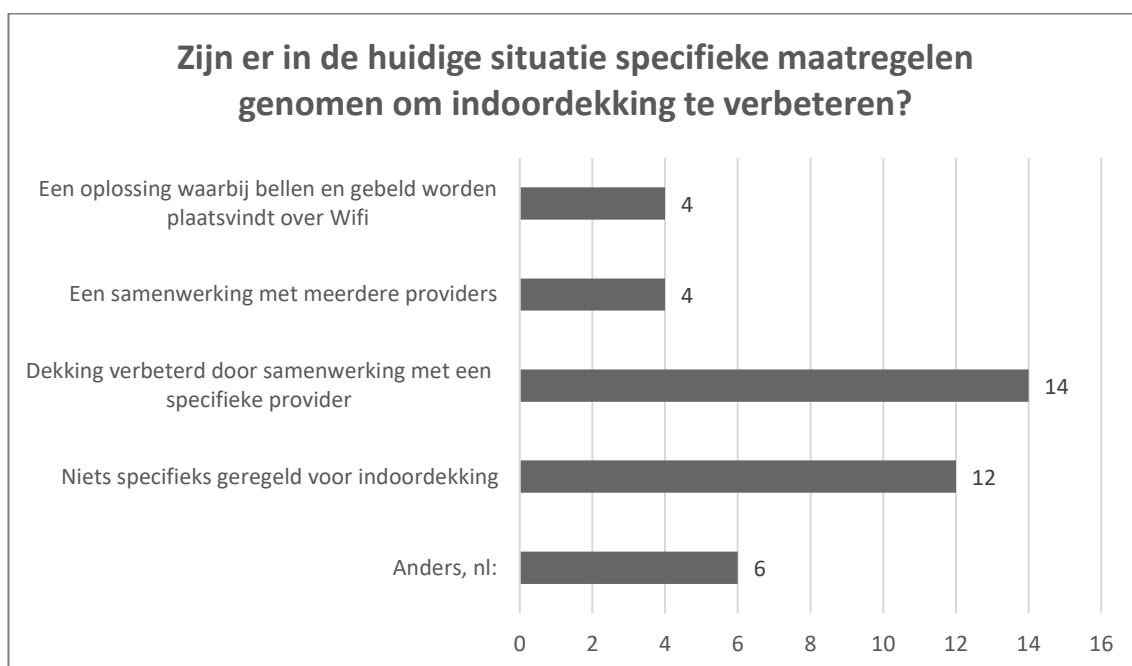
2.2 Huidige situatie campussen en instellingen

2.2.1 Verbetering van inbandige connectiviteit is op de radar van instellingen

Afgaande op de resultaten uit de enquête en eerdere interviews van SURF, is het probleem van slechte mobiele inbandige connectiviteit op de radar van instellingen. Twee derde van de instellingen heeft maatregelen getroffen om problemen met slechte mobiele inbandige connectiviteit op te lossen. Ziekenhuizen zijn daarin het verst, wat verklaard kan worden door het feit dat ziekenhuizen de verplichting hebben een goede C2000 inbandige connectiviteit te borgen en met de uitrol van dat netwerk doorgaans ook de mobiele inbandige connectiviteit wordt meegenomen.

¹¹<https://blog.surf.nl/indoordekking-2-0-samen-werken-aan-inbandige-communicatiediensten-op-de-campus/>

Nagenoeg alle ziekenhuizen (8 van 9) in de enquête hebben voorzieningen getroffen om de mobiele in pandige connectiviteit in hun gebouwen te verbeteren. Ook de meeste universiteiten (7 van 9) hebben maatregelen getroffen. Van de hbo instellingen die hebben gereageerd heeft de helft (2 van 4) maatregelen getroffen. Onder de mbo instellingen heeft het merendeel (7 van de 12) niets specifiek geregeld en is dat op de korte termijn ook niet van plan.



Figuur 2: Getroffen indoor dekking maatregelen onder respondenten (meer antwoorden mogelijk)¹²

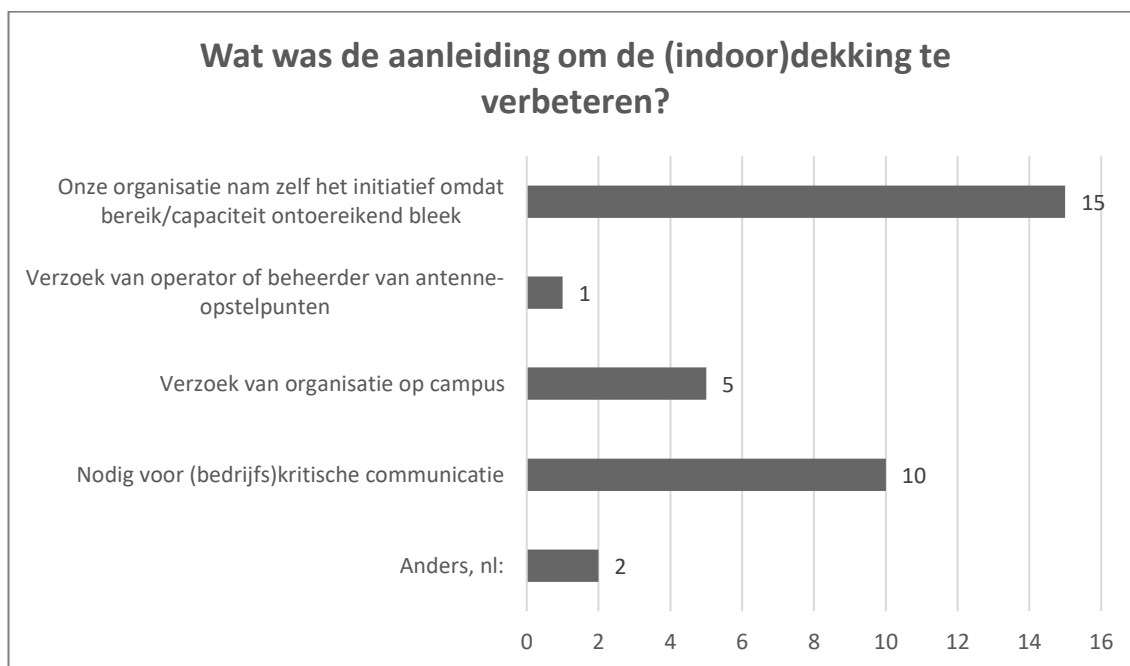
2.2.2 Redenen voor verbeteren mobiele connectiviteit verschillen per type instelling

De noodzaak tot het verbeteren van de mobiele in pandige connectiviteit wordt anders ervaren door instellingen onderling. Dit heeft onder andere te maken met hoe goed de connectiviteit al is binnen gebouwen (zonder dat er maatregelen zijn getroffen), hoe vaak erover wordt geklaagd door bezoekers en hoe belangrijk het wordt gevonden voor de facilitering van onderwijs- en bedrijfsprocessen. Ziekenhuizen zijn voor hun (bedrijfs)kritische communicatie erg deels afhankelijk van mobiele telefonie en daarnaast verwachten hun bezoekers dat ze binnen de gebouwen goed bereikbaar zijn. Onderwijsinstellingen kunnen voor hun personeel en studenten mogelijk gemakkelijker uit de voeten met spraakdiensten over wifi.

¹² Bron: enquête WAU?! onder leden van de SURF Expertgroep Netwerken

De belangrijkste reden die respondenten aangaven om de mobiele connectiviteit binnen hun gebouw(en) te verbeteren, was naar aanleiding van klachten van gebruikers dat in delen van gebouwen het mobiele bereik en de capaciteit ontoereikend bleken. Een andere reden die, met name door ziekenhuizen, veelvuldig wordt genoemd is het belang van in-pandige mobiele connectiviteit voor (bedrijfs)kritische communicatie (tussen personeel).

Het verbeteren van in-pandige mobiele connectiviteit heeft in de meeste gevallen plaatsgevonden op initiatief van de instelling. Slechts in een enkel geval bleek dit (mede) op verzoek te zijn van een mobiele operator. In de meeste gevallen zijn maatregelen genomen om de connectiviteit te verbeteren voor alle bezoekers van de gebouwen in plaats van specifieke gebruikersgroepen. De in de praktijk ervaren verbetering onder alle gebruikers in een gebouw hangt echter af of er gebruik wordt gemaakt van een single- of multi-provider oplossing.



Figuur 3: Redenen van respondenten om indoordekking te verbeteren¹³

2.2.3 Instellingen maken vooral gebruik van provider specifieke oplossingen

Instellingen treffen verschillende maatregelen om de in-pandige connectiviteit van mobiele netwerken in (delen van) hun gebouwen te verbeteren. Daarbij wordt gebruikt gemaakt van oplossingen die het mobiele signaal van buiten naar binnen kunnen versterken (repeaters, steun antennes) en/of het signaal in-pandig kunnen uitzenden (via gedistribueerde antennesystemen, kortweg DAS). En verder wordt er gebruikt gemaakt van oplossingen waarbij bellen en gebeld worden over wifi plaatsvindt.

¹³ Bron: enquête WAU?! onder leden van de Expertgroep Netwerken

Doorgaans maken instellingen vooral gebruik van een oplossing waarbij de in pandige connectiviteit van één specifieke provider wordt opgelost en daarmee dus niet van de overige landelijke providers. De verbetering van de in pandige connectiviteit wordt daarbij meegenomen in de aanbesteding voor de aanschaf van (mobiele) communicatiediensten voor een instelling. Ziekenhuizen lijken doorgaans vaker gebruik te maken van een oplossing waarbij de in pandige connectiviteit van meerdere mobiele providers wordt opgelost¹⁴. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat het voor patiënten en bezoekers mogelijk moet zijn om goed mobiel bereikbaar te zijn in de gebouwen.

In bijna 70% van de gevallen waarbij instellingen die maatregelen hebben getroffen om de mobiele in pandige connectiviteit te verbeteren, is er gebruik gemaakt van een DAS oplossing. In de meeste gevallen gaat het om een provider specifieke DAS oplossing. De ziekenhuizen die hebben gereageerd, maken veelal gebruik van multi-provider DAS oplossingen (5 van 8 ziekenhuizen), waarop soms ook het C2000 systeem is ingekoppeld. Andere oplossingen die worden genoemd door instellingen zijn het gebruik van in pandige antennes en picocellen en spraakdiensten over wifi om te bellen en gebeld te worden bij slechte mobiele in pandige connectiviteit. Soms worden door instellingen meerdere oplossingen van verschillende operators naast elkaar gebruikt, bijvoorbeeld in verschillende gebouwen.

Als sterke punten van de huidige DAS oplossingen wordt door respondenten genoemd dat de mobiele in pandige connectiviteit is verbeterd en in het geval van een multi-operator DAS dat dit geldt voor meerdere providers. Door enkele respondenten met een single-operator DAS oplossing wordt als zwak punt van de oplossing genoemd dat het slechts het in pandige bereik van een enkele aanbieder verbetert, zodat bijvoorbeeld gasten die gebruik maken van andere providers er niet mee geholpen zijn.

Maar een klein deel van de respondenten denkt op dit moment na over mogelijkheden om op korte termijn indoor dekking te verbeteren. Men ziet voor de langer termijn wel mogelijke uitdagingen (IoT, 5G) maar daarbij zijn nog zo veel opties en onduidelijkheden dat er nog geen concreet probleem en ook geen concrete oplossing wordt voorzien.

2.2.4 Uitdagingen bij de keuze voor geschikte oplossingen

Doorgaans pakken mobiele operators niet zelf de handschoen op om slechte mobiele in pandige connectiviteit bij SURF instellingen te verbeteren. En ook zijn aanbieders voorsnog terughoudend om gezamenlijk oplossingen uit te rollen waarmee de in pandige connectiviteit van meerdere aanbieders wordt verbeterd. Instellingen maken het verbeteren van de mobiele in pandige connectiviteit meestal onderdeel van hun bredere aanbesteding voor (mobiele) telefonie, maar worden bij de keuze voor een geschikte oplossing gestuurd door budget en de eventuele bereidheid van operators om samen te werken. Een multi-provider DAS oplossing zou in veel gevallen de beste uitkomst bieden, maar is doorgaans kostbaar en afhankelijk van de bereidwilligheid tot samenwerking van aanbieders.

¹⁴ Op internet is te vinden dat het Erasmus MC een actief DAS systeem gebruikt en een interview met het Radboud MC heeft uitgewezen dat daar gebruikt wordt van een geclusterde multi-operator BTS oplossing.

2.3 Samenwerking en de rol van SURF

2.3.1 Kennisdelen en/of samenwerken onder instellingen om problemen aan te pakken

De markt van oplossingen voor het verbeteren van mobiele inbandige connectiviteit is vrij complex en tot op heden nog onvoldoende gestandaardiseerd. Daar komt bij dat het uitvragen en implementeren van oplossingen ook de nodige uitdagingen met zich meebrengt. Op dat vlak kunnen instellingen de krachten bundelen door bijvoorbeeld kennis en ervaringen te delen over de inbandige oplossingen die zij momenteel in gebruik hebben en de aanbestedingstrajecten die men heeft moeten doorlopen.

Bijna 80% van de respondenten ziet mogelijkheden voor kennisdeling en/of samenwerking om capaciteit en connectiviteit voor mobiele devices te verbeteren.

2.3.2 SURF als kennisdeler, adviseur en vraagbundelaar

SURF zou verschillende rollen kunnen vervullen bij het verbeteren van de inbandige mobiele connectiviteit bij instellingen, variërend van louter kennisdeler tot aanbieder van een eigen 'inbandige connectiviteit as a service' dienst. Om te komen tot een afgewogen keuze is het belangrijk voldoende scherp te krijgen hoe nijpend de behoefte onder (verschillende typen) instellingen is, welke technische oplossingen nu en op termijn voorhanden zijn, welke bereikbaarheid er is onder mobiele providers om samen te werken en waar instellingen zelf vooral een rol zien weggelegd voor SURF. De uitkomsten van de enquête geven daarbij een eerste inzicht.

Van de respondenten die aangeeft mogelijkheden te zien voor kennisdeling en/of samenwerking, geeft het merendeel (80%) aan daarbij een mogelijke rol te zien voor SURF. Het gaat dan met name om het bij elkaar brengen van instellingen teneinde kennis te delen of te adviseren over mogelijke oplossingen. Verder wordt onder meer genoemd: het onderhouden van contacten met providers, gezamenlijk inkopen, en het door SURF faciliteren van een mobiele inbandige dekkingsdienst.

In hoofdstuk 6 worden de mogelijke opties voor SURF nader uiteengezet, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen strategische opties (visie op het probleem) en dienstverleningsopties (aanpak voor het probleem). Ten slotte worden in hoofdstuk 7 aanbevelingen gedaan voor oplossingen op de korte termijn en de rollen die SURF daarbij kan vervullen.

3 Technologie perspectief: architecturen en keuzes

Iedere nieuwe generatie van draadvrije technologie belooft hogere snelheden en meer parallelle gebruikers dan de vorige technologie. De belangrijkste middelen om dit te bereiken zijn echter in het verleden steeds niet de fundamentele verbeteringen van de gebruikte radiotechnologie geweest, maar vooral het inzetten van meer spectrum en de plaatsing van meer antennes.¹⁵ De specificaties van 5G zijn nog in ontwikkeling, maar beloven hoge snelheden, lagere energieconsumptie en lagere kosten, hogere capaciteit, en ondersteuning van meer apparaten. Maar of alle doelen altijd tegelijkertijd kunnen worden gehaald zal in de praktijk blijken. Bij voorgaande generaties bleek in de praktijk de sprong vaak kleiner dan de voorspelde doelen deden geloven. In hoeverre 5G apparatuur in de praktijk effectiever zijn ten opzichte van de 4G apparatuur en dus in dezelfde omstandigheden een hoger 'aantal bits per Herz' kan verwerken is dus moeilijk vast te stellen.

Onderstaand figuur illustreert dat de huidige modellen wijzen op een verbeterde maximale celcapaciteit voor macrocellen van 5G ten opzicht van 4G van ongeveer 30% bij gelijkblijvende antennessposities, frequentiegebruik en aantallen gebruikers. Voor Nederland is op dit moment een snelheid per gebruiker van rond de 20-50 Mbps op de meeste plaatsen haalbaar (afhankelijk van gebruikte modellering)¹⁶. Met 5G zouden in gelijkblijvende celconfiguraties gemiddelde snelheden van 30-80 Mbps mogelijk worden maar voor bij toenemende vraag is toch echt celverdichting en/of inzetten van meer frequentiegebieden noodzakelijk.

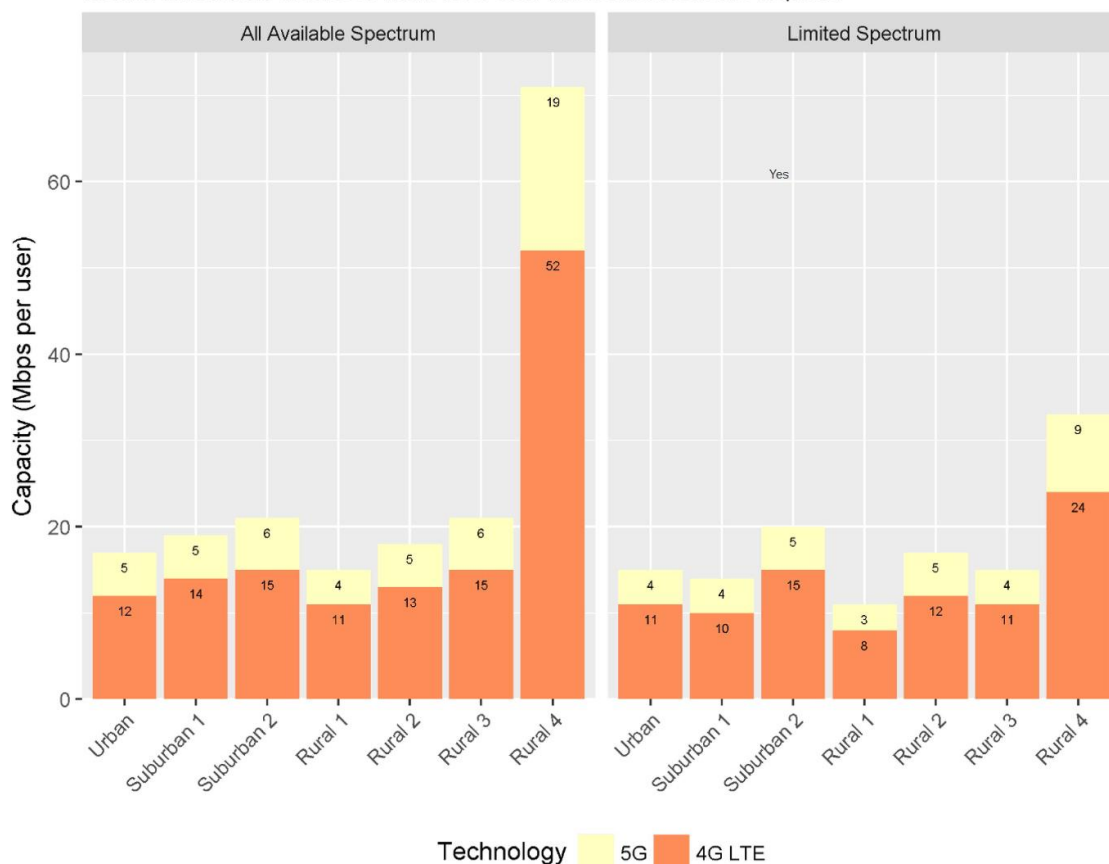
Kortom, vooral het plaatsen van meer antennes, lagere zendvermogens en het gebruik van hogere en bredere frequentiebanden heeft geleid tot hogere snelheden/meer capaciteit voor gebruikers en de verwachting is dat dit ook voor 5G zo zal zijn. De signalen reiken minder ver en daardoor storen de aanliggende cellen elkaar minder en is het eenvoudiger om banden te hergebruiken. Maar er is echter een belangrijk nadeel: de inbandige connectiviteit van deze frequentiebanden is aanzienlijk beperkter.

¹⁵ Dit is ook wel bekend als Cooper's law. Alhoewel het geen wetmatigheid is, heeft het wel deze naam gekregen.

¹⁶ <https://opensignal.com/reports-data/national/data-2018-09-netherlands/report.pdf>

Maximum Average Capacity Per User

Results indicate the macrocell traffic level after which small cells are required



Figuur 4: Maximum gemiddelde capaciteit per gebruiker voor verschillende typen macrocells in verschillende geotypen bij gelijk blijvende omstandigheden, bron: Oughton, Edward J., Frias, Zoraida, Van der Gaast, Sietse and Van der Berg, Rudolf, 2019. 'Assessing the Capacity, Coverage and Cost of 5G Infrastructure Strategies: Analysis of The Netherlands'. Telematics and Informatics, January. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.003>.

De in pandige mobiele connectiviteit wordt in grote mate beperkt door een combinatie van de gebruikte frequenties, het gebruik van beton en steeds verder gaande energie-efficiëntie van gebouwen. In de zomer mag de warmte niet naar binnen en de winter niet naar buiten, warmte is straling, net als draadloze communicatie. De coatings en folies die gebruikt worden om gebouwen te isoleren voor warmtestraling, hebben als bijeffect dat radiosignalen niet meer naar binnen of naar buiten kunnen, waardoor de in pandige connectiviteit ook weer afneemt.

Voor aanbieders en gebruikers van mobiele telecommunicatie betekent dit dat in pandige connectiviteit een toenemend probleem aan het worden is. Nu het gebruik van mobiele communicatie stijgt, wordt het moeilijker om mensen in pandig te bereiken. Historisch gezien waren mobiele aanbieders nog wel genegen om te investeren in in pandige connectiviteit.¹⁷ Betere

¹⁷ De kosten werden echter wel veelal in één of andere vorm (deels) bij de klant gelegd, hetzij in eenmalige bijdrage, hetzij in het maandelijkse abonnement van groot-zakelijke klanten. Dus wie er daadwerkelijk betaalde is discutabel.

inbandige connectiviteit zorgde voor meer in en uitgaande telefoontjes en SMS-en, welke veel geld waard waren. Er was dus een goede businesscase voor inbandige connectiviteit. Deze valt weg nu steeds meer gebruikers een “vast” bedrag per maand betalen.

3.1 Inbandige connectiviteit: een aantal kanttekeningen

Inbandige mobiele connectiviteit vereist dat een signaal van buiten naar binnen kan komen en vice versa. Er is een veelheid aan oplossingen door de markt verzonden om de connectiviteit binnenshuis te verbeteren. Dit hoofdstuk probeert de verschillen tussen de opties weer te geven naar oplopende complexiteit. Problematisch is dat er geen heldere definities in de industrie zijn. Zo lopen de definities van (gedistribueerde) antenne systemen, small cells en inbandige cloud-RANs in elkaar over en verschillen fabrikanten en analisten onderling in hun definities.¹⁸ Dit maakt het niet eenvoudig om een consistent beeld van de stand van de markt te beschrijven. Er zijn geen hard omlijnde categorieën en verschillende fabrikanten kiezen vanuit marketing overwegingen voor vergelijkbare terminologie voor technische verschillende oplossingen.

Een gerelateerd probleem is dat er geen standaardisatie is rond apparatuur en technologie voor inbandige connectiviteit. Het gevolg voor eindgebruikers is dat zij te maken hebben met vendor lock-in. Dit is vooral problematisch bij grootschalige uitrol over langere termijn. Er is geen garantie dat een systeem van een fabrikant over langere termijn nog ondersteund wordt, of dat het interoperabel is met andere systemen. Mobiele aanbieders ondersteunen ook niet alle fabrikanten van apparatuur voor inbandige connectiviteit. Uit een gesprek met een fabrikant van apparatuur voor inbandige connectiviteit, bleek dat zij een enkele keer een tender gewonnen hadden, maar dat een mobiele netwerk aanbieder hun oplossing niet wilde goedkeuren.

Ook geldt dat in zover er standaarden zijn binnen de 3GPP welke gebruikt kunnen worden voor inbandige connectiviteit, het niet altijd een zekerheid is dat de standaarden ook geïmplementeerd worden door mobiele operators. Zo zijn veel mogelijkheden voor Licensed Shared Access niet geïmplementeerd. Het zijn deze banden waar in het verleden ook naar gekeken is om small cell/indoor connectivity te bieden, vooral op drukke plaatsen.

Een additioneel probleem is dat de markt voor inbandige connectiviteit en small cells zich nog steeds aan het ontwikkelen is. Het komt regelmatig voor dat rapporten/onderzoeken/fabrikanten stellen dat een bepaalde functie niet mogelijk is bij een bepaald type configuratie van inbandige connectiviteit, maar dat dit met een systeem van een concurrent, of een volgende generatie van een systeem van een fabrikant wel mogelijk is. Dit uit zich ook in termen en definities die gebruikt worden. Een voorbeeld is het overzicht hieronder dat door Commscope gegeven wordt voor de verschillende definities vormen van inbandige dekking, waar we bij andere fabrikanten toch weer andere getallen tegenkomen.

¹⁸ Commscope heeft bijvoorbeeld meerdere blogs geschreven over hoe hun definitie van small cell over de tijd veranderd is. Ook hebben ze een whitepaper over de verschillen tussen small cell en DAS, zoals zij die zien. Ook deze whitepaper begint met uitleg over er geen officiële definities zijn. <https://www.slideshare.net/orlandomoreno/das-vs-small-cell-71302771>

Type inbandige dekking	Radius cel	Vermogen (Watt)	Gebruikers
Macro cell (ter vergelijking)	Tot 5km	20-50W/sector	+/- 3000/sector
Indoor DAS	50-100m	1-2W/antenne	+/- 3000/sector
Picocell	100-200m	1-5W	32-100
Wifi	20m	0.1W	200
Femtocell	20m	0.1W	8-32

Figuur 5: Een overzicht van verschillende types (indoor) small cell netwerken. (op basis van gegevens van Commscope¹⁹)

Deze kanttekeningen betekenen dat het moeilijk is in dit rapport met heldere definities van indooroplossingen en hun toepassingen te komen. Het betekent ook dat in de huidige markt een keuze voor een oplossing, niet zonder samenwerking met mobiele aanbieders kan. De gekozen oplossing voor inbandige dekking zorgt daarna voor een vendor lock-in voor zowel de fabrikant van de technische oplossing als soms van de operator die er mee erbindt. De tendens in oplossingen voor inbandige dekking is echter wel naar systemen, die gebruik kunnen maken van bestaande infrastructuur (glasvezel, Cat5/Cat6), multi-operator, distribueerbaar zijn over meerdere gebouwen en dynamisch geoptimaliseerd kunnen worden voor het gebruik (meerdere cellen ipv één cel).

We kunnen grofweg de volgende technologische oplossingsrichtingen voor het verbeteren van inbandige mobiele connectiviteit onderscheiden:

- *Eenvoudige oplossingen* voor inbandige connectiviteit, zoals passieve radiodoorgifte of repeaters
- *Gedistribueerde Antenne Systemen* ofwel DAS systemen, die weer zijn te onderscheiden in Passieve DAS systemen, Actieve DAS systemen en Hybride DAS systemen
- *Small Cell architecturen*
- *"X"-RAN systemen* (Cloud-RAN of Distributed RAN)
- *Wifi Calling en andere voice alternatieven* over wifi
- *Inzet van Private versus Publieke mobiele netwerken*

Deze oplossingsrichtingen worden in de volgende paragrafen besproken.

3.2 Eenvoudige oplossingen voor inbandige mobiele connectiviteit

Inbandige connectiviteit beoogt het signaal van een mobiele operator in een gebouw te krijgen. Daar zijn verschillende manieren voor. Er zijn ook een aantal niet-standaard manieren of oplossingen die door operators niet goedgekeurd worden. Enkele voorbeelden zijn passieve oplossingen en wifi met een buitenantenne. Voor de verdere uitwerking van dit rapport zijn ze niet van groot belang, maar het laat een manier van denken zien.

¹⁹ <https://www.commscope.com/Blog/CommScope-Definitions-What-Is-a-Small-Cell/>



Figuur 6: FF-Signal paneel

Het idee achter passieve oplossingen is dat een modern gebouw zo ontworpen moet zijn dat signalen wel van buiten naar binnen kunnen komen. Een voorbeeld is een Fins bedrijf²⁰ dat daarom isolatiemateriaal heeft ontworpen waarbij metalen verbindingen tussen de buitenkant en de binnenkant van een pand ervoor zorgen dat het signaal toch naar binnen kan komen. Dit is een andere manier van denken, maar een vorm van denken die misschien bij de bouw van nieuwe gebouwen en woningen ook aandacht zou moeten krijgen, want het zou goedkoper kunnen zijn om op deze wijze het signaal het gebouw in te krijgen. Dit geldt vooral voor kleinere gebouwen en toepassingen.

Een volgende stap om de connectiviteit van mobiele netwerken in pandig te verbeteren zijn de repeaters. Deze ontvangen het signaal van buiten en zenden dit in pandig opnieuw uit. Ze zijn relatief goedkoop te verkrijgen en te installeren. Het ontvangt en zendt op dezelfde frequenties als die van de operator. Het systeem wijzigt niets aan het signaal. Juridisch gezien zijn ze niet verboden, mits de gebruiker toestemming krijgt van de operator, maar in de praktijk wordt deze toestemming bijna nooit gegeven. Uit een gesprek met KPN bleek dat zij in toeneemende mate actie ondernemen tegen repeaters, omdat nieuwere netwerktechnieken gevoeliger zijn voor verstoring. Ongeautoriseerde gebruikers krijgen stevige boetes van het Agentschap Telecom.²¹

ULTRA PENTA BAND VERSTERKER - 2G/3G/4G - 2500 M²

Alles-in-één Oplossing > |



€2.899.00
€2,499.00

Aantal
1



Voeg toe aan winkelwagentje

Vorige Product

Ultra Penta Band Versterker - 2G/3G/4G

De MRE504 Ultra Penta Band Repeater is een professionele slimme oplossing voor een slechte signaal ontvangst.

Deze booster heeft een unieke mogelijkheid om 5 frequenties te ondersteunen:

- GSM 900 MHz: **KPN & Vodafone Spraak**
- DCS 1800 MHz: **T-Mobile Spraak**
- WCDMA 2100 MHz: **Alle Netwerken 3G Internet**
- LTE 800 MHz: **Alle Netwerken 4G Snel Internet**
- LTE 2600 MHz: **Alle Netwerken 4G Snel Internet**

Vanwege de superieur vijf-band frequenties, de versterker versterkt 2G Spraak, 3G/4G Data signalen op hetzelfde moment en is geschikt voor alle netwerk providers.

Figuur 7: Voorbeeld van een repeater, te koop op een Nederlandse site

²⁰ FF-Signal van Finnfoam Oy, <http://www.ff-signal.com/en>

²¹ Controle illegaal gebruik repeaters, 18-09-2018 <https://www.agentschaptelecom.nl/onderwerpen/repeaters/nieuws/2018/september/18/controle-illegaal-gebruik-repeaters>

3.3 (Gedistribueerde) Antenne systemen

Gedistribueerde antennesystemen richten zich er op om binnen het gebouw een signaal uit te zenden. Het signaal van één of meerdere operators wordt via een vaste verbinding het pand naar binnen en naar buiten gebracht. Antennesystemen verschillen onderling in de manier waarop het signaal ontvangen wordt en hoe het doorgeleid wordt in het pand. Fabrikanten hanteren onderling verschillende definities van antennesystemen. Deze definities overlappen soms met die van small cells en xRAN oplossingen welke verder in dit hoofdstuk besproken worden.

Antennesystemen, zoals wij ze hier beschrijven, zijn relatief “dom”; ze distribueren een radio-signaal zoals dit aangeleverd is. Het signaal wordt in het gebouw niet inhoudelijk veranderd, alhoewel er wel signaal conversies kunnen zijn van bijvoorbeeld glasvezel naar coax of UTP en dan uitgezonden over de ether. De radiosignalen kunnen zowel optisch, over coax/UTP of via ether verzonden, ontvangen en geconverteerd worden²². Veelal zijn er voor verschillende frequentiebanden verschillende modules nodig, maar het is ook mogelijk om met 1 oplossing een heel spectrum te verzenden. De operator levert het signaal aan en in het gebouw wordt het signaal verspreid. Operators zijn veelal actief betrokken bij het inrichten van een antenne systeem, omdat het onderdeel uit maakt van hun netwerk. Hoe meer aanbieders er bij betrokken zijn, hoe langer de implementatie zal duren.

Essentieel is dat een antennesysteem niet anders functioneert dan een normale antenne in een mobiel netwerk dat bijvoorbeeld een macrocel aanstuurt. In een antennesysteem wordt het signaal door de operator naar een basestation (BTS (2G), NodeB (3G), eNodeB (4G) en gNodeB (5G)) in het gebouw gestuurd. In Nederland gebeurt ditdoorgaans via een glasvezel van de aanbieder, maar een straalverbinding is ook goed mogelijk. Het basestation verwerkt alle signalering die nodig is om de volledige dienstverlening van de aanbieder aan de klanten die in het gebouw zijn te leveren, maar ook om de hand-over van binnen naar buiten mogelijk te maken.

Er wordt gesproken van een gedistribueerd antenne systeem, omdat een enkele antenne vaak niet voldoende is om het hele gebouw van connectiviteit te voorzien. De oorzaken die het moeilijk maken voor het signaal van buiten naar binnen te krijgen, gelden vaak ook voor inpandige antennesystemen. Deze distribueren het signaal over verschillende antennes op verschillende verdiepingen/locaties en soms zelfs verschillende gebouwen op een campus. Ze maken gebruik van meerdere coax kabels met daaraan een antenne. Alle antennes zenden hetzelfde signaal uit en ontvangen dezelfde signalen. Door een relatief laag vermogen storen de antennes elkaar niet.

Er zijn verschillende vormen van gedistribueerde antennesystemen die onderling verschillen in waar het signaal van de BTS van glasvezel omgezet wordt naar coax, UTP en antenne. Omzetting van glasvezel naar coax wordt gedaan om de afstand die overbrugd wordt groter te maken. Glasvezel is daarnaast ook flexibeler voor de gebouweigenaar omdat het minder eisen aan zijn omgeving stelt.

²² Zo stelt Zinwave dat haar DAS-systeem het hele spectrum van 150MHz tot 2700MHz kan verzenden en ontvangen. <https://www.zinwave.com/das-solutions-0>

Passief DAS: In een passief DAS wordt het signaal op de basestation direct omgezet naar coax. Vanaf de basestation gaan coax kabels naar iedere vloer of locaties. Doordat het elektrisch vermogen over coax verzonden wordt, beperkt dit de afstand, maar kunnen de antennes passief blijven. De beperking van een passief DAS zit in de lengte die afgelegd kan worden door de coax-kabel. Vooral bij hogere frequenties (3G/4G) is deze afstand beperkt. Extra splitters, koppelingen et cetera beperken deze afstand nog meer. Als dus een groter/hoger gebouw of een campus uitgerold moet worden, dan beperkt dit de ruimte waarin het signaal geleverd kan worden.

Actieve DAS: Een actief DAS gebruikt glasvezel of UTP om de signalen van het basestation naar de remote radio unit te brengen. Over glasvezel kan echter niet het elektrisch vermogen verzonden worden en dus moeten de actieve antennes een andere stroombron hebben. Op deze wijze doet de remote radio unit optisch elektrische conversie en regelt het zendvermogen van de antenne. In een basis Actief DAS heeft iedere actieve antenne zijn eigen optisch elektrische conversie allemaal in een antenne-unit geïntegreerd²³. Dit maakt deze units relatief duur. Praktisch in deze oplossing is wel dat er niet een apart coax-netwerk aangelegd hoeft te worden. Coax kabels zijn vaak minder flexibel in de wijze waarop ze aangelegd worden en de omgeving waar ze in liggen. Een nadeel van sommige actieve systemen is dat ze maar beperkt zijn tot bepaalde frequenties. De systemen van fabrikant als Zinwave zijn echter wel breed-bandig over het spectrum van 150MHz tot 2700MHz (en mogelijk nog meer in de toekomst).

Hybride DAS: Een Hybride DAS gebruikt een actieve antenne unit om het signaal op een aantal coax kabels te zetten naar verschillende passieve antennes. Op deze wijze worden de kosten van een actieve antenne unit gedeeld over een veel groter oppervlakte en kan het aantal "dure" actieve units beperkt worden. Dit betekent wel dat er een coax-netwerk nodig is, maar veelal kan dit beperkt worden tot 1 verdieping en vereenvoudigt dit de uitrol van het systeem door het pand.

3.4 Small Cell architecturen

Het gebruik van een basestation is vrijvrij complex en duur voor veel vormen van in pandige connectiviteit. Coaxiale bekabeling en bijbehorende antennes worden door gebouwbeheerders ook als problematisch gezien, omdat ze heel specifieke eisen stellen, voor interferentie zorgen en niet eenvoudig te verleggen zijn. Al snel werd er dus gezocht naar een handzaam en praktisch apparaat. In de 3G-standaarden werd de mogelijkheid opgenomen voor een kleine NodeB, de Home NodeB, voor 4G werd dit de Home eNodeB. Apparaten die hierop gebaseerd werden, werden pico, femto of small cell genoemd²⁴. Dit apparaat maakte het mogelijk om over een beveiligde verbinding met het netwerk van de mobiele operator te communiceren. Voor 4G is er een complicerende factor, de small cell moet een GPS-signaal ontvangen, welke de timing van het 4G signaal aanstuurt. Dit signaal is veelal in pandig ook niet beschikbaar.

²³ Een voorbeeld is het aanbod van Zinwave.

²⁴ Het verschil is dat een picocell ongeveer 0.1W en een femtocell ongeveer 1W uitgezonden vermogen uitzendt. Een picocell kan ongeveer 6 gebruikers houden en een femtocell ongeveer 60. In de praktijk is het uitgezonden vermogen afhankelijk van de fabrikant en de mobiele operator. Zo kan Verizon in de VS tot 200 gebruikers ondersteunen met 0.5W vermogen. Daarbij verschilt de terminologie per operator en fabrikant. <https://www.commscope.com/Blog/CommScope-Definitions-What-Is-a-Small-Cell/>

Een antenne ophangen aan de buitenmuur en door de muur heen leiden is niet eenvoudig omdat niet alle locaties goed zicht bieden op meerdere satellieten.²⁵

In Nederland was het vooral Vodafone die onder de naam SignaalPlus een picocell voor 3G verkocht voor de consumenten en klein-zakelijke markt. Op dit moment is er in Nederland geen operator die een kleine small cell op basis van Home NodeB of eNodeB biedt. In het buitenland zijn er wel operators die deze apparaten nog in de markt hebben. Toch zijn ze niet wijd ingezet en beschikbaar, de belangrijkste reden lijkt te zijn, dat ze niet eenvoudig samenwerken met het macro-netwerk van de operator. Ze ondersteunen vaak alleen 2G/3G of 4G, maar niet beide. Hand-off van en naar het macro-netwerk is soms niet mogelijk of alleen naar het macro-netwerk. Doordat de ondersteuning van VoLTE op een handset afhankelijk is van goedkeuring door de operator functioneert spraak veelal niet²⁶. Een voorbeeld is de Verenigde Staten waar van de vier mobiele operators er één in het geheel geen small cells ondersteunt, twee zeer beperkte ondersteuning bieden en één een verdergaande ondersteuning biedt²⁷. Europese operators zijn daarentegen zeer terughoudend met het gebruik van small cell netwerken²⁸.

Waar de meeste small cells zelfstandige units zijn die niet samenwerken met andere small cells, komen er nu ook oplossingen in de markt die meerdere units in een gebied kunnen coördineren. Dit heeft tot voordeel dat de connectiviteit uitgebreid kan worden en dat in plaatsen waar er overlap is tussen de dekking van small cells er geen conflicten optreden over welke cell de eindapparatuur moet gebruiken. Zo heeft Verizon een oplossing waarbij drie small cells gecoördineerd kunnen worden. Comscore heeft OneCell waarbij meerdere small cells onderling gecoördineerd kunnen worden.

3.5 “X”-RAN (Cloud-RAN of Distributed RAN)

In de operator en grootzakelijke markt zijn er in vergelijking met de thuis en klein-zakelijke markt in Nederland wel ontwikkelingen om nog grotere groepen kleinere cellen te gebruiken om dekking in en rond gebouwen te realiseren. Operators hebben problemen bij het uitrollen van nieuwe netwerkinfrastructuur, vooral in steden. Er zijn te weinig locaties, er is weerstand tegen (zichtbare) antennes en de performance van netwerken kan zeer variabel zijn, afhankelijk van de tijd van de dag en de drukte rond locaties. Daarbij zijn standaard basestations veel te groot, onhandig en luidruchtig. Vandaar dat de industrie actief op zoek is gegaan naar antennes die eenvoudig in het straatbeeld in te passen zijn, bijvoorbeeld omdat ze in een bushokje, lantaarnpaal of gevel verwerkt kunnen worden. Het basestation staat dan op afstand en de antenne wordt middels glasvezel of straalverbinding bereikt. Termen die hiervoor gebruikt worden zijn Centralized RAN of ook wel Cloud-RAN.

²⁵ Voorbeelden van hoe de timing informatie verkregen kan worden <https://www.ccsf.com/enhancing-small-cell-performance-synchronised-back/>

²⁶ De oorzaak hiervan ligt bij de aanbieder die de telefoons niet autoriseert voor VoLTE, maar voor de gebruiker betekent dit dat zijn inbandige small cell spraak levert aan bepaalde apparaten.

²⁷ Een goede introductie op de situatie in de VS wordt gegeven op <https://www.repeater-store.com/pages/femtocell-and-microcell>

²⁸ Small Cells Report Card: Evolution not Revolution, Mobile Europe, April Mei 2017, pag 24-26 <http://www.mobileeurope.co.uk/back-issues/april-may-2017>

Dezelfde techniek die het mogelijk moet maken om small cell technologie in operator netwerken uit te rollen, kan ook aangewend worden om inbandige connectiviteit te realiseren. Het grote voordeel bij gebruik voor inbandige connectiviteit is volgens de leveranciers, dat in tegenstelling tot een passief DAS er geen coax door het pand gelegd hoeft te worden. Er kan in principe gebruik gemaakt worden van bestaande UTP (bij voorkeur CAT6 of hoger) of glasvezel bekabeling. Operators noemen dit vaak een cloud-RAN, maar kennen er ook andere termen voor, zoals E-RAN van SpiderCloud.

Het signaal voor de basestation controller (Radio Equipment Control) wordt verzonden middels de specificatie CPRI en eCPRI²⁹. Op deze wijze wordt het mogelijk om de controle over het netwerk op afstand van enkele kilometers van de antennes te laten functioneren. Op locaties is in aggregatiepunten³⁰ nog afdoende intelligentie aanwezig om de output van de remote radio units op elkaar af te stemmen en te coördineren. Zo kunnen er nieuwe cellen geconfigureerd worden zonder dat er hardware-matig iets gewijzigd hoeft te worden. Iets wat op dit moment in de meeste DAS systemen problematisch zou zijn.

Fabrikanten zijn van mening dat er veel voordelen zijn aan het "X"-RAN concept. Voordelen die de fabrikanten van "X"-RAN noemen zijn:³¹

- "X"-RAN is veelal flexibeler en eenvoudiger te installeren dan DAS systemen. Er hoeft nergens coax gelegd te worden en soms kan er zelfs van bestaande infrastructuur, zoals CAT6 en fiber, gebruik gemaakt worden (evt. in combinatie met CWDM)³²
- Site-surveys en planning van de locaties van antennes zijn veel beperkter nodig. Fabrikanten als Spidercloud claimen zelfs dat hun oplossing volledig zelf organiserend en optimaliserend is.
- Uitbreiding van het aantal antennes is eenvoudiger. Mits er nog afdoende poorten beschikbaar zijn in de intermediaire hub, kan er een extra unit geïnstalleerd worden.
- Daarbij kan de software definiëren hoeveel cellen er zijn, waardoor de capaciteit dynamisch geschaald kan worden. In een Hybride DAS beperkt het aantal actieve units het aantal cellen.
- Een fabrikant werkt met een zelf organiserend "X"-RAN, waarbij software het vermogen van units dynamisch schakelt naar het gebruik en dat van de aangrenzende cellen.
- Fout-detectie is eenvoudiger dan in een Hybrid DAS. Als er signaal uitval is dan moet in een Hybrid DAS de hele streng doorgemeten worden. In een "X"-RAN kan per radio gekeken worden wat de status is en waar verbinding met devices verloren wordt. Het

²⁹ Dit is een specificatie van Ericsson, Huawei, NEC en Nokia http://www.cpri.info/downloads/eCPRI_Presentation_for_CPRI_Server_2018_06_22.pdf Problematisch is dat het geen standaard is en dat het dus niet eenduidig met alle CPRI interfaces van fabrikanten samenwerkt. Comscore en Huawei benadrukken echter het positieve effect van CPRI op de hoeveelheid nodes die ondersteund kunnen worden en de eenvoud in uitrol.

³⁰ Huawei noemt ze RHUBs, Commscope noemt ze Central Area Nodes en Transport Extension Nodes

³¹ Hier worden heel specifiek voordelen aangehaald die door de fabrikanten genoemd worden. Fabrikanten van concurrerende systemen, zoals Hybrid DAS, zullen hier andere meningen over hebben. Gebruikers soms ook.

³² <http://www.spidercloud.com/tech>, <https://www.thinksmallcell.com/Enterprise/das-and-small-cells-solutions-become-more-intertwined.html>,

aansluiten van een extra unit kan de dekking ook direct verbeteren. Hetzelfde geldt als er te weinig capaciteit is, dit kan per unit en tijdsmoment gevolgd worden.

- Het is eenvoudiger te schalen over meerdere locaties op een campus of in een stad.

De ontwikkelingen van "X"-RAN zijn voor de marktpartijen nog vrij nieuw, de aanpak kent vele varianten waarbij terminologie niet consistent gebruikt wordt, en er zijn te weinig concrete praktijkvoorbeelden om te kunnen vergelijken. Maar opvallend is bijvoorbeeld dat een integrator in een gesprek zei, dat als hij nu gecontracteerd zou worden om een academisch ziekenhuis, waar nu een Hybrid DAS uitgerold werd, van inbandige connectiviteit te voorzien, hij voor "X"-RAN zou kiezen. De aanbesteding hiervan was meer dan 2 jaar geleden en de implementatie is nog niet helemaal afgerond. De techniek is in de tussentijd drastisch veranderd.

3.6 Wifi calling en andere voice alternatieven over wifi

Tot nu toe is vooral aandacht besteed aan mobiele communicatie door middel van de familie van GSM/UMTS/LTE protocollen. Op veel universiteiten en hogescholen ligt echter al een uitstekend wifi netwerk. Wifi heeft zich ontwikkeld tot de belangrijkste inbandige communicatietechnologie. Het is goedkoop, redelijk eenvoudig, wijd beschikbaar en vergt geen toestemming van en coördinatie met derden, zoals mobiele operators. De vraag kan dan ook gesteld worden in hoeverre of wifi gebruikt kan worden voor inbandige connectiviteit voor traditioneel mobiele toepassingen als spraak. Of dat er misschien gecombineerde systemen mogelijk zijn.

Mobiele operators promoten op dit moment Voice over wifi als een alternatief voor inbandige connectiviteit-systemen bij hun klanten. In de praktijk is de ondersteuning daarvan echter nog beperkt, maar er zit wel enige voorzichtige beweging in deze trend. Zo zegt T-Mobile in het servicedeel van de website dat ze geen plannen te hebben³³ maar recent werd wel een pilot aangekondigd op het forum van diezelfde website³⁴. KPN heeft Vo-wifi alleen mogelijk gemaakt op Samsung en Apple telefoons. Tele2 biedt voice over wifi aan op verschillende toestellen³⁵. Vodafone lijkt het grootste aantal toestellen te ondersteunen, maar ook daar is niet veel duidelijkheid over wat precies ondersteund wordt. Zo wordt de Nokia 7 Plus wel ondersteund, maar de gelijktijdig geïntroduceerde Nokia 8 Sirocco niet.

In de praktijk blijkt Voice over wifi ook beperkt te zijn in zijn bruikbaarheid in grootschalige inbandige situaties. Doordat wifi maar beperkt mobiliteit ondersteunt, is hand over tussen de verschillende wifi access points niet triviaal. De verbinding kan wegvallen en daarmee kan het gesprek onderbroken worden. Voor gebruikers is dit al snel onacceptabel. Een consequentie kan zijn dat zij Voice over wifi uit schakelen of zelfs wifi in het algemeen uitschakelen. Of dat een probleem is, is afhankelijk van de toepassing en de gebruikers. Gechargeerd gesteld, studenten die niet kunnen bellen is een minder groot probleem dan een top-chirurg die een spoedeisende levensreddende operatie wil bespreken met een collega in het buitenland.

³³ <https://www.t-mobile.nl/zoeken?q=wifi+bellen§ion=Particulier&entsp=sp>

³⁴ <https://community.t-mobile.nl/storingen-netwerk-347/pilot-bellen-via-het-unlimited-4g-netwerk-van-t-mobile-volte-283263/index8.html#post1472564>

³⁵ <https://tweakers.net/nieuws/138081/tele2-laet-klanten-mobiel-bellen-via-wifiverbinding.html>

3.7 Inzet van Private versus Public netwerken

Bij het verbeteren van inbandige (mobiele) connectiviteit is het voor sommige doelgroepen interessant om ook private netwerken te kunnen ondersteunen. Hier kan gedacht worden aan Private GSM en Private LTE. Private GSM en LTE zijn ooit op de markt gekomen als praktisch alternatief voor DECT draadloze telefonie, welke door grootschalige gebruikers als onvoldoende beoordeeld werd. Het had teveel last van dekingsproblemen.

Nederland was een van de weinige landen waar het mogelijk gemaakt werd om een eigen privaat GSM-netwerk op te zetten in een stuk guardband spectrum tussen DECT en GSM1800. GSM/LTE had minder last van uitval. Op deze wijze konden ook standaard mobiele telefoons gebruik worden voor inbandige telefonie. Met een uitbreiding op de SIM-kaart van een gebruiker en in combinatie met een bedrijfstelefoon centrale kon zelfs gebruik gemaakt worden van de standaard mobiele telefoon voor extern gebruik van medewerkers om interne telefonie mogelijk te maken. In het geval van bijvoorbeeld ziekenhuizen en grote evenementen locaties, zoals de Arena of RAI werd als voorbeeld genoemd dat bij overbelasting van het mobiele netwerk en zelfs stroomuitval het interne verkeer van het private netwerk geen last had van de overbelasting of uitval. Dit maakte dat inbandige connectiviteit veel meer voordelen bood dan alleen verbetering van het signaal van een mobiele aanbieder. Het kon nu ook gebruikt worden voor het ondersteunen van interne processen en opvang van calamiteiten als MNOs daar zelf niet succesvol in waren.

Een vergelijkbare ontwikkeling heeft zich voorgedaan in de 3.5 GHz band (3400-3800MHz). In deze band heeft zich in Nederland onder de lijn Amsterdam-Zwolle een ontwikkeling naar private LTE vooral voor industriële toepassingen geopenbaard. De reden was gelegen in het feit dat LTE deze banden kon ondersteunen, maar dat er in Nederland (en een groot deel van Europa) oorspronkelijk geen belangstelling was voor deze band doordat de band ook voor satellietcommunicatie gebruikt werd. In Nederland werd dit extra zichtbaar door een zone van 100km rond het satellietgrondstation in Burum, waar geen gebruik gemaakt mocht worden van deze band. Mede naar aanleiding van onderzoek van Stratix en het standpunt van operators dat de band onbruikbaar was voor mobiele communicatie werd de band in Nederland vrij gegeven voor privaat gebruik. In de afgelopen jaren is echter duidelijk geworden dat de 3,5GHz in een groot deel van de wereld een belangrijke band wordt voor 5G.

In December 2018³⁶ heeft de staatsecretaris van Economische Zaken aan de Tweede Kamer geschreven dat de 3,5GHz band beschikbaar komt voor 5G. Het grondstation in Burum zal verplaatst worden. Het bovenste deel van de band (3700-3800MHz) zal beschikbaar blijven voor private LTE en 5G toepassingen.

In de Verenigde Staten is de 3500MHz band bekend als de Citizens Broadband Radio Service (CBRS) band. Hij was daar in gebruik voor satellietdiensten en radartoepassingen van de marine. De satellietdiensten zijn aan het einde van hun levensduur en worden uitgefaseerd en de radar beperking geldt niet in een groot deel van het land. Vandaar dat er gekeken werd naar alternatieve toepassingen. De band mag ingezet worden voor ongelicenseerd gebruik door

³⁶<https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2018/12/24/kamerbrief-over-de-toekomst-van-35-ghz-band>

mobiele operators en private gebruikers, mits ze bestaande gebruikers en bepaalde prioriteitsgebruikers niet beperken in hun gebruik. Deze band is daar ook bruikbaar voor private LTE toepassingen. Dit wordt in de VS als net zo'n belangrijke ontwikkeling als die van wifi gezien, omdat er meer toepassingen in de band mogelijk worden.

Voor de SURF doelgroep is relevant dat er in de komende jaren veel nieuwe toepassingen voor dit spectrum ontwikkeld zullen worden, zeer waarschijnlijk ook rond inbandige connectiviteit en private LTE. Maar ook valt te denken aan bijvoorbeeld nieuwe IoT toepassingen. Gebruikmakend van een dual-SIM of eSIM kunnen er voor verschillende toepassingen gescheiden netwerken gemaakt worden. Toepassingen die door verschillende fabrikanten ondersteund worden, omdat de markt veel groter wordt dan alleen Nederland, maar zich ook uitbreidt naar de Verenigde Staten. Door het gebruik van LTE zal het mogelijk zijn om betere mobiliteit in toepassingen te introduceren dan nu met wifi. SURF kan bij de uitrol van deze private netwerken een rol spelen, door bijvoorbeeld het inrichten en beheer van SIMs, authenticatie servers, en de private LTE infra. Ook zou bij een eenvormige aanpak door SURF voor onderwijs- en onderzoeksinstellingen gastgebruik op elkaars Private LTE netwerken gefaciliteerd kunnen worden, enigszins vergelijkbaar met de filosofie achter eduroam.

Hierbij moet wel aangetekend worden dat er in het verleden door mobiele standaardisatie organisaties meermalen standaarden en plannen voor gebruik van ongelicenseerd spectrum gelanceerd zijn. Deze zijn in de praktijk niet grootschalig succesvol geweest. Een aantal voorbeelden zijn LTE Wifi Aggregation (LWA), LTE Wifi aggregation using IPSec Tunneling (LWIP), LTE Licensed Assisted Access (LTE-LAA), LTE-Unlicensed (LTE-U).³⁷ Multefire³⁸ is een recent (sinds 2016) voorbeeld dat het mogelijk zou maken voor MNOs om ook gebruik te maken van de 5GHz band waar wifi ook gebruik van maakt, voor het aanbieden van LTE. Geen van deze toepassingen, ook Multefire, lijken succesvol te zijn. Ondanks significante steun van fabrikanten als Intel, Ericsson, Nokia en Qualcomm lijkt de daadwerkelijke implementatie en ondersteuning in handsets achter te blijven. Ondanks dat Samsung bijvoorbeeld lid is van de Multefire Alliance levert een zoektocht met Google geen Samsung handsets op die Multefire ondersteunen. De Multefire Alliance noemt op haar website ook geen handsets die de technologie ondersteunen. Het is enigszins speculeren waarom de standaarden niet ondersteund worden, maar het is waarschijnlijk een gebrek aan vraag, aangezien grote telecombedrijven vrijwel volledig afwezig zijn bij de allianties die deze technieken promoten.

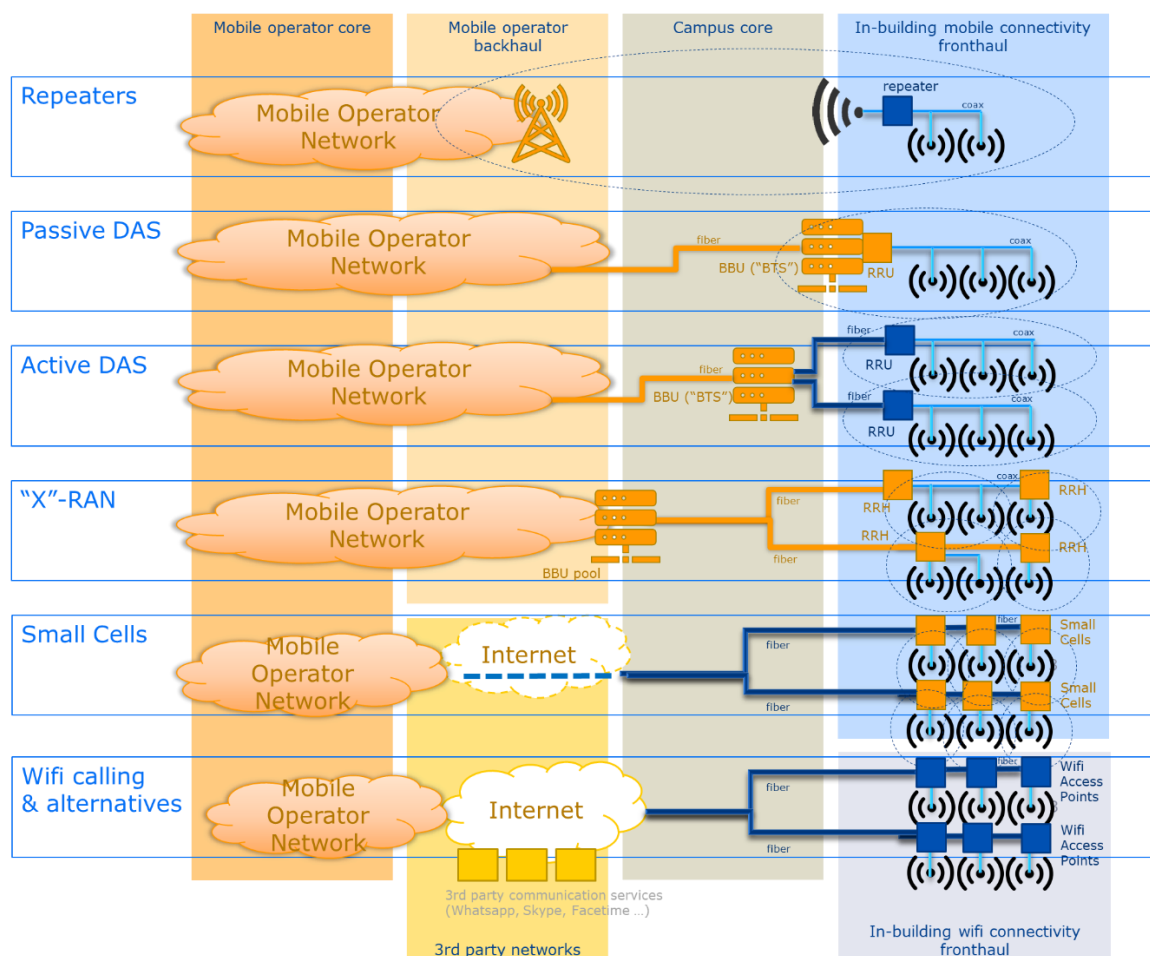
3.8 Synthese

In onderstaand figuur zijn de verschillende varianten nog eens globaal op een rijtje gezet³⁹. Daarbij worden de elementen in oranje over het algemeen beheerd door de mobiele operator, de blauwe elementen worden beheerd door de gebouw eigenaar of een derde partij.

³⁷ Voor een overzicht van de verschillende technieken: Alternative LTE Solutions in Unlicensed Spectrum: Overview of LWA, LTE-LAA and Beyond, Intel Whitepaper, 2016 <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/unlicensed-lte-paper.pdf>

³⁸ <https://www.multefire.org/>

³⁹ In deze figuur zijn de verschillende varianten sterk versimpeld weergegeven. Per variant zijn vaak vele verschillende implementaties mogelijk.



Figuur 8: overzicht technologische varianten indoor connectiviteit

Er is op dit moment veel dynamiek in de markt voor in pandige connectiviteit. Er zijn veel verschillende niet gestandaardiseerde oplossingen van verschillende fabrikanten. De eigenaar van de locatie waar in pandige connectiviteit wordt geleverd moet bij de keuze van fabrikant en oplossing niet alleen rekening houden met zijn eigen budget en voorkeuren, maar is ook afhankelijk van de mobiele operators. Deze afhankelijkheid van mobiele operators maakt in pandige connectiviteit voor mobiele communicatie ook fundamenteel anders dan wifi.

Technisch gezien lijken de "X"-RAN type oplossingen het meest in de buurt te komen van wat nodig is in stedelijke/campus achtige omgevingen waar SURF klanten opereren. Het is echter nog onduidelijk in hoeverre mobiele operators deze oplossingen zullen ondersteunen in multi-operator omgevingen.

4 Diensten perspectief: commerciële modellen en rolverdelingen

In dit hoofdstuk wordt de problematiek rond inbandige mobiele connectiviteit beschouwd vanuit verschillende service perspectieven: wat zijn mogelijke combinaties van producten en diensten om inbandige connectiviteit te optimaliseren, welke stakeholders en welke demarcatiepunten en scheidslijnen zijn hierbij relevant? Dit hoofdstuk richt zich daarbij primair op het perspectief vanuit instellingen⁴⁰.

4.1 Analyse verschillende commerciële modellen

De verschillende technische oplossingsrichtingen lenen zich in meerdere of mindere mate voor het ondersteunen van de toegang tot één mobiele operator, tot meerdere mobiele operators (multi operator) of zijn agnostisch ten opzichte van specifieke operators, bijvoorbeeld doordat ze alle signalen gelijk behandelen, of doordat er een nieuwe operator gecreëerd wordt met roaming agreements, of doordat dezelfde apparatuur zelf verschillende operators emuleert en op de bijbehorende frequenties zendt en ontvangt⁴¹. Dit wordt geïllustreerd door de globale indeling in Tabel 1.

We zien dat eenvoudige oplossingen veelal operator agnostisch zijn. Bij actieve repeaters is echter wel toestemming nodig van de operators wiens gelicenseerd spectrum wordt versterkt. DAS systemen werken over het algemeen met antennesignalen die rechtstreeks betrokken worden bij één of meerdere operators, van een nabijgelegen Base Station (BTS, NodeB) of door één of meer Base Stations van de operator onsite te plaatsen. Small cells zijn in de huidige vorm voornamelijk 'standalone' systemen en hebben over het algemeen zelf de Base Station functionaliteit ingebouwd, met een IPSec verbinding met de Mobile core van één of meer operators. "X"-RAN systemen zijn in ieder geval in Nederland over het algemeen niet multi-operator. Theoretisch zouden dergelijke systemen wel zodanig kunnen worden uitgevoerd dat meerdere operators aangesloten kunnen worden ('Neutral Host') maar dit vereist nog veel voortgang in standaardisatie en afspraakbereidheid bij operators. Wifi calling wordt per operator, en per device wel of niet ondersteund maar de support groeit. Alternatieven voor voice over ip via apps (whatsapp, Skype) zijn operator agnostisch. Een Private LTE oplossing introduceert in wezen een nieuwe operator voor één of meer instellingen, maar deze zou bijvoorbeeld via roaming ook calls van andere operators kunnen afhandelen. Dit is echter niet triviaal⁴².

⁴⁰ Mogelijke rollen voor SURF worden in dit hoofdstuk slechts aangestipt en verder besproken in hoofdstuk 6.

⁴¹ Hiervoor is toestemming van de operators nodig

⁴² Met name economisch / organisatorisch is dit complex. Mogelijk technisch nadeel is de niet vloeiende overgang (geen seamless handover) tussen mobiele operators en de private LTE oplossing

Tabel 1: afhankelijkheid mobiele operator(s) verschillende oplossingsrichtingen

	Oplossing ondersteunt één operator	Oplossing voor meerdere operators (alleen) mogelijk met uitbreidingen voor elke toegevoegde operator	Oplossing operator agnostisch: kan meer operators ondersteunen zonder uitbreidingen
Eenvoudige oplossingen (passief, repeaters)			✓ bij repeaters wel toestemming nodig van operator(s)
DAS passief	✓	✓	
DAS actief	✓	✓	
DAS hybrid	✓	✓	
Small Cell	✓		
"X"-RAN	✓	? in Nederland (nog) niet gangbaar	
Wifi Calling (en varianten)	✓ Wifi Calling	? afhankelijk van support	✓ via apps (Skype, Whatsapp)
Private LTE	✓		?

In de volgende sub paragrafen is een aantal SWOT analyses uitgevoerd per optie waarbij de sterke punten (Strengths), zwakke punten (Weaknesses), kansen (Opportunities) en bedreigingen (Threats) behorende bij een bepaalde ontwikkeling worden opgesomd, bekeken vanuit het oogpunt van de instellingen en SURF.

4.1.1 Eenvoudige oplossingen (passief en repeaters)

Af te nemen diensten van derden:

installatie door installatiebedrijf van distributie van outdoor radio signalen naar in pandige om dekking te verbeteren door middel van passieve antenneverbindingen of het versterken van het signaal (repeaters). Hierbij wordt in feite gebruik gemaakt van capaciteit van bestaande antenne opstelpunten buiten het gebouw, waardoor technisch gezien geen diensten van operators hoeven te worden afgenomen maar de capaciteit beperkt is. Ook is bij actieve repeaters

toestemming nodig van operators omdat op gelicenseerde frequenties wordt uitgezonden en die zijn daarmee erg terughoudend.

Beheer:

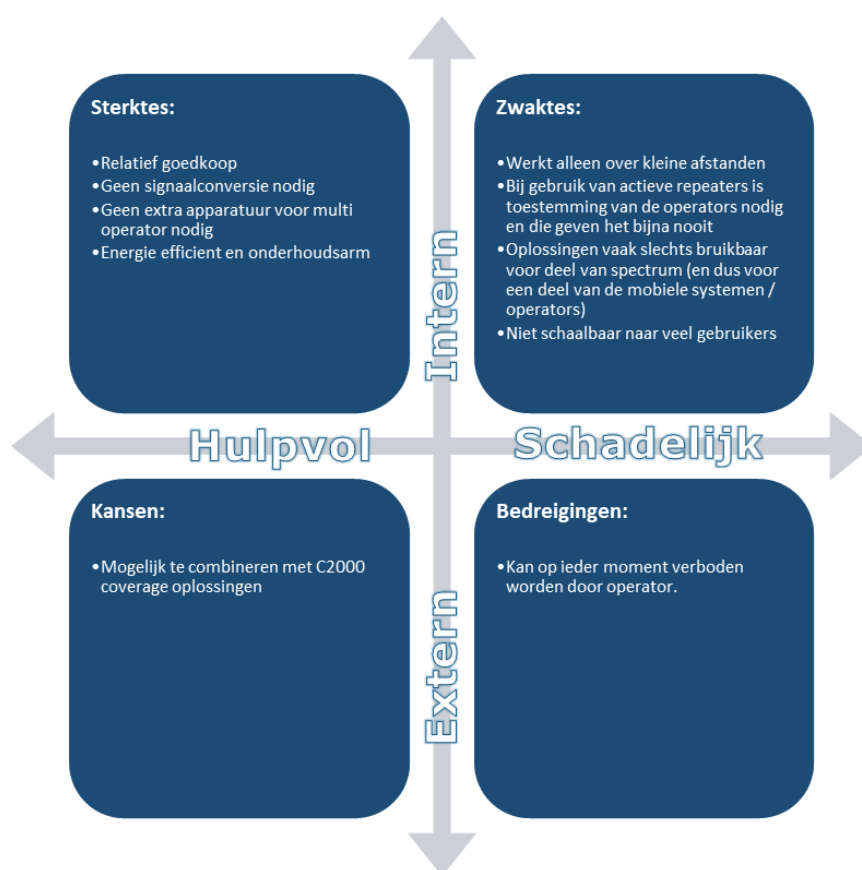
Eenvoudig onderhoud. Bij actieve repeaters is alleen stroomvoorziening noodzakelijk.

Scope en kostencomponenten:

Passieve bekabeling en in geval van repeaters de actieve componenten, voornamelijk CAPEX.

Demarcatie:

Antennesignaal buiten opvangen en naar binnen transporteren (old school, vermogensbeperking geldt)⁴³.



Figuur 9: SWOT analyse repeaters (passief en actief)

⁴³ N.B. in ons overzicht vallen deze oplossingen iet onder de noemer 'DAS syteem'. Bij sommige bronnen valt dit echter (ook) onder de noemer 'passive DAS'. Wij definiëren DAS zo dat daar altijd een BTS aansluiting voor nodig is. Zie de volgende paragraaf.

4.1.2 Passive DAS (Distributed Antenna Systems)

Af te nemen diensten van derden:

Installatie van distributie van radio signalen van één of meer operators naar in pandige om dekking te verbeteren door middel van passieve antenneverbindingen. Afname/huur van DAS antennesignaal vanaf een BTS bij één of meer operators. Signaal betrekken vanaf bestaande externe BTS is theoretisch mogelijk maar komt weinig voor. In de meeste gevallen moet daarom ook worden voorzien in het onderbrengen van één of meer BTS-en in een zogenaamd BTS hotel in of bij de te ontsluiten gebouwen.

Beheer:

Relatief eenvoudig onderhoud door voornamelijk passieve delen. BTS stroomvoorziening. DAS systeem is geheel passief.

Scope en kostencomponenten

alleen radiodomein, voornamelijk CAPEX, OPEX in contracten met operator(s) en beheer BTS of BTS hotel.

Demarcatie:

BTS (van operator, inclusief verbinding van BTS met operator netwerk) of antennesignaal.



Figuur 10: SWOT analyse Passive DAS

4.1.3 Active and Hybrid DAS (Distributed Antenna Systems)

Af te nemen diensten van derden:

Installatie van distributie van radio signalen van één of meer operator naar in pandig distributiesysteem om dekking te verbeteren door middel van actieve en passieve antenneverbindingen. Afname/huur van CPRI signaal of DAS antennesignaal vanaf een BTS bij één of meer operators. Signaal vanaf bestaande externe BTS is theoretisch mogelijk maar komt weinig voor, BTS van de operator(s) zal meestal gehost moeten worden.

Beheer:

Stroomvoorziening van de benodigde actieve delen (RRUs⁴⁴),. Verschillende types bekabeling.

Scope en kostencomponenten

CAPEX in bekabeling, actieve apparatuur en voorzieningen. OPEX in contracten met operator(s) en beheer BTS hotel. Installatie en beheer vaak door derde partij (integrator).

Demarcatie:

BTS (van operator, inclusief verbinding van BTS met operator netwerk) of antennesignaal.



Figuur 11: SWOT analyse Hybrid en Active DAS

⁴⁴ Beheer RRUs ligt in de huidige modellen bij de operator(s).

4.1.4 “X”-RAN architecturen

Af te nemen diensten:

“X”-RAN systeem aanleg en beheer, koppeling met operators (BTS), wel of geen hosting BTS hotel (afhankelijk van situatie en gekozen oplossing)

Beheer:

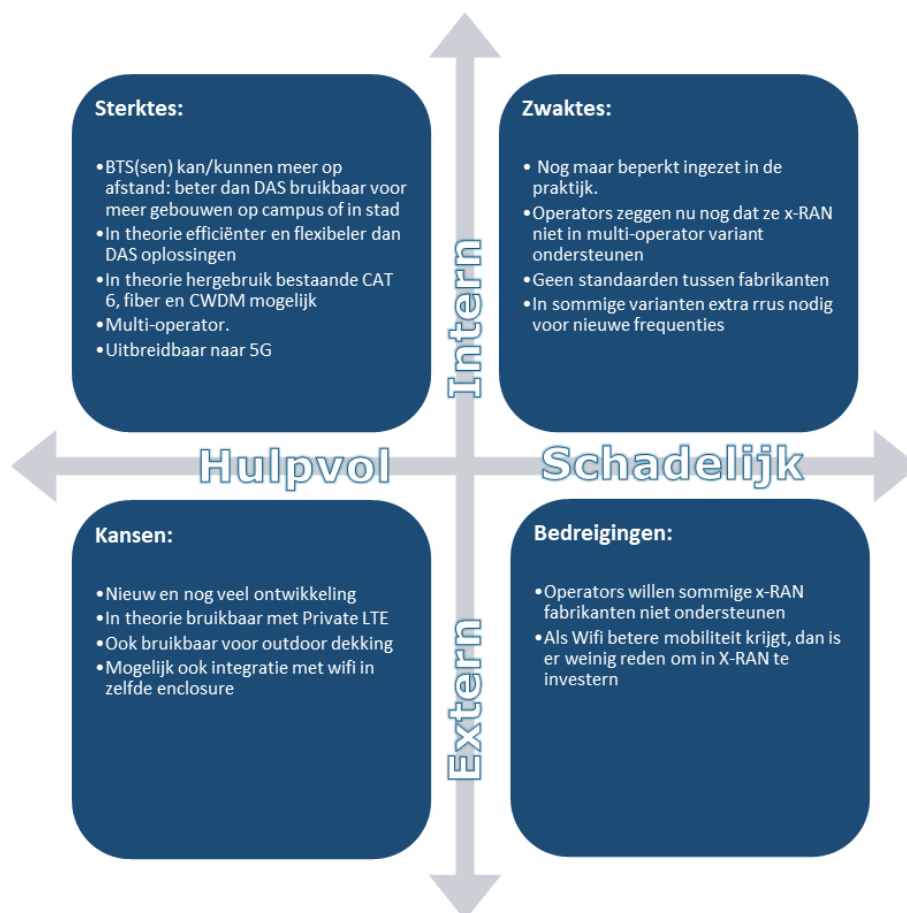
Ook actieve delen (“X”-RAN systeem, RRUs), met stroomvoorziening. Verschillende types bekabeling.

Scope en kostencomponenten

CAPEX in bekabeling, actieve apparatuur en voorzieningen. OPEX in contracten met operator(s) en beheer BTS of BTS hotel en “X”-RAN apparatuur. Installatie en beheer vaak door derde partij (manufacturer/integrator).

Demarcatie:

BTS (die van operator is, inclusief verbinding van BTS met operator netwerk) of antennesignaal.



Figuur 12: SWOT analyse “X”-RAN architecturen

4.1.5 Small Cell architectures

Af te nemen diensten:

Verschillende varianten, meestal per operator maar multi-operator systemen zijn theoretisch mogelijk. Op dit moment worden er geen small cell oplossingen aangeboden in Nederland. Tot enkele jaren geleden werden in Nederland femtocell oplossingen aangeboden door sommige operators.

Beheer:

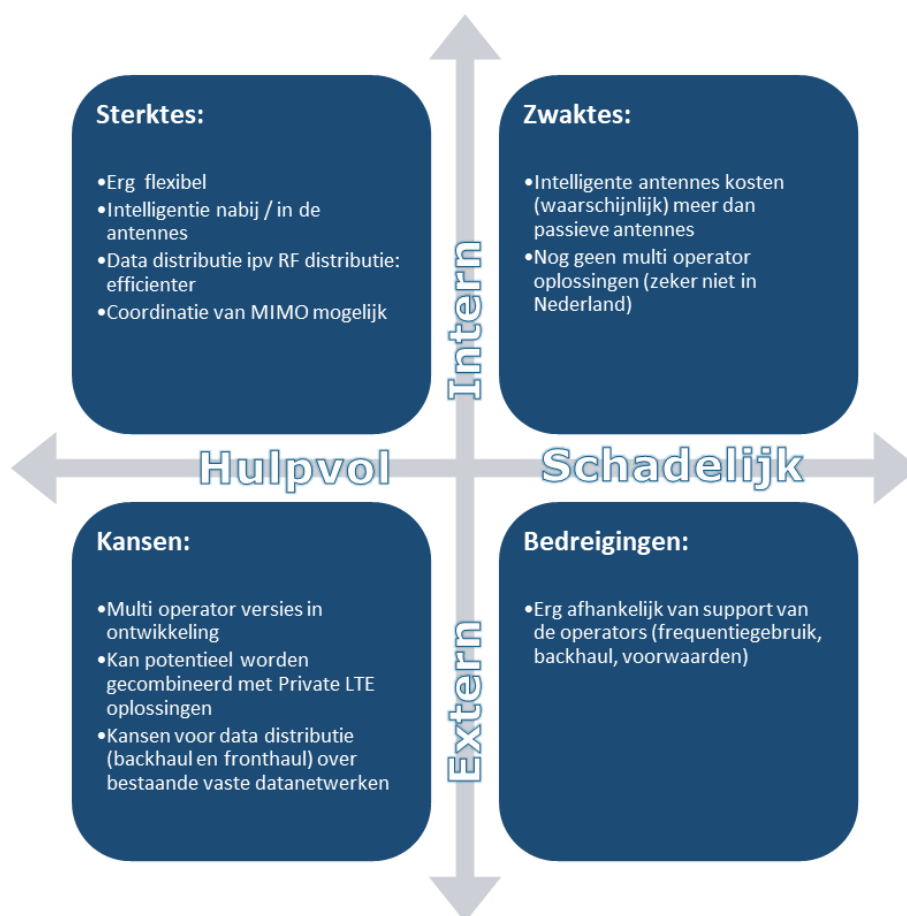
Contracten met operators. aanvoersignalen operators blijven nodig meestal over IP via IPsec verbinding

Scope en kostencomponenten

Distributie kan over dedicated of shared dataverbindingen. Deze oplossing kan meer gebruik maken van bestaande infrastructuur.

Demarcatie:

CPRI/BTS interface naar BTSsen van operator(s) over IPsec tunnel



Figuur 13: SWOT analyse Small Cell solutions

4.1.6 Wifi Calling en andere voice alternatieven

Af te nemen diensten:

Geen. Vertrouwen dat operators dit zelf oppakken en wifi calling mogelijk maken.

Goedkoop alternatief is vertrouwen op fallback via Skype, Whatsapp etc. Maar dit vereist dan dat gebruikers zelf beseffen dat zij of hun contacten die alternatieven kunnen gebruiken als ze niet kunnen bellen of gebeld kunnen worden via mobiel.

Een nadeel van wifi calling en alternatieven zoals Skype en Whatsapp is dat 112 bellen niet wordt ondersteund⁴⁵.

Beheer:

Nvt. Eventueel bij gebruikers aangeven welke operators en/of toestellen worden ondersteund.

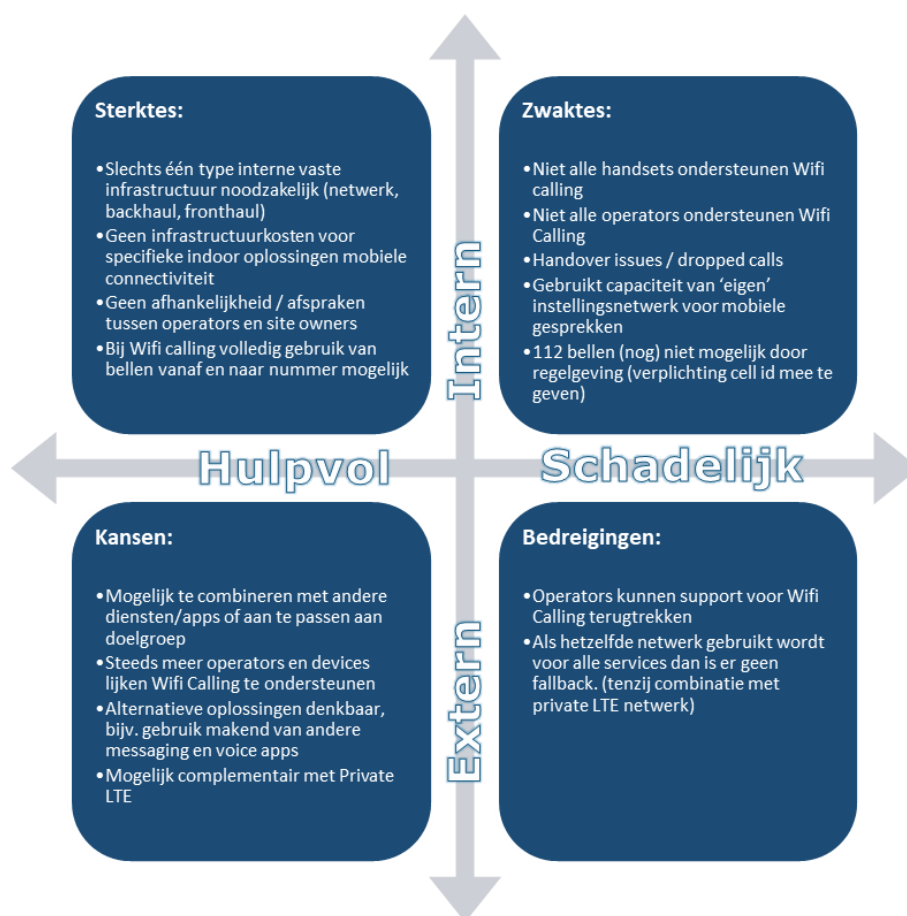
Scope en kostencomponenten

Nvt, zorg voor goede wifi dekking is wel belangrijker

Demarcatie:

nvt

⁴⁵ Sommige instellingen hebben een beleid dat bij noodgevallen eerst een intern nummer gebeld moet worden ivm coördinatie van het noodgeval, waardoor dit nadeel mogelijk minder relevant is, zeker als er plaatsen zijn in de instelling waar geen enkel provider netwerk bereikt kan worden, maar er wel wifi dekking is.



Figuur 14: SWOT analyse wifi calling en alternatieven

4.1.7 Inzet van Private LTE

In deze paragraaf focussen we op Private LTE oplossingen met (bijna) alle elementen in beheer van één partij (bijv. de site owner of een integrator) en geen of zo weinig mogelijk elementen in beheer of onder controle van verschillende operators.

Af te nemen diensten:

Eigen 4G core voor instelling(en) met dual SIM voor medewerkers, maar dan heeft de oplossing geen toegevoegde waarde voor gasten. Of een oplossing met eenvolledig roaming model. Theoretisch alternatief is een oplossing zoals op boorplatformen waarbij met toestemming operators de access via één systeem wordt geregeld voor alle operators op alle relevante frequentiebanden. Die toestemming van operators is op het vaste land vrijwel uitgesloten.

Beheer:

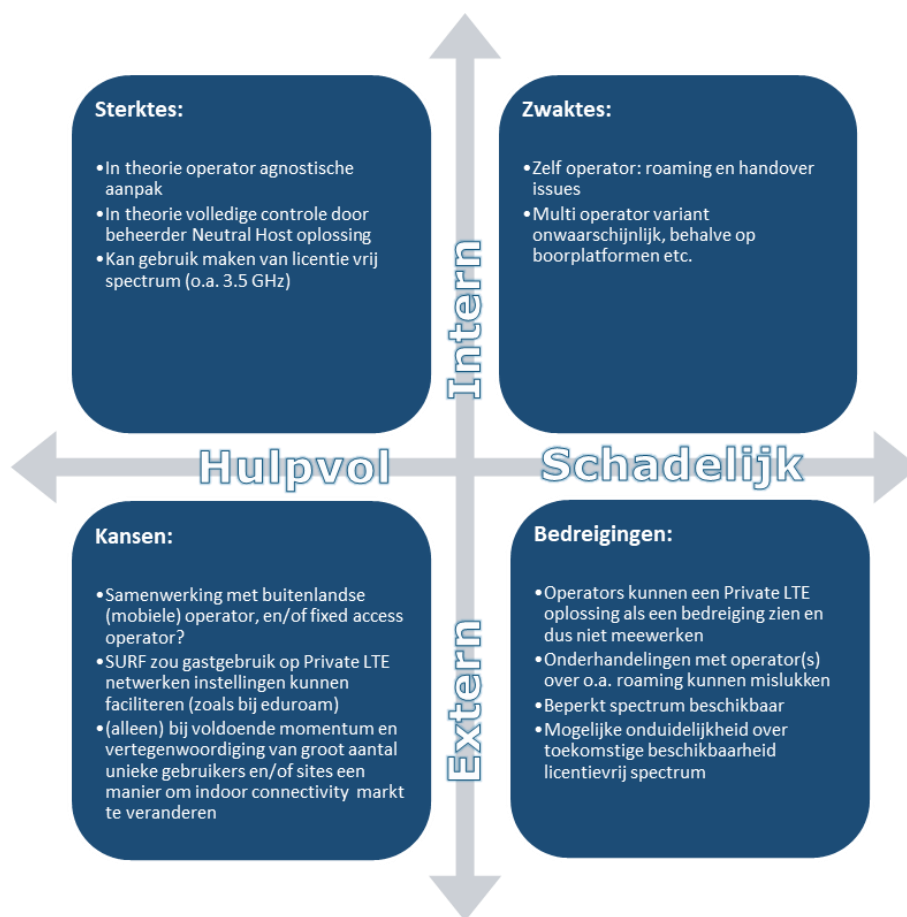
Private LTE oplossingen hebben in beheer te maken met ofwel interfaces en afspraken met alle operators, ofwel in geval van eigen core netwerk met allerlei roaming issues en afspraken.

Scope en kostencomponenten:

Kostencomponenten variëren sterk per oplossing, al dan niet betrokkenheid van een landelijke operator, en afspraken rond roaming bij een oplossing waarbij een 'neutral' operator wordt gedefinieerd.

Demarcatie:

Deze oplossing biedt wel de kans om redelijk onafhankelijk te blijven van de operators in bedrijfsvoering en om zelf in de toekomst ook een bepaalde strategische positie in te nemen.



Figuur 15: SWOT analyse Private LTE oplossingen

4.2 Stakeholders

Ook als nog niet bekend is welke oplossingsrichting gekozen wordt is het verstandig om globaal in kaart te brengen welke stakeholders relevant zijn in het probleem- en mogelijk oplossingsgebied. Verschil in haalbaarheid en toekomstvastheid van bepaalde oplossingsrichtingen hangt

namelijk mede af van hoe de verschillende stakeholders zich opstellen bij het verder uitwerken en implementeren van de gekozen oplossingsrichting.

Daarom worden in dit hoofdstuk de relevante stakeholders en hun belangen globaal in kaart gebracht. Natuurlijk verdient het aanbeveling om nogmaals een gedetailleerdere stakeholder analyse uit te voeren als de oplossingsrichting zich duidelijker aftekent.

4.2.1 Value chain

Onderstaande figuur illustreert de 'value chain' van verschillende delen van de dienst, en welke partijen voor het dienstenaanbod noodzakelijk zijn. In veel gevallen worden de afzonderlijke delen aangeboden door verschillende partijen. Soms zijn er zelfs meerdere partijen nodig om één deel van de keten optimaal te laten functioneren (bijvoorbeeld alle mobiele operators).



Figuur 16: Value chain in pandige oplossingen als combinatie van verschillende (diensten en producten) aanbieders

4.2.2 Belanghebbenden

Een korte inventarisatie van alle belanghebbenden omvat niet alleen de stakeholders uit de value chain maar ook die aan de gebruikerskant. Een eerste lijst, gebaseerd op bovenstaande value chain:

- Mobiele Operators
- DAS, "X"-RAN of Small cell solution Integrators, installers en operators die beheer en onderhoud van DAS systemen en BTS hotels uitvoeren
- Aanbieders van DAS, "X"-RAN of small cell oplossingen
- Partijen die in-building bekabeling installeren, beheren en onderhouden
- Partijen die DAS, "X"-RAN of small cell specifieke onderdelen maken of installeren
- Fabrikanten van end-user apparatuur, en daarvan ook de componenten, firmware, software, chipsets, etc.

- Eindgebruikers en de organisaties waarbij eindgebruikers in dienst zijn, te gast zijn, of die eindgebruikers vertegenwoordigen.

Belanghebbenden die indirect volgen uit de value chain en de ecosystemen daar omheen zijn dan bijvoorbeeld:

- Gebouweigenaren
- Gebouwbeheerders
- Overlegorganen en belangengroeperingen (zoals de BTG)
- SURF
- Agentschap Telecom
- Gebouw bekabelers / installateurs
- ICT beheerders
- Fabrikanten antennes
- Instellingen met een campus
- Bedrijven en instellingen op een campus
- Standaardisatieorganisaties

4.2.3 Stakeholder analyse

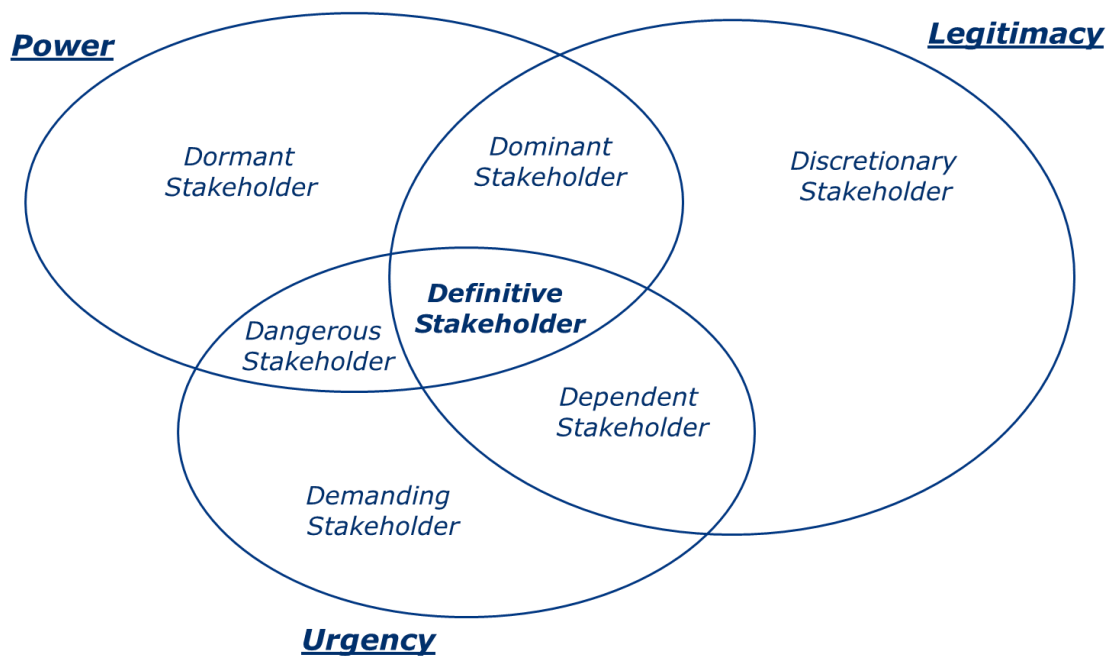
Voor een zogenaamde 'stakeholder analyse' van de relevante belanghebbenden en hun (mogelijke) acties werd het werk van Michel et al.⁴⁶ gebruikt. Deze publicatie onderscheidt drie attributen voor stakeholders en hun mogelijke acties:

- *Power*, gedefinieerd als de relatie tussen belanghebbenden waar een stakeholder A een andere stakeholder B iets kan laten doen wat stakeholder B niet uit zichzelf zou doen.
- *Legitimacy*, gedefinieerd als algemene perceptie dat acties bij die stakeholder passen in een normsysteem, met andere woorden het hoort bij of volgt uit de missie van die stakeholder en is ook als zodanig verankerd in samenleving of markt.
- *Urgency*, de mate waarin een stakeholder de roep en noodzaak om onmiddellijke actie claimt.

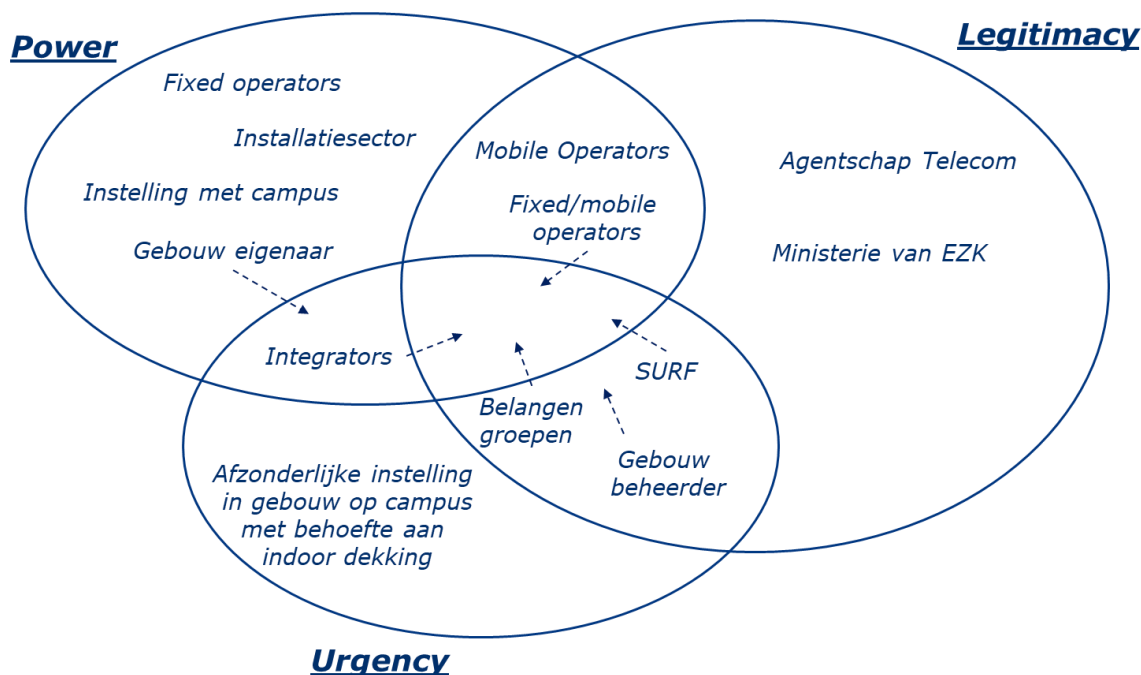
Een Venn diagram met attributen zoals die in Figuur 17 is afgebeeld wordt vervolgens gebruikt om de verschillende stakeholders te categoriseren. De publicatie beweert dat druk vanuit stakeholders meer succesvol is naarmate aan een stakeholder meerdere van de drie attributen worden toegekend. Stakeholders met alle drie de attributen ('definitive stakeholders') worden beschouwd als meest effectief in het geaccepteerd krijgen van hun prioriteiten. Figuur 18 laat

⁴⁶ Mitchell, R.K., Agle, B.R. , and Wood, D.J. (1997) "Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts", *Academy of management review*, pp. 853-886.

een globale stakeholder analyse rond indoor connectiviteit van een aantal partijen uit de vorige paragraaf zien.



Figuur 17: Stakeholder typologie (bron: Mitchell, Agle and Wood , p. 874)



Figuur 18: Globale stakeholder analyse in pandige campus oplossingen

Definitive Stakeholders zijn het meest gedreven, genegen en in staat om daadwerkelijk oplossingen te bewerkstelligen. Op dit moment zijn er weinig tot geen partijen te benoemen als 'definitive stakeholder'. Samenwerking of overleg met partijen die twee van de drie attributen hebben kan helpen om hen (ook) definitive stakeholder te laten worden en op deze manier een ecosysteem te genereren waarbij daadwerkelijke oplossingen mogelijk worden. Een andere manier is het conflict model waarbij er met een aantal (bijna) definitive stakeholders wordt samengewerkt en andere partijen uit deze categorie worden weggedrukt, bijvoorbeeld door het samen ontwikkelen van oplossingen waarbij deze partijen niet nodig zijn.

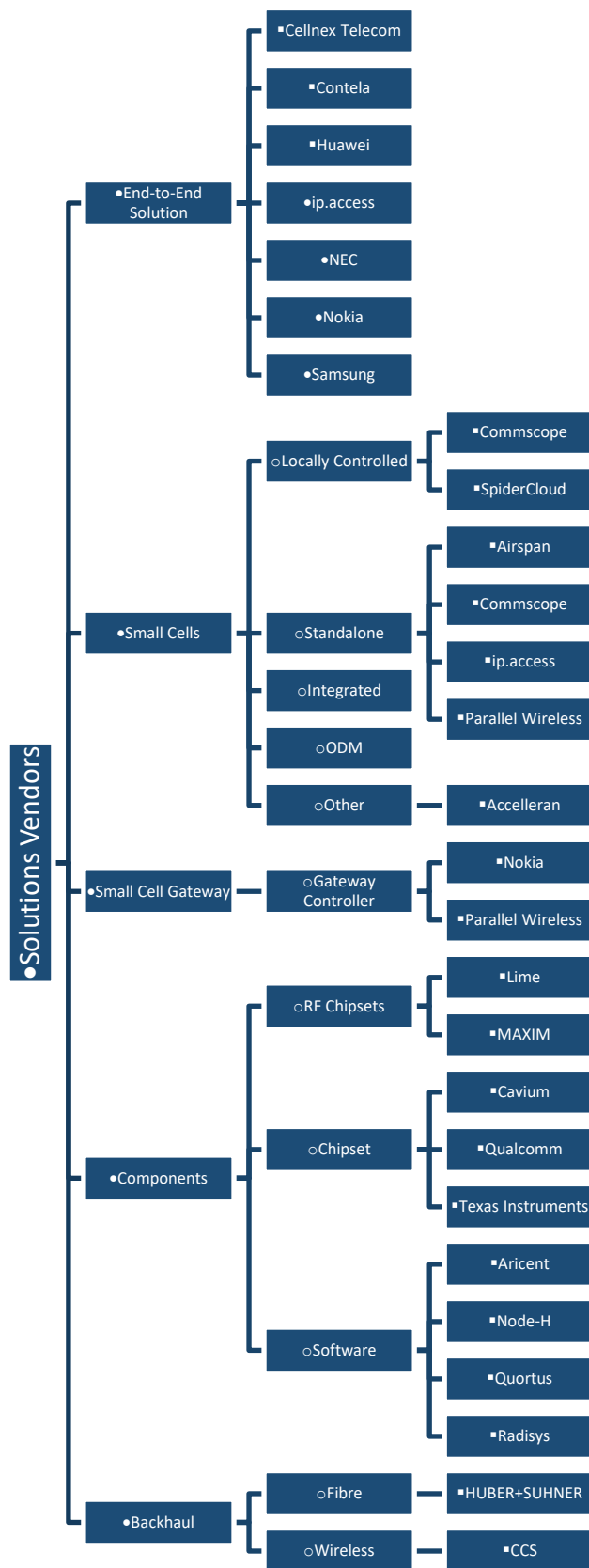
4.2.4 Marktpartijen

De markt van DAS systemen en small cell oplossingen is volop in beweging. Het blijkt uitermate lastig om marketing verhalen te onderscheiden van daadwerkelijke oplossingen in pilot- of productfase. Bovendien is een deel van de informatie die op internet te vinden is inmiddels verouderd omdat oplossingen zijn uitgefaseerd, of omdat bedrijven zijn overgenomen.

Op basis van informatie uit o.a. thinksmallcell.com geven onderstaande figuren en die in Annex A een overzicht van de aanbieders die actief zijn op het gebied van small cell oplossingen, maar ook van de operators die ervaring hebben met dergelijke oplossingen, en de bedrijven die actief waren op dit gebied, maar zich inmiddels hebben teruggetrokken, of die inmiddels zijn overgenomen.

Op dit moment lijkt de markt rond 5G DAS systemen en small cells zich nog in de eerste fasen van de Gartner Hype Cycle te bevinden. Ervaringen van operators met small cells beperken

zich veelal tot kleine aantallen, niche oplossingen of per site oplossingen. Ondanks verschillende standaardisatiepogingen is er is op dit moment in de praktijk nog nauwelijks sprake van een eenduidige eenvormige architectuur met interoperabele interfaces..

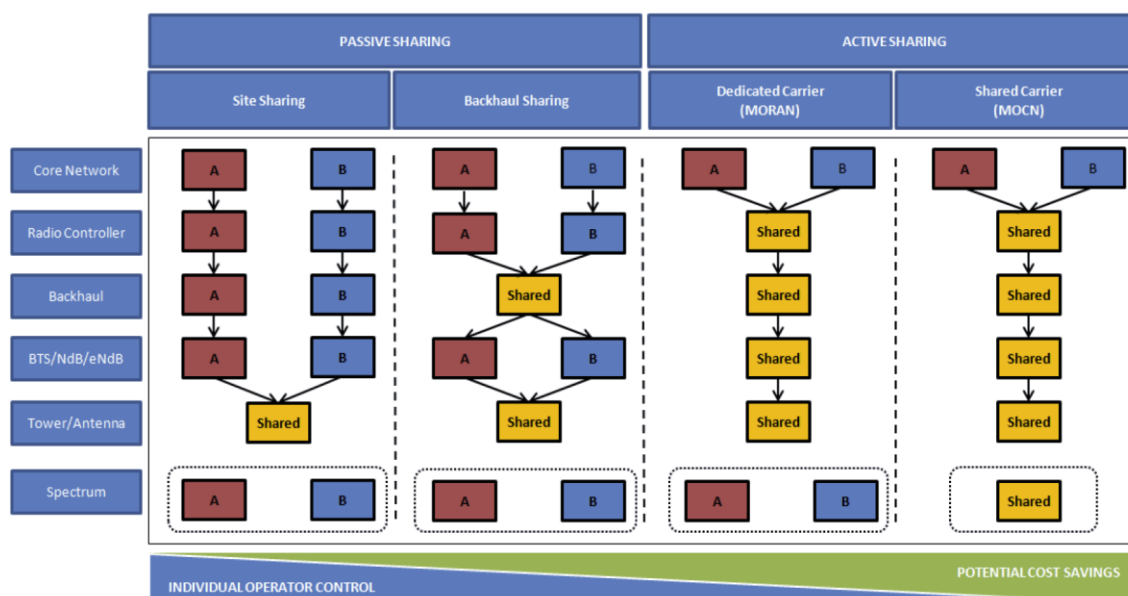


Figuur 19: Aanbieders van small cell oplossingen, volgens <https://www.thinksmallcell.com/> met aanvullingen

4.3 Silo's en functionele scheidslijnen

Vanuit het perspectief van de relatie tussen site owners en operators zijn er verschillende varianten met implicaties over demarcatievlakken en welke rollen kunnen worden onderscheiden qua deployment en beheer⁴⁷, Soms volgen de scheidslijnen uit de gekozen oplossing, maar soms zijn per oplossing ook verschillende scheidslijnen mogelijk.

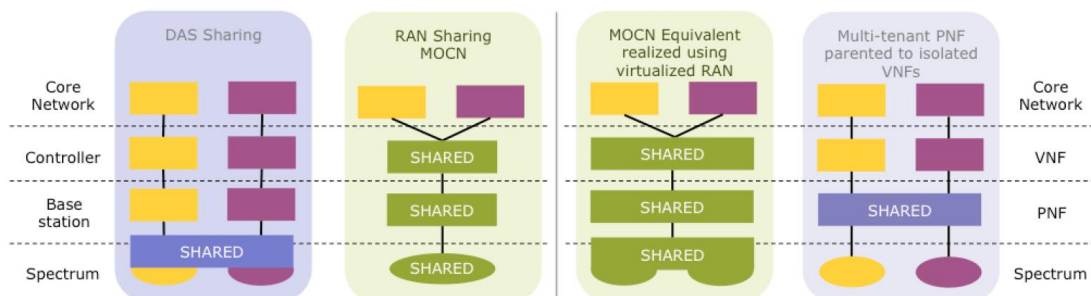
Per aanpak kan ook verschillen welke componenten door elke afzonderlijke operator worden beheerd en welke door één uitvoerende partij, een shared operator, of operator X, zoals onderstaand figuren illustreren. Ook binnen standaardisatie organisaties is hierover nog geen eenduidige trend te onderscheiden.



Figuur 20: Verschillende standaarden voor netwerk sharing: (bron: ITU-T / NSN Networks /TMG⁴⁸ Niet gedefinieerd door 3GPP maar wordt in de praktijk wel toegepast: MORAN: Multiple Operator Radio Access Network, Gedefinieerd door 3GPP: MOCN = Multi Operator Core Network (bron: ITU-T / NSN Networks /TMGMulti-operator and neutral host small cells, Small Cell Forum)

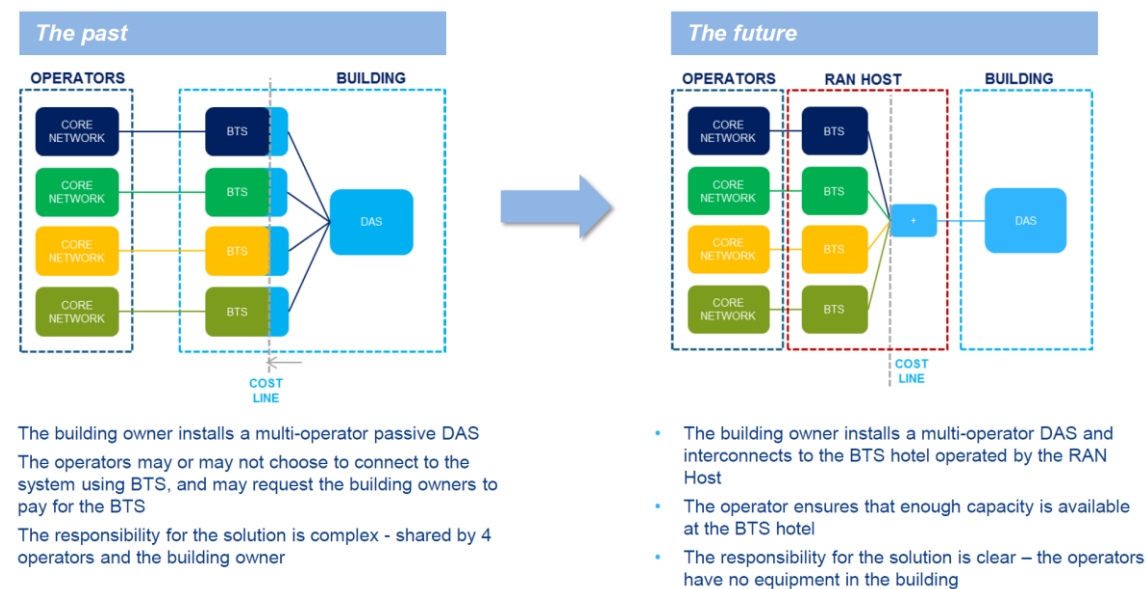
⁴⁷ Small cell forum, Multi-operator and neutral host small cells Drivers, architectures, planning and regulation, December 2016, 191.08.02 (http://www.5gamerica.org/files/4914/8193/1104/SCF191_Multi-operator_neutral_host_small_cells.pdf)

⁴⁸ https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/CostaRica/Presentations/Session8_Daniel%20Leza%20-%20Mobile%20Infrastructure%20Sharing%20-%202012%20March%202014.pdf



Figuur 21: Verschillende benaderingen om resources te gebruiken voor meer dan 1 operator. VNF= Virtual Network Function, PNF = Physical Network Function, MOCN = Multi Operator Core Network (bron: Multi-operator and neutral host small cells, Small Cell Forum). Bij DAS sharing bestaat het gezamenlijke deel bijvoorbeeld uit de distributie van de antennesignalen. De frequenties zelf zijn natuurlijk per operator.

Er is bij het vinden van de ideale indoor oplossing ook een spanningsveld tussen de wensen en eisen van instellingen, de taken van een gebouwbeheerder of gebouweigenaar en een mogelijke gespecialiseerde partij die multi operator diensten aanbiedt. Onderstaande figuur illustreert een mogelijke introductie van een zogenaamde 'RAN host' in of buiten het gebouw.



Figuur 22: Beheer van multi operator oplossing uitbesteden aan gespecialiseerde partij? (bron: <https://www.kivi.nl/uploads/media/5aaa87cc6abae/Regoort.pdf>)

4.3.1

Trends 'shared infrastructure'

De volgende observaties zijn te maken ten aanzien van het delen van infrastructuur tussen de operators. We onderscheiden daarbij backhaul (het stuk vanaf de operator netwerk core naar

de antenne sites of BTS), de BTS zelf, en de fronthaul (het stuk tussen BTS en de individuele antennes).

Backhaul

In het buitenland (bijvoorbeeld in het UK) wordt meer dan in Nederland⁴⁹ samengewerkt om ook de backhaul en de radio interface (Multiple Operator Radio Access Network of MORAN aanpak⁵⁰) gezamenlijk te regelen bij veraf gelegen antenne sites in rurale gebieden. Deze samenwerking geldt niet alleen opstelpunten maar ook radioapparatuur. In de VS is een vorm van 'regional roaming' of MVNO constructie veel gebruikelijker waarbij een lokale provider het verkeer van een landelijke provider afhandelt.

In Nederland is er tussen operators alleen indirect samenwerking met betrekking tot het gezamenlijke gebruik van antenne-opstelpunten, en soms wordt dezelfde backhaul gebruikt van derde partijen (Eurofiber). Samenwerking op andere vlakken is er wel maar beperkt zich vooral tot bepaalde specifieke situaties of locaties⁵¹.

Antenne Site / BTS

Alleen voor ontsluiting van tunnels is er in Nederland een generiek model ontstaan waar één operator het voortouw neemt in het bouwen van een multi operator DAS oplossing. Sinds enkele jaren is er enige samenwerking tussen operators met betrekking tot 'BTS hotels' bij grote sites, maar deze samenwerking is pril en per situatie erg afhankelijk van de bereidheid van elke afzonderlijke operator om mee te werken aan de op dat moment voorgestelde oplossing. Een andere uitzondering is de situatie op boorplatformen waar 'neutral host' oplossingen in de praktijk mogelijk zijn.

Fronthaul

Verschillende DAS en small cell varianten maken gebruik van verschillende typen in pandige infrastructuur voor de distributie van signalen van en naar de afzonderlijke antennes, de zogenaamde 'fronthaul'. Omdat het aanleggen van gebouwbekabeling, zeker in de uiteinden van een boomstructuur, erg kostenintensief is en bij voorkeur voor langere termijn wordt aangelegd is het aanleggen van verschillende parallelle infrastructuren of verschillende kabelvarianten voor verschillende toepassingen vaak minder economisch efficiënt dan gebruik maken van actieve apparatuur die gebruik kan maken van één (type) infrastructuur. Passieve DAS systemen zijn relatief gemakkelijk te gebruiken voor multi operator oplossingen en vaak ook te combineren met distributie van andere toepassingen zoals het verzorgen van C2000 dekking. Nieuwere generaties indoor systemen maken op meer gebruik van toekomstvastere bekabeling zoals glasvezel en distributie door middel van actieve componenten maar dit betekent signaalverwerking en radiotransmissie dieper in het netwerk en – mede door het gebrek aan

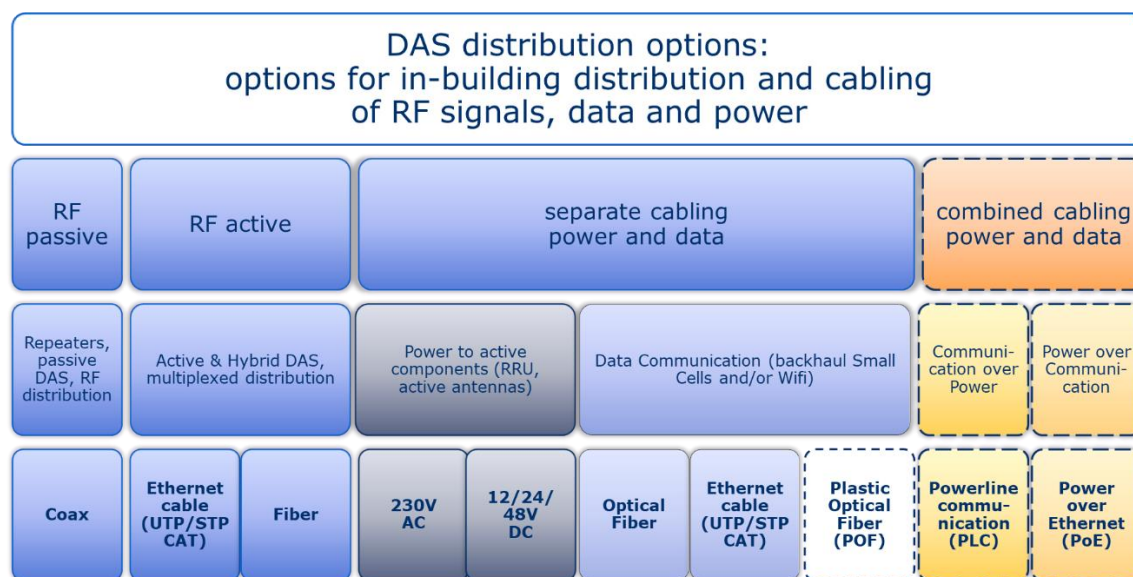
⁴⁹ Er was alleen samenwerking tussen Tele2 als MVNO op het T-Mobile netwerk in gebieden waar Tele2 geen eigen opstelpunten had.

⁵⁰ <https://pedroc.co.uk/content/vodafone-o2-beacon-1-and-2>

⁵¹ tunnel convenant, CBRE, Schiphol, centraal station Amsterdam, diverse lokale initiatieven (bijv. parkeergarages in R'dam)

goede standaarden – zijn (Nederlandse) mobiele operators daar op dit moment nog niet klaar voor.

Ook het combineren met C2000 dekking is bij nieuwere varianten een uitdaging. Eigenlijk is dit alleen met een passieve DAS oplossing of repeaters een logische combinatie, bij andere oplossingen is integratie van een oplossing voor mobiele connectiviteit met C2000 dekking erg lastig⁵².

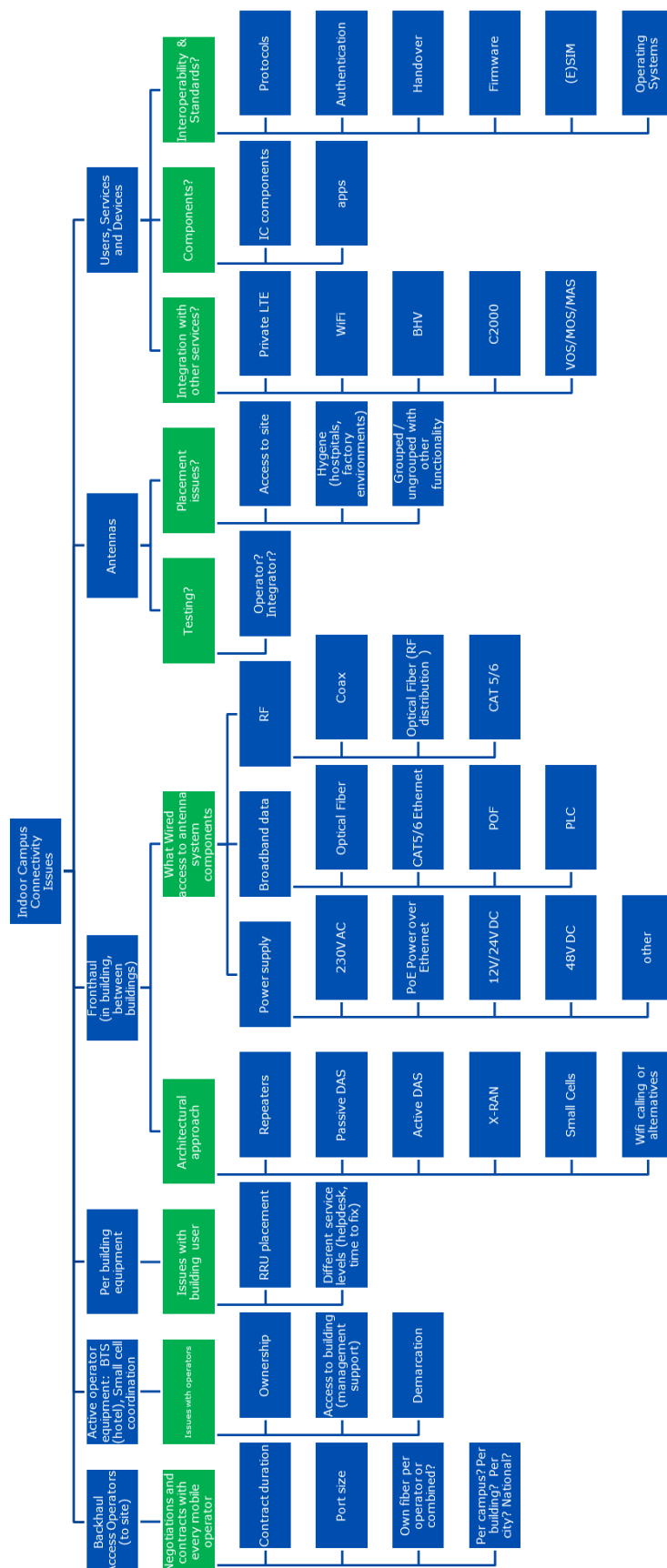


Figuur 23: Verschillende typen passieve infra (kabels) nodig voor in pandige oplossingen

4.4 Issue analyse

Op basis van een globale topologische indeling van de vaste access naar een campus tot aan de antennes benodigd voor de in pandige connectiviteit kan op basis van de inventarisatie in dit en vorige hoofdstukken een globale issue analyse gemaakt worden van de belangrijkste keuzes en problemen. In het figuur op de volgende pagina staat hiervan een resultaat. Deze keuzes en problemen worden in de volgende hoofdstukken gegroepeerd waarbij hoofdstuk 5 een aantal mogelijke externe scenario's samenvat en hoofdstuk 6 een aantal opties vanuit het perspectief van de instellingen en SURF samenvat.

⁵² Op dit moment is het voor een "gewone" gebouwbeheerder niet mogelijk om een small cell achtige oplossing voor C2000 te krijgen. Er is alleen een repeater mogelijk, die aan een flink stel eisen moet voldoen. De repeater kan aan een specifieke binnenantenne of aan een passief DAS gekoppeld zijn. Voor een paar speciale gevallen (parkeergarages, tunnels, Schiphol) is er een dedicated base station neergezet met een active DAS (radio over fiber). Met de vernieuwing van C2000 wordt het in de toekomst mogelijk gemakkelijker om een klein dedicated base station neer te zetten, met een indoor antenne of een passieve DAS. Maar daar is op dit moment nog geen service model en procedure etc. voor.



Figuur 24: issue analyse

5 Toekomstperspectieven campusconnectiviteit

Dit hoofdstuk vat de kansen en uitdagingen die vanuit de context van het probleemgebied te onderkennen zijn samen. In paragraaf 5.1. worden algemene trends die in dit gebied van belang zijn vanuit het perspectief van techniek, regelgeving en markt samengevat. In paragraaf 5.2 wordt dit vervolgens vertaald naar een aantal mogelijke toekomstscenario's.

5.1 Kansen en uitdagingen door algemene trends

5.1.1 Observaties trends technologie

Buiten het directe domein van de mobiele netwerken zijn er een aantal relevante technische trends met bijbehorende kansen en uitdagingen:

- steeds hogere bandbreedtes en beschikbaarheid verwacht door gebruikers
- steeds kleinere cellen (met lagere vermogens) zowel bij wifi als mobiel (5G)
- in pandige stroomvoorziening AC -> DC
- in pandige bekabeling steeds meer Power over Ethernet
- opkomst IoT, sensoren, smart light etc. en bijbehorende datastromen
- mogelijke opkomst Optical Wireless Communication
- gebruik van wifi frequentiebanden voor (private) LTE toepassingen
- mobiele connectiviteit is steeds meer data georiënteerd en voice wordt steeds meer gezien als een dienst daar overheen
- Ontwikkeling van alternatieven voor de traditionele SIM identificatie, zoals eSIM

5.1.2 Observaties trends regelgeving

Er is een aantal trends in regelgeving die invloed kunnen hebben op het probleem van in pandige connectiviteit:

- De regelgeving rond licentievrij (Private LTE) spectrum.
- De regelgeving rond wifi frequenties: mogelijkheden voor wifi blijven groeien o.a. door meer internationaal geharmoniseerde allocatie van wifi spectrum, er ontstaan ook mogelijkheden om wifi frequenties te gebruiken voor Private LTE.
- Als regional roaming (roaming naar binnenlandse providers i.p.v. alleen naar buitenlandse providers) een duidelijke optie is, zou in pandige connectiviteit per locatie door één provider geregeld kunnen worden, die daar dan ook een voordeel bij heeft. Hier kleven wel allerlei mogelijke issues aan rond hand overs en terugroamen naar de oorspronkelijke provider. Er is in het verleden wel gesproken over regional roaming bij uitval van een mobiele provider (door een ramp), en dit heeft geleid tot verplichting bij langdurige onbeschikbaarheid van één van operators door bijvoorbeeld een ramp, maar de mogelijkheden voor regional roaming in algemene zin zijn op dit moment vrij beperkt.

- De dekkingsverplichtingen zijn op dit moment zodanig dat inbandige connectiviteit daar een marginale rol in speelt, behalve bij bijvoorbeeld snelwegtunnels⁵³.
- Ook relevant is de regelgeving tot verplichte inbandige bereikbaarheid van C2000, systemen voor Bedrijfshulpverlening, etc.

5.1.3 Observaties trends markt, afnemers en aanbieders connectiviteit

- Operators wilden tot enige jaren geleden alleen meewerken als het ging om hun eigen apparatuur, inbandige connectiviteit voor alleen hun netwerk en gebruik van hun eigen spectrum.
- Inmiddels lijkt er meer bereidheid tot samenwerking met andere providers, vermoedelijk omdat meer dan vroeger een multi operator oplossing gewenst is waarbij de mobiele bereikbaarheid van alle gebruikers inclusief gasten belangrijk is, en niet alleen die van de eigen medewerkers. Bij tunnels etc. neemt één provider het voortouw. Bij inbandige connectiviteit in gebouwen is het meestal een derde partij die het voortouw neemt. Pas sinds enkele jaren is er bereidheid tot meewerken aan BTS hotels voor inbandige connectiviteit van één of meer gebouwen.
- Inbandige connectiviteit was vroeger ook in het belang van de operator want (inbandig) bellen genereerde belminuten, nu is deze reden veel minder duidelijk aanwezig want belminuten vallen veelal binnen flat fee abonnementen en veelal buiten dekkingsverplichtingen. Vroeger werd inbandige connectiviteit vaak mee verkocht in deals met zakelijke klanten. Dit gebeurt nu nog steeds maar de relevantie van spraak als waarde/verdienmodel is gewoon minder geworden en indoor connectiviteit valt niet onder dekkingsverplichtingen. De contractduur met een zakelijke klant is voor operators substantieel korter dan de levensduur van een inbandige oplossing. Dus de rekening voor inbandige oplossingen wordt in toenemende mate gelegd bij gebouw eigenaren. Als de vraag naar mobiele bandbreedte blijft groeien wordt met de uitrol van 5G ook het belang groter van small cells die aangesloten (moeten) kunnen worden via third party netwerken. De huidige aanpak waarbij operators zo veel mogelijk eigen backhaul netwerken gebruiken is op termijn onhoudbaar. Dit zal hopelijk leiden tot nieuwe kansen en lagere apparatuurkosten voor small cells en de bijbehorende noodzakelijke standaardisatie en acceptatie door operators. Deze trend is echter nu nog niet zichtbaar.
- Als het de mobiele aanbieders en mobiele fabrikanten niet lukt om in de komende jaren een adequaat concept voor flexibele (multi-operator) small cell oplossingen tot een de-facto standaard te maken, en als ze ook simpele oplossingen zoals repeaters strenger aan gaan pakken, wordt inbandige mobiele connectiviteit ook voor MKB en huishoudens een steeds groter probleem. Dit wordt mogelijk nog versterkt door aangekondigde toekomstige afschakeling van oudere generaties⁵⁴, die soms (nog) een betere inbandige penetratie hebben⁵⁵.

⁵³ er is geen expliciete dekkingsplicht voor tunnels, maar in sommige frequentielicenties staan bepalingen over het percentage dekking op snelwegen.

⁵⁴ KPN kondigt aan 3G uit te schakelen in 2022, T-Mobile schakelt GSM uit in 2020, Vodafone kondigt aan GSM/2G uit te schakelen in 2025

⁵⁵ Het vrijgekomen spectrum wordt hopelijk wel weer ingezet voor LTE/NR waardoor laag spectrum weer binnenkomt in gebouwen maar het is onduidelijk wat voor effect dit uiteindelijk gaat hebben op de inbandige connectiviteit.

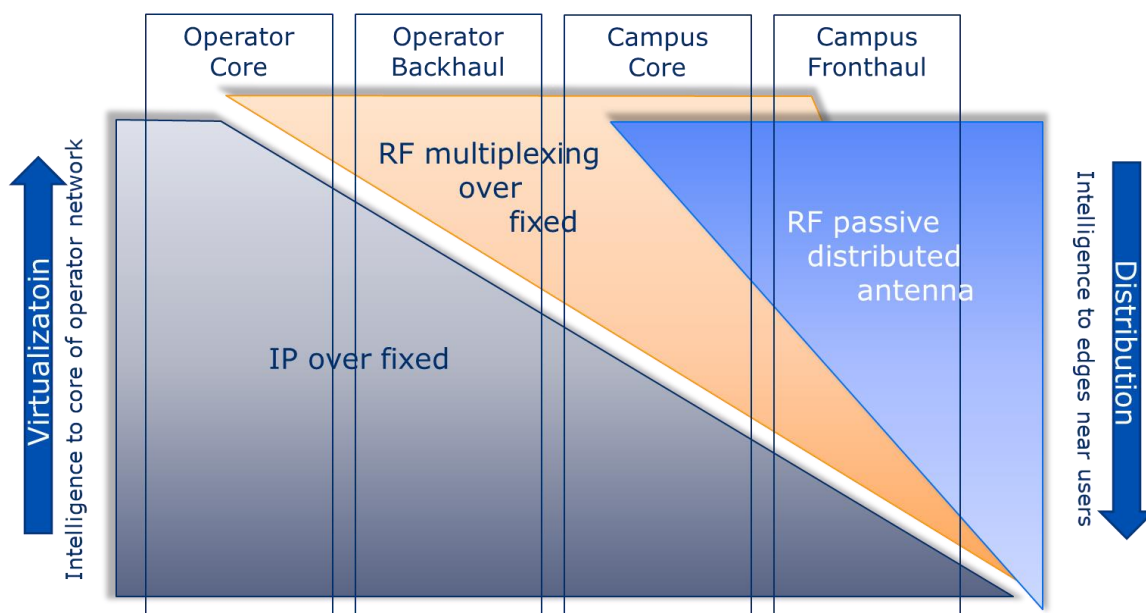
5.2 Belangrijkste dilemma's in trends en externe scenario's:

Als we de trends proberen te extrapoleren zien we zeker op lange termijn geen eenduidig toekomstbeeld. Een aantal technologische en markttrends lopen niet in dezelfde richting. We zien de volgende paradoxen of dilemma's:

Mobiele netwerken: Centralisatie versus decentralisatie van de netwerkintelligentie

We zien aan de ene kant een trend naar virtualisatie en centralisatie. Hierbij wordt intelligentie en processing benodigd voor de radiodistributie zo veel mogelijk gecentraliseerd. signalen in het radiodomein die uiteindelijk van en naar de antennes getransporteerd worden daarbij over steeds grotere afstanden gedistribueerd vanaf een eNodeB/gNodeB (opvolger van de BTS), die via steeds meer RRUs steeds meer antennes aanstuurt. De meeste intelligentie zit steeds hoger in het netwerk in de waar in 5G de gNodeB opgesplitst is in een Distributed Unit en een Central Unit). Bij deze trend zien we dat antennesignalen (al dan niet gemultiplexed en/of slim gecompriemd) over steeds grotere afstanden worden gedistribueerd (zoals bij Hybrid en Active DAS systemen). Het nadeel van de geconcentreerde intelligentie is dat steeds meer (antennesignalen) inclusief overhead moeten worden vervoerd.

De andere kant is de ontwikkeling van small cells die over IPsec tunnels zijn verbonden met het core netwerk van de operator. Bij deze trend zien we juist de intelligentie steeds dichterbij de antennes schuiven, en de communicatie tussen het core netwerk en de antennes verloopt dan voornamelijk in het IP domein, waarbij de communicatie zich voornamelijk beperkt tot de benodigde signalering en de daadwerkelijke IP pakketten die gecommuniceerd worden.



Figuur 25: Twee trends in tegenovergestelde richting: Virtualisatie en Distributie van intelligente componenten binnen het netwerk van mobiele operators

Fronthaul: Fit for purpose distributienetwerken of all purpose distributienetwerken

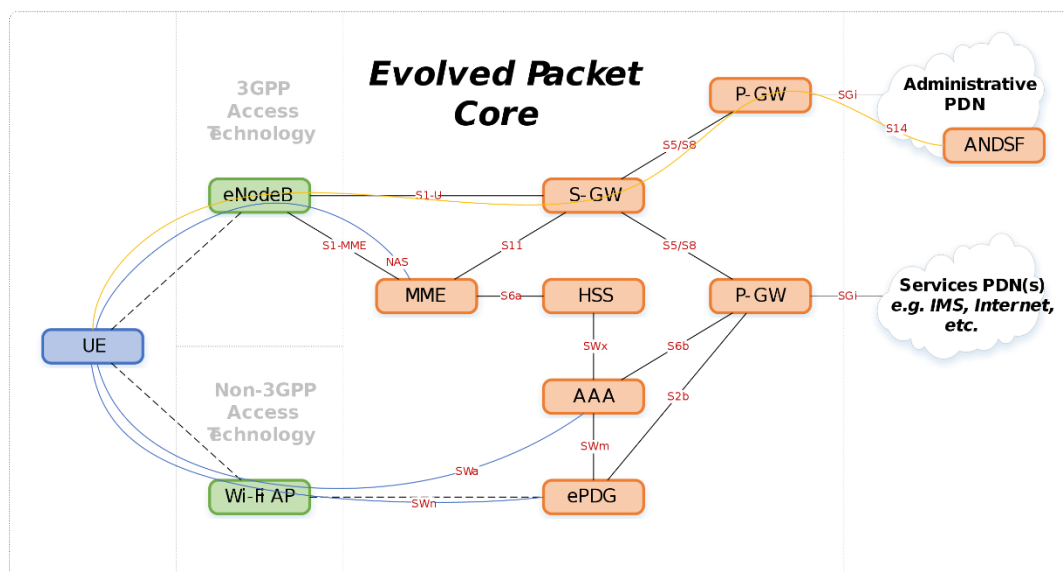
In oplossingen voor in pandige connectiviteit zien we aan de ene kant een beweging naar steeds meer specifieke antenne distributiestructuren binnen de gebouwen: coax en soms ook ethernetkabels (RJ45) of glasvezel dat specifiek wordt aangelegd en gebruikt voor één doel: distributie van antennesignalen.

In zijn algemeenheid zien we aan de andere kant de trend naar all purpose netwerken, met IP als standaard. Ook zien we binnen gebouwen een trend naar Power over Ethernet, waarbij voor het laatste stuk van de boomstructuur van gebouwbekabeling voor communicatie en stroomvoorziening kan worden gecombineerd.

Daarbij is in pandige bekabeling een markt met langere cycli dan de mobiele markt, maar kortere cycli dan de bekabeling in de access markt. Waar de mobiele wereld nogal korte iteratieslagen in innovaties en generaties kent, zeker waar het de actieve apparatuur en de eindgebruikersapparatuur betreft, heeft de vaste kabelinfrastructuur langere iteratieslagen, omdat vervanging daarvan vaak erg ingrijpend en kostbaar is. Dit geldt in het bijzonder voor de access netwerken in de grond, maar in mindere mate ook voor de vaste netwerken op campussen en in gebouwen. Een visie op lange termijn (her)gebruik van infrastructuur, kabels en kabelgoten (voor data, stroomtoevoer, RF distributie) is daarom belangrijk, en ook een visie op benodigde redundantie van infrastructuren. We zien al langer een verschuiving naar 'alles over IP', nu ook met power over ethernet voor de 'last meters' bekabeling in gebouwen. :

Wifi en 5G: vrienden of vijanden?

Waar in eerdere 3GPP releases nog veel aandacht was voor wifi off loading en wifi integratie is de visie daarover van de mobiele industrie en de mobiele operators op dit moment minder helder dan ooit. Van oudsher zien mobiele operators wifi access als iets dat buiten hun controle ligt. Dus leken de operators te twijfelen tussen: dan ook maar wifi zelf aanbieden, niets met wifi te maken willen hebben of wel gebruik maken van wifi access van anderen. Fixed-mobile operators (operators die ook fixed access aanbieden) hebben hier andere belangen dan mobile only operators. De positie van operators kan per land of zelfs per regio verschillen.



Figuur 26: 3GPP release 12 had nog features voor samenwerking met wifi, in nieuwere releases lijkt dit een stuk minder aandacht te krijgen

Het kan heel goed zijn dat bijvoorbeeld wifi calling over een aantal jaren heel normaal wordt, waardoor de noodzaak van inpanidige mobiele connectiviteit van mobiele netwerken een stuk minder groot wordt. In ieder geval groeit het aantal minuten VoWiFi veel sterker dan VoLTE en VoIP, zie onderstaand figuur.

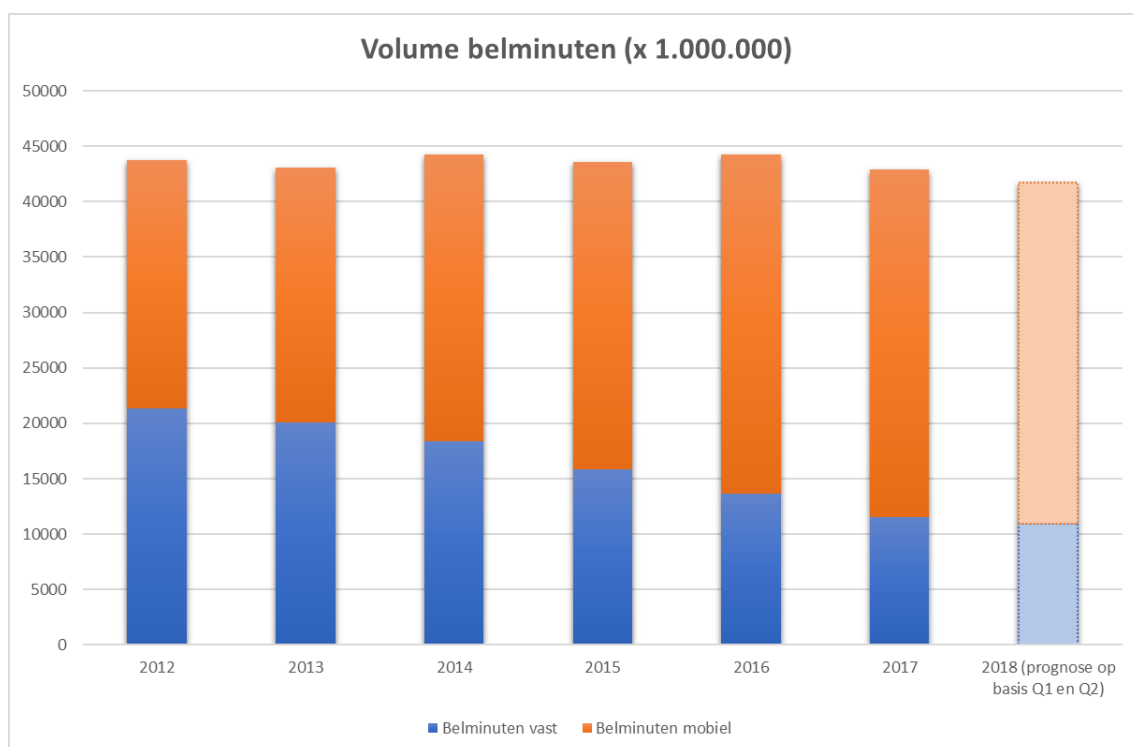


Figuur 27: Aantal van VoWiFi minuten stijgt de komende jaren sneller dan die van VoLTE en VoIP (bron Cisco⁵⁶)

⁵⁶ <https://blogs.cisco.com/sp/the-year-of-vowifi>

Voice calls: het belang van telefonisch bereikbaar zijn versus IP toegang hebben

Zeker de doelgroep van SURF is in steeds mindere mate afhankelijk van 'een telefoonnummer' voor communicatie. Al in 2016 werd door SURF een onderzoek uitgevoerd naar Wifi Calling⁵⁷. Het minder afhankelijk worden van de klassieke telefoniedienst is een langzame trend want bereikbaarheid via telefoonnummers is op dit moment nog alomtegenwoordig en dus belangrijk. Maar waar dit vroeger voor mobiele devices de enige manier van communicatie vormen communicatie via social media, skype en whatsapp inmiddels een belangrijk alternatief.



Figuur 28: Aantal uitgaande gesprekken vast en mobiel per jaar (bron Stratix, cijfers ACM). Dit beeld wordt ook bevestigd door de trend in de UK waar Ofcom grafieken een nog sterkere daling laten zien van zowel het totaal aantal belminuten en daling van het aantal mobiele belminuten

Bovenstaande figuur illustreert dit: Nederlanders bellen steeds minder met een vaste telefoon, en het lijkt er op dat het totaal aantal telefoonminuten inmiddels ook een dalende trend inzet, waarbij er mogelijk ook mobiel minder gebeld gaat worden. Een vergelijkbare grafiek⁵⁸ van de Britse regulator Ofcom bevestigt dit beeld: ook de Britten bellen steeds minder via een vaste telefoon, en vanaf 2017 daalt daar het aantal mobiele telefoontjes. De daling van het aantal telefoonminuten is in de Britse grafieken duidelijk zichtbaar, en wordt toegeschreven aan het toenemend gebruik van social media en alternatieve applicaties om met elkaar te communi-

⁵⁷ <https://www.surf.nl/binaries/content/assets/surf/nl/kennisbank/2016/surfnet-wifi-calling-1.0.pdf>

⁵⁸ <https://www.ft.com/content/e2fb3484-9589-11e8-b747-fb1e803ee64e>

ceren. Juist jongeren (en dus ook studenten) hanteren meer een meer een multi-channel approach waarbij ze parallel bereikbaar zijn via allerlei platformen, die naast tekstuele communicatie vaak ook vormen van audio en zelfs videocommunicatie ondersteunen.

Druk op markt en regelgeving pas bij toename in pandige connectiviteitsproblemen

De toekomstige generaties mobiele netwerken zullen meer en meer gebruik maken van kleinere cellen met lagere vermogens. Gebouwen zullen steeds lastiger doordringbaar worden voor radiosignalen ook door toenemend belang van goede warmte isolatie. Niet alleen voor grote bedrijven en instellingen maar op heel veel plaatsen zal in pandige mobiele connectiviteit, maar ook mobiele breedbanddekking in het buitengebied, een probleem worden. Dit heeft vermoedelijk niet alleen invloed op hoe mensen daar mee omgaan (goede mobiele connectiviteit wordt minder 'obvious'), maar ook hoe operators hier strategisch mee omgaan en hoe de overheid regelgeving rond o.a. dekking, maar bijvoorbeeld ook wellicht rond 'regional roaming' of 'wifi calling' gaat insteken.

Als indoordekking een groter probleem wordt en de enige oplossing daarvoor is en blijft een ingewikkelde multi-operator oplossing met hoge kosten voor aansluiting en BTS huur dan is dit niet echt bevorderlijk voor marktwerking: je kunt als gebouwbeheerder niet profiteren van concurrentie tussen aanbieders, er is een uitdaging bij nieuwe operators op de markt, en bij operators die stoppen of overgenomen worden⁵⁹. Het is niet ondenkbaar dat de markt, politiek en/of ACM op een gegeven moment druk zal uitoefenen om operator agnostische of single-operator oplossingen haalbaarder te maken.

Als de markt of de politiek geen oplossingen forceert zal dit mogelijk kansen bieden voor alternatieve vormen van mobiele netwerkdiensten die lokaal toegangsproblemen oplossen, zoals Private LTE oplossingen. Pas als in pandige connectiviteit als een algemeen probleem ervaren wordt en ad hoc alternatieven niet voorhanden zijn of onvoldoende oplossing bieden zal de druk op markt en regelgeving toenemen, om oplossingen of gestandaardiseerde alternatieven aan te bieden of af te dwingen.

Robuustheid door het selecteren van het betrouwbaarste netwerk of robuustheid door verschillende alternatieven na te streven

Instellingen zijn steeds kwetsbaarder voor het wegvallen van communicatie infrastructuur omdat steeds meer processen hiervan afhankelijk zijn. Het is voor instellingen daarom steeds belangrijker om zich goed te wapenen tegen onverwachte uitval van communicatiealternatieven. Er zijn grofweg twee visies denkbaar:

- Voldoende alternatieven bieden zodat uitval van één alternatief kan worden opgevangen: meerdere typen netwerken voor verschillende ICT- en communicatietoepassingen

⁵⁹ een geïnterviewde partij bleek net een contract inclusief BTS huur met Tele2 te hebben afgesloten. Nu Tele2 is overgenomen door T-Mobile is dit niet meer zo zinvol.

nastreven binnen gebouwen, waarbij het ene netwerk mogelijk als alternatief kan dienen bij een storing van een ander netwerk, bijvoorbeeld wifi als fallback voor mobiel of andersom.

- Eén alternatief zeer robuust uitvoeren zodat de beschikbaarheid zeer hoog is: één type netwerk nastreven voor alle ICT en communicatietoepassingen binnen gebouwen op campussen maar wel heel robuust uitgevoerd (bijvoorbeeld ook toepassen van ringen, fallback apparatuur en noodstroomvoorziening bij on campus en/of in-building data infra).

6 Strategische opties en evolutiepaden

In dit hoofdstuk wordt een aantal mogelijke opties beschreven voor SURF. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen strategische opties – ofwel welke visie zou SURF kunnen nastreven – en dienstverleningsopties – ofwel welke diensten zou SURF kunnen leveren aan haar achterban. In de laatste paragraaf worden enkele ‘quick wins’ of ‘no regret’ opties beschreven.

6.1 Strategische opties voor de doelgroep

Strategische opties die SURF namens de onderwijs- en onderzoeksgemeenschap of geheel zou kunnen nastreven:

1. Focus op uitsluitend wifi connectiviteit

Deze strategische optie past goed bij trends naar all-purpose netwerken, een sterk afnemend belang van voice calls en robuustheid door eenvormigheid van netwerken. Trends in mobiele architecturen en veranderende markt- en regelgeving zijn hierbij minder relevant. Een trend naar meer samenhang tussen wifi en 5G kan deze optie vergemakkelijken.

- Eventuele alternatieven stimuleren / bieden zoals wifi calling, of apps, bijvoorbeeld een standaard eduroam app waarmee je ook kan bellen (scenario 1 hieronder).
- Eventueel combineren met zelf landelijke (vast/mobiele) operator worden die standaard bellen of gebeld worden via E.163/E.164-adressen (scenario 4 hieronder). Hierbij wordt focus op wifi connectiviteit bij de instellingen gecombineerd met bijv. MVNO op een ander mobiel netwerk of operator functionaliteit om telefoontjes voor eigen abonnees of gasten via een wifi app te verzorgen.

2. Focus op een single operator aanpak (evt per campus of gebouw) ipv multi operator, met als variant: het streven naar landelijke ‘educatie en research’ operator. Deze optie heeft als nadeel eventuele lock-in dus is alleen handig als na een aantal jaren weer kan worden gewisseld van operator, dus alleen bij werkbare koppelvlakken en aanbestedingscycli.

Deze strategische optie past goed bij een trend naar fit for purpose netwerken, een gelijkblijvend of toenemend belang van voice calls en robuustheid door alternatieven van netwerken, en het uitblijven van echte interoperabiliteit tussen de wifi en 5G standaarden. Een trend naar meer intelligentie in de core netwerken van mobiele operators en veranderende markt en regelgeving kunnen deze optie vergemakkelijken. Bij de optie om te zorgen dat een single operator aanpak werkbaar is, en ook de optie om een ‘educatie en research’ operator te bewerkstelligen zal ook zelf de nodige druk moeten worden uitgeoefend op markt en overheid.

- Goede connectiviteit voor slechts één provider, eventueel gecombineerd met een lobby voor regional roaming tussen Nederlandse operators (dit zal moeilijk worden, 'één van de problemen is het 'terugroamen' naar de oude provider.
- 'Private LTE' of 'Neutral host' (maar dan onder verantwoordelijkheid van één van de operators) varianten (scenario 3 hieronder), (tussenvariant: één operator als aanspreekpunt / contractpartij maar in praktijk multi operator oplossing).

3. Focus op een specifieke multi operator oplossing (naast wifi toegang op campussen)

Deze strategische optie past goed bij een trend naar fit for purpose netwerken, een gelijkblijvend of toenemend belang van voice calls en robuustheid door alternatieven van netwerken, en het uitblijven van echte interoperabiliteit tussen de wifi en 5G standaarden. Een trend naar meer intelligentie naar de randen van de netwerken, en veranderende markt en regelgeving - waarbij multi operator oplossingen of neutral host oplossingen gemakkelijker kunnen worden gerealiseerd door betere standaarden of voorschriften - kunnen deze optie vergemakkelijken.

- Ontwikkelen en ondersteunen van een visie voor "X"-RAN / Multefire / LTE-U / LTE-AA, eventueel met intelligentie landelijk gecentraliseerd onder beheer van SURF. Een duidelijk voorstel voor een toekomst vaste visie is op dit moment nog niet te geven. Op basis van dit onderzoek is alleen te concluderen dat er zich nog niet een duidelijk momentum voor een bepaalde oplossing aftekent.
- Ontwikkelen van een visie op het gebied van het gebruik van E-SIM voor SURF specifieke diensten⁶⁰.
- Eventueel eventuele rol voor een landelijke 'educatie en research' operator onder de aandacht brengen

6.2 Dienstverleningsopties SURF

Welke dienstverleningsrol of rollen kan SURF spelen? SURF kan op verschillende manieren helpen om meer kennis en marktmacht te creëren aan de vraagkant van onderwijs- en onderzoeksinstellingen.

Wij zien de volgende opties:

1. SURF kan helpen bij informeren en kennisdeling tussen instellingen van inbandige connectiviteitsvraagstukken, inclusief vraagstukken rond optimaal hergebruik en sharing van vaste infrastructures (access en inbandig).
2. SURF kan praktijkvoorbeelden voorstellen en testen en pilots uitvoeren of begeleiden rond inbandige dekking, wifi dekking of Private LTE of CBRI oplossingen.
3. Algemene lobby m.b.t. noodzakelijke regelgeving en standaard ontwikkeling.

⁶⁰ SURF krijgt geen eigen mobiele netwerkcode omdat zij diensten aanbiedt aan een gesloten doelgroep.

4. Standaardiseren en uniformeren koppelvlakken BTS hotels (CPRI interface), evt. samen met BTG leden.
5. Vraagbundelen / aanbieden 'as a service' / regierol en coördineren:
 - Vraagbundeling Apparatuur DAS / "X"-RAN / small cell / ... systemen, en/of integrator en/of beheer.
 - Consensus zoeken naar wat centraal / decentraal en per operator / multi operator moet gebeuren.
 - Consensus zoeken naar welk type signaal waar moet worden gebruikt (RF / CPRI / IP / ...).
 - Discussies / afspraken met operators bundelen.
6. Coördineren en verzorgen backbone verkeer van de verschillende operators naar verschillende campussen met BTS hotels (bijv. via SURF lichtpaden via SURF-PoPs. Met SURFPoPs zijn regionale BTS Hotels wellicht gemakkelijk / beter te faciliteren). Ook binnen de campussen en binnen en tussen onderwijsgebouwen kan wellicht gebruik gemaakt worden van SURF netwerkfaciliteiten.
7. SURF kan landelijke 'educatie en research' operator worden (bijv. een Private LTE operator in combinatie met een MVNO).

Creatief alternatief: Private LTE omgeving ism buitenlandse mobiele provider.

SURF zou zich kunnen richten op het aanbesteden van een Private LTE omgeving op/in een groot deel van de Nederlandse campussen in ongelicenseerd spectrum maar maak hiervan gebruik van de diensten van een buitenlandse mobiele operator die al roaming agreements heeft met Nederlandse operators. De abonnees roamen daarbij buiten de campus op de netwerken van de Nederlandse providers via de roaming agreements van de buitenlandse operators. Gasten in de gebouwen die hun bereik verliezen met hun eigen provider roamen daarbij in pandig via het Private LTE netwerk door middel van de roaming agreements op het netwerk van de buitenlandse provider⁶¹.

Regel hierbij voor een deel van de medewerkers en/of studenten abonnementen bij de buitenlandse provider. Als het aantal roamers van KPN/T-Mobile/KPN/Tele2 op het SURF netwerk binnen de campussen redelijk matcht met het aantal roamende medewerkers en/of studenten met een SURF abonnement buiten de campussen is er min of meer een evenwicht, dat er voor zorgt dat de situatie voor zowel de buitenlandse operator waarmee wordt samengewerkt als de Nederlandse operators acceptabel is.

Creatief alternatief: Geen multi operator maar kiezen voor één provider.

Je zou als SURF een aanbesteding/prijsvraag kunnen doen waarbij de prijs is dat je in pandige connectiviteit aanbesteedt bij één provider (eventueel in combinatie met contracten voor onderwijsmedewerkers en/of studenten). Je geeft dan tevens aan: voor de andere providers doen we niks. Als jullie willen dat jullie klanten bereikbaar zijn op onze campus, zoek het zelf uit of regel het via onze preferred operator. Dit is meer het conflictmodel en het is de vraag of je voldoende momentum krijgt.

Creatief alternatief: Geen mobiele connectiviteit verzorgen maar alternatieven promoten.

Hierbij adverteer je duidelijk bij de gebouwen: hier is geen/slechte mobiele connectiviteit. Maar we hebben gastentoegang via wifi (eduroam?). Zorg dat je bereikbaar bent via bijvoorbeeld whatsapp. Dit scenario is met name voor ziekenhuizen onacceptabel, men is te veel gewend aan bereikbaarheid via telefoon. Mogelijk is een oplossing met E-SIMs hier wel bruikbaar voor eigen medewerkers, maar voor gastgebruik is dit niet triviaal⁶².

Creatief alternatief: Geen mobiele connectiviteit maar doorschakelmogelijkheid bieden.

De meeste mobiele toestellen en providers bieden de mogelijkheid het toestel tijdelijk door te schakelen naar een ander vast of mobiel nummer (**21*nieuw nummer). Bij sommigen is zelfs de optie doorschakelen bij geen bereik. Als je als instelling een aantal (eigen) telefoonnummers speciaal hiervoor inricht en als tijdelijke doorschakelnummers beschikbaar stelt waarbij deze nummers weer doorschakelen naar een te installeren app (gebouwd op bijv. Skype) dan kan je op die manier wifi calling als a service aanbieden aan je gasten en medewerkers. Je zet dan bij het begin van elk gebouw een bord met: wil je bereikbaar zijn? Gebruik deze app en schakel je telefoon door naar het telefoonnummer dat de app je geeft of iets dergelijks. Je moet mensen er wel weer van overtuigen de doorschakeling weer uit te zetten zodra ze het gebouw verlaten, maar dat kan je de app ook laten detecteren (want niet meer op wifi netwerk waarbij dit hoort). Ontwikkelen hiervan kost geld en moeite, maar is vermoedelijk goedkoper dan de kosten van alle in pandige DAS systemen.

⁶¹ Wel is bij de huidige Europese regelgeving het gratis roamen beperkt tot 60 dagen.

⁶² Tenzij in de toekomst het installeren van een E-SIM net zo gemakkelijk gaat als het installeren van een app.

7 Conclusies en Aanbevelingen

SURF vroeg Stratix om de mogelijke proposities, uitdagingen en rollen voor SURF rond de inpanidige connectiviteitsproblematiek op de campus helderder te krijgen. In het kort, wat zijn de opties en kan er per optie antwoord gegeven worden op vragen als: *mag het, kan het, en schaaft het?* Hierbij is het uiteindelijk belangrijk om één of meer toekomstperspectieven helder te krijgen maar ook het mogelijke zijpaden en valkuilen.

Uit het onderzoek blijkt dat de markt zowel aan de vraagkant als aan de aanbodkant nog zodanig divers is dat het aantal toekomstperspectieven en de mogelijke rollen voor SURF zeer afhankelijk zijn van externe factoren en trends die nu nog niet goed zijn in te schatten. Hoofdstuk 5 en 6 geven hiervan een overzicht. Hieronder geven we een aantal conclusies ten aanzien van de onderzochte trends in technologie en markt, en doen we een aantal aanbevelingen.

7.1 Conclusies

Inpanidige mobiele connectiviteit: nu nog vooral probleem voor specifieke instellingen?

Uit de enquête en interviews komt een beeld naar voren dat met name Academische Ziekenhuizen een dringende vraag ervaren voor goede mobiele bereikbaarheid voor artsen, verplegend personeel en gasten. Voor veel mbo instellingen is het een issue waar ze naar eigen idee mogelijk iets mee moeten doen. Een groot deel van de WO instellingen heeft al oplossingen geïmplementeerd, waarbij voornamelijk met één specifieke operator is samengewerkt, waardoor de connectiviteit voor medewerkers afdoende is geregeld, maar waarbij de gasten en bezoekers die geen klant zijn bij dezelfde operator als de medewerkers niet van de connectiviteitsverbetering kunnen profiteren. Met betrekking tot het verder verbeteren van indoor connectiviteit van mobiele netwerken is bij instellingen de acute urgentie op dit moment beperkt. Waar tot recent pijnpunten werden ervaren lijken daar inmiddels – veelal operator specifieke - oplossingen voor gevonden of wordt gebruik gemaakt van ad hoc oplossingen zoals een spraakdienst over wifi. Men ziet in de toekomst wel mogelijke uitdagingen (IoT, 5G) maar daarbij zijn nog zo veel opties en onduidelijkheden dat er in de meeste gevallen nog geen concreet probleem en ook geen concrete oplossing wordt voorzien.. De meeste behoefte aan verbetering van mobiele connectiviteit lijkt vooral bij specifieke instellingen zoals Academische Ziekenhuizen te spelen, omdat daar een groter gevoel van urgentie bij personeel en bezoekers is rond mobiele bereikbaarheid.

Inpanidige mobiele connectiviteit wordt een belangrijk issue voor succesvolle 5G uitrol

Doordat 5G als term regelmatig in het nieuws is, en door onder andere apparatuur fabrikanten en operators wordt gebruikt bij marketing van een zonnige toekomst van hun netwerken, bestaat de indruk dat het duidelijk is wat 5G ons precies zal brengen. In de praktijk blijkt het beeld uitermate diffuus. Over het algemeen is de verwachting dat binnen 5G de introductie van veel meer antenne opstelpunten noodzakelijk is, en dat door het gebruik van hogere frequentiebanden en lagere vermogens de inpanidige connectiviteit steeds meer een probleem zal worden.

Backhaul en fronthaul over 3rd party netwerken onvermijdelijke trend, maar nog niet ingezet

Om de onvermijdelijke extra antennepunten voor small cells te kunnen aansluiten is het vrijwel onvermijdelijk dat voor de aansluiting daarvan gebruik wordt gemaakt van (bestaande) 3rd party netwerken in plaats van dat operator backhaul netwerken. Dit vereist echter een trendbreuk in de opstelling van operators en fabrikanten. Die zullen ofwel moeten kiezen voor off-loading via wifi, ook voor hun voice services (bijv. wifi calling verder invoeren en standaardiseren), ofwel moeten kiezen voor een aanpak waarbij operators, eindgebruikers of gebouw eigenaren gemakkelijk kleine cellen kunnen plaatsen die gebruik maken van het vaste aansluitnetwerk (small cells als een soort 'femto cells next generation', of gecoördineerde clusters daarvan). Het merkwaardige is dat juist vanwege introductie van nieuwe technieken als MiMo en inzetten op betere radioplanning het er op lijkt dat operators dergelijke oplossingen juist uitfasen. De small cell alternatieven die nu opkomen lijken nog erg divers (problemen met interoperabiliteit en vendor lock-in) en niet echt bruikbaar voor multi operator oplossingen. Ook 'neutral host' oplossingen waarbij een fronthaul systeem voor (in pandige) antennedistributie voor één of meer operators wordt uitgevoerd en beheerd door derde partijen zijn een interessante belofte voor de toekomst maar lijken in ieder geval in Nederland nog niet door te breken⁶³.

Voorlopig nog weinig zicht op uniforme oplossing in pandige mobiele connectiviteit

Het is voor veel instellingen onduidelijk of een investering in de verbetering van mobiele in pandige connectiviteit duurzaam is, en dus in de toekomst kan worden hergebruikt voor een andere provider of voor meer providers. Een standaard voor multi-operator toegang kan mogelijk helpen in meer toekomst vaste investeringen zonder vendor en operator lock-in. Op dit moment is het echter volstrekt nog niet duidelijk welke aanpak de meeste tractie gaat krijgen in de markt. Zowel vanuit technologisch perspectief als vanuit marktperspectief zijn er verschillende varianten en alternatieven waarbij heel slecht te voorspellen is welke variant zich zal ontwikkelen tot standaard oplossing. Aan de andere kant vraagt het verbeteren van mobiele connectiviteit voor gebouw eigenaren vaak om zeer aanzienlijke investeringen voor meerdere jaren (ongeveer 10 jaar), waarvan dus onduidelijk is hoe toekomstvast deze zullen zijn: welk deel van de benodigde vaste bekabeling eventueel kan worden hergebruikt en welke afspraken en interfaces met de operators kunnen na een aantal jaren gemakkelijk worden verlengd en hergebruikt.

Ontbreken uniforme oplossing stimuleert wifi calling en 'over the top' alternatieven

Juist door het ontbreken van een redelijk geprijsde uniforme toekomst vaste multi operator oplossing voor in pandige mobiele connectiviteit, tezamen met de toenemende flexibiliteit van gebruikers ten aanzien van messaging apps en social media, is het goed mogelijk dat 'over the top' alternatieven meer tractie krijgen. Hetzij alternatieven die gesteund worden door operators, zoals wifi calling, hetzij andere alternatieven zoals Whatsapp, Skype, cetc. Deze kunnen

⁶³ Er zijn wel pogingen om hier veranderingen in te brengen, o.a. door de BTG. Op dit moment is dit nog beperkt tot een inspanning om interfaces voor passieve DAS systemen te standaardiseren, maar in de toekomst wordt ook gekeken naar actieve multi operator en neutral host systemen.

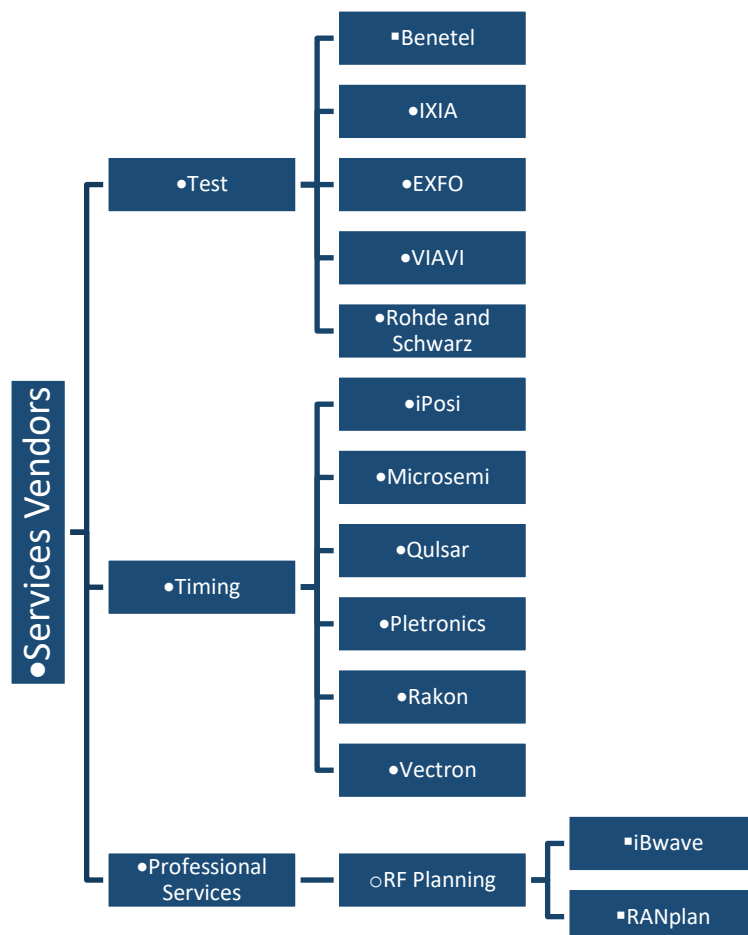
gewoon gebruikt worden via de wifi netwerken die meestal voldoende capaciteit kunnen bieden. Nadeel van deze 'over the top' alternatieven is dat naadloze hand over binnen en buiten het gebouw vaak problematisch is. Maar dit is ook het geval bij sommige huidige DAS of small cell implementaties en de vraag is wie welke prijs wil betalen voor een goede naadloze hand over als dit eigenlijk het enige overgebleven probleem is.

7.2 Aanbevelingen

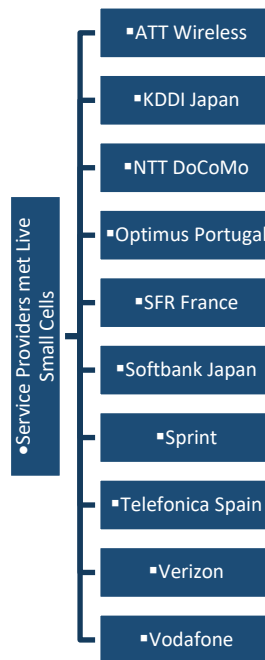
Enkele aandachtspunten en tips bij het zoeken naar oplossingen voor korte termijn, no regret oplossingen en 'quick wins' zijn:

- SURF zou een uitgebreide pilot/technologieverkenning kunnen uitvoeren om kennis op te doen met de techniek en operators deelgenoot te maken van de problematiek. SURF kan zo een sparringpartner worden voor operators, ook bij het oplossen van het vraagstuk hoe densificatie van (5G) cellen zo kosteneffectief mogelijk kan worden opgelost. De SURF glasvezelinfrastructuur en de niet commerciële doelstellingen van kunnen hierbij voordelen zijn.
- Veel instellingen hebben een contract met een mobiele provider voor hun werknemers. Het is handig om qua timing een dergelijk contract te combineren met onderhandelingen over toegang tot een BTS hotel, levering van antennesignalen of tot een andere in pandige oplossing.
- Het is zinvol om na te denken over het combineren van werkzaamheden met andere infrastructurele werkzaamheden, bijvoorbeeld in het kader van wifi connectiviteit, C2000, BHV of specifieke oproepsystemen (zoals medische systemen VOS / MAS / MOS). Quick win is dat je toch al bezig bent en dus resources optimaliseert. Hierin kan SURF ook een rol spelen in advies en eventueel aanbestedingsbegeleiding, maar ook bijvoorbeeld in lobbywerk richting de C2000 regelgeving.
- Het betrekken van gebouwbeheer en de juiste verantwoordelijken met betrekking tot het gebruik is belangrijk om tijdig de goed afspraken te maken rond randvoorwaarden voor installatie en gebruik.
- SURF zou nu al kunnen beginnen met een lobby voor betere uniformering en regelgeving rond de in pandige connectiviteit, maar dit is vermoedelijk geen quick win in de zin van snel resultaat. Het kan wel helpen om op korte termijn de urgentie beter op de radar te krijgen bij politiek en bedrijfsleven. Op dit moment lijken de (gezamenlijke) operators alleen in beweging te krijgen om verantwoordelijkheid te nemen om in pandige connectiviteit te bewerkstelligen in o.a. tunnels. En zelfs daar lukt het niet altijd (HSL tunnel). Belangrijke gebouwen zoals ziekenhuizen moeten nu nog zelf in onderhandeling met de operators. De trend van steeds kleinere cellen met lager vermogen per cel om meer capaciteit per vierkante kilometer aan te bieden zorgt voor steeds meer witte vlekken, niet alleen in pandig (campussen, bedrijven, instellingen) maar ook in rurale gebieden. Hier is mogelijk een kans om nieuwe afspraken te stimuleren die het gezamenlijk gebruik van passieve of actieve infrastructuur bevordert, zoals afspraken tussen operators over (deels) afhandelen van elkaars in pandige verkeer, standaarden met betrekking tot werkbare demarcatievlakken in multi-operator en neutral host oplossingen of regelgeving met betrekking tot indoor dekkingsverplichtingen of verplichtingen voor operators om (antenne)signaal distributie over netwerken van derden toe te staan.

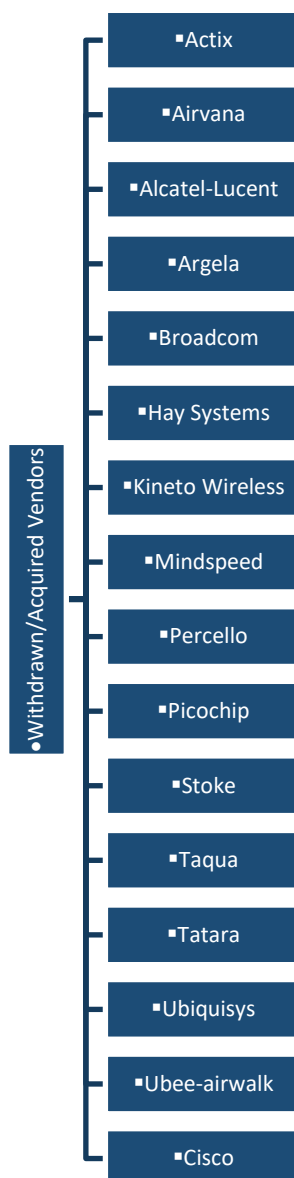
Annex A Marktpartijen small cell & DAS



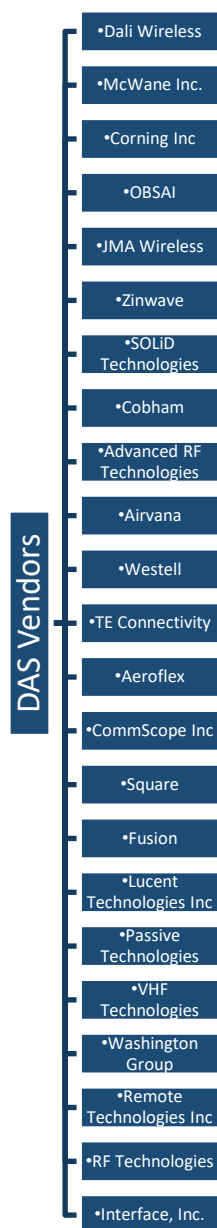
Figuur 29: Aanbieders van small cell gerelateerde professionele diensten, volgens <https://www.thinksmallcell.com/>



Figuur 30: Service providers die gebruik maken (live) van small cell gerelateerde oplossingen, volgens <https://www.thinksmallcell.com/>



Figuur 31: Aanbieders van small cell gerelateerde oplossingen en diensten die zijn gestopt met hun activiteiten op dit gebied of die zijn overgenomen door andere partijen, volgens <https://www.thinksmall-cell.com/>



Figuur 32: DAS Vendors (ABI Research, 2015)

Annex B Enquête resultaten

Het separaat toegevoegde pdf bestand Indoor - SURFnet - maart 2019_15 maart def.pdf bevat de resultaten van een enquête gehouden onder leden van de SURF expertgroep email lijst.

Stratix

Stratix B.V.

Villa Hestia - Utrechtseweg 29
1213 TK Hilversum

Telefoon:	+31.35.622 2020
E-mail:	office@stratix.nl
URL:	http://www.stratix.nl
Reg. no.:	57689326
IBAN:	NL85ABNA0513733922
BIC:	ABNANL2A
VAT:	NL8526.92.079.B.01