

Smart Building, Digital Twin en de toepassing van SBLTS voor informatievoorziening met betrekking tot het waarborgen van veiligheid voor mindervalide personen bij calamiteiten

Een essay voor de minor SBIM over de begrippen Smart Building, Digital Twin en een case study met betrekking tot deze begrippen.

L.S. Fokkema
20 januari 2024

Onderwerp: Smart Building, Digital Twin en de toepassing van SBLTS voor informatievoorziening met betrekking tot het waarborgen van veiligheid voor mindervalide personen bij calamiteiten

Bedankt aan Dhr. Fabian Steevensz voor zijn inzichten en kennis.

Smart Building, Digital Twin en de toepassing van SBLTS voor informatievoorziening met betrekking tot het waarborgen van veiligheid voor minder valide personen bij calamiteiten.

20 januari 2024

I. Inleiding

In de wereld van de gebouwde omgeving en gebouwbeheer worden de begrippen 'Smart Building' en 'Digital Twin' bijna onontkoombaar. Deze begrippen krijgen nu praktische betekenis in de transitie van traditionele infrastructuur naar een Smart, data-gedreven omgevingen. Dit essay verkent deze begrippen binnen de context van de Haagse Hogeschool (HHS) -hoofdvestiging, een gebouw met een van de grootste vierkante meters in Nederland. Met een focus op de verbetering van de efficiëntie en effectiviteit van het gebouw door middel van geavanceerde sensorgegevens, wordt het implementeren van een Smart Building strategie onderzocht. Er wordt onderzocht in hoeverre de implementatie van slimme gebouwtechnologieën de veiligheid kan verbeteren, specifiek met betrekking tot de evacuatie van mindervaliden. Het streven is het ontwerpen van een methodiek die niet alleen gegevens verzamelt en samenvoegt, maar ook de toepassing van smart technologieën benut om de veiligheidsnormen voor alle gebruikers van het gebouw te verhogen.

In de aanvang wordt dieper ingegaan op wat we onder 'Smart Building' en 'Digital Twin' verstaan, leidend tot een eigen gedefinieerde visie die vervolgens verankerd wordt in de case study van het hoofdgebouw van de Haagse Hogeschool.

II. Smart Building & Digital Twin

De technologische ontwikkelingen binnen de bouwsector volgen elkaar in een ongekend snel tempo op. Onderzoeken naar de ontwikkeling en implementatie van Smart Building Information Management/Technologies (SBIM) en Digital Twins staan dagelijks in de schijnwerpers, met als gemeenschappelijk doel het reduceren van verspilling en het verhogen van het inzicht in gebouwbeheer. Deze ontwikkelingen dragen bij aan de verduurzaming van gebouwen, wat resulteert in een schoner milieu, vermindering van CO₂-uitstoot en een stimulans voor innovatie. Een heldere definitie van SBIM is cruciaal om de mogelijkheden en toepassingen ervan te begrijpen. Er bestaan diverse interpretaties van wat een Smart Building inhoudt. Daarom wordt in deze essay, aan de hand van twee onafhankelijke studies, dieper ingegaan op de verschillende definities en wordt de relevantie voor de Haagse Hogeschool onderzocht.

Het onderzoek "*What is a Smart Building?*"¹ richt zich enkel op de definitie van Smart Building en heeft deze als volgt gedefinieerd:

"Smart Buildings are buildings which integrate and account for intelligence, enterprise, control, and materials and construction as an entire building system, with adaptability, not reactivity, at its core, in order to meet the drivers for building progression: energy and efficiency, longevity, and comfort and satisfaction."

Dit houdt in dat zij een Smart building hebben gedefinieerd als een gebouw dat intelligentie, gebouw informatie, controle en materialen en constructie integreert in het gehele bouwsysteem om de sturende groepen voor progressie in de bebouwde omgeving te ondersteunen. Hierin wordt expliciet benoemd dat een Smart Building geen reactief maar een adaptief gebouw hoort te zijn. Ook wordt er omschreven wat er ten grondslag van een Smart Building benodigd is. Dit is gedaan door, vier zuilen die benodigd zijn voor een Smart Building, te omschrijven. Deze zijn verdeeld in intelligentie van het gebouw, Enterprise van het gebouw, materialen en ontwerp en de controle over het gebouw. Onder enterprise wordt hier verstaan:

"the methods by which building use information is collected and used to improve occupant performance (enterprise)."

Hieruit is te leiden dat enterprise zich richt op het verzamelen en gebruik van gebouw informatie, waarvan uit een directe koppeling te maken is met SBIM.

¹ (Buckman, Mayfield, & Beck, 2014)

In het onderzoek “Rule-based model for Smart Building Supervision and Management”² wordt een Smart Building gedefinieerd als een gebouw wat noodzakelijk is ingericht met systemen en sensoren op basis van vier domeinen.

“To become smart, such buildings are equipped with a full set of systems which covers the following four activity domains: (i) Energy supply and efficiency (e.g., micro-grids, energy monitoring, back-up, storage); (ii) Facility and building automation (e.g., heating, ventilation and air conditioning, lighting); (iii) Information and communication (e.g., local area networks, indoor wireless, network operation); and (iv) Security and safety (e.g., fire detection, anti-intrusion video-surveillance, network access control).”

Deze vier domeinen worden gezien als de ondergrens van informatieverzameling waar een gebouw aan moet voldoen om geclassificeerd te worden als een Smart Building. In dit onderzoek koppelen zij deze data aan een BMS (Building Management System) die op basis van een semantisch model wordt geopereerd. Dit is een wijze van het opbouwen van een gebouw managementsysteem op basis van een semantisch model voor het beheren een Smart Building.

Aan de hand van de bovenstaande definities en de opgedane kennis in de minor Smart building Information Management is een eigen begrip ontstaan van Smart Building. Vanuit eigen perspectief is een Smart Building een geïntegreerd systeem waarin Smart technologies en infrastructuur worden gecombineerd om een gebouw inzichtelijk te maken voor gebruikers. Een Smart Building optimaliseert automatisch verschillende gebouwfuncties zoals energiegebruik, efficiëntie, onderhoud, en comfort, met behulp van gegevensverzameling en -analyse om de prestaties te verbeteren. In de context van Smart Building Information Management (SBIM), gericht op een Smart Building, ligt de focus op het verzamelen, interpreteren, toepassen en managen van gebouwinformatie om operationele prestaties te verhogen en de gebruikerservaring te verbeteren. Hierbij wordt gestreefd naar het verminderen van verspilling en het verhogen van inzicht om bij te dragen aan de duurzaamheid van de bebouwde omgeving, wat resulteert in een schonere leefomgeving en een vermindering van de

CO2-uitstoot. Dit wordt gerealiseerd door gebruik te maken van verschijnende technologieën en sensing, die op zijn beurt, ook gebruikskwaliteit, energie efficiëntie, veiligheid en beheer mogelijkheden van een gebouw verbeteren. Hieruit kan een definitie vanuit eigen visie worden opgesteld:

“Een Smart Building is een adaptief gebouw die, door integratie van smart technologies en sensing, proactief gebouwfuncties optimaliseert, gebruikservaring verbeterd, gebouw informatie deelt en veiligheid optimaliseert, ter ondersteuning van veiligheid, duurzaamheid, beheer en energie efficiëntie.”

Het valt binnen de lijn der verwachtingen dat deze definitie zich nog ontwikkelt of zelfs komt te vervallen. Dhr. Winkels, tijdens een lezing op de Haagse hogeschool (november 2023), over Smart Building Information management zij het volgende:

“Het is mogelijk dat de term SBIM of BIM binnen enkele jaren niet meer gebruikt zal worden omdat de betekenis en visie doorgaans veranderd, waardoor de termen kunnen komen te vervallen.”

De term Digital Twin is een van vele betekenissen en omvangrijke definities. Het begrip Digital Twin neemt, in eigen visie, een Smart Building nog een stap verder. Een Digital Twin communiceert met het gebouw en zorgt, door gebruik te maken van realtime-data, dat een gebouw een zelfsturend entiteit kan worden. Dit houdt in dat het gebruik van een Digital Twin niet alleen energie efficiëntie optimaliseert of klimaat regelt maar ook onderhoud inplant. In feite maakt een Digital Twin het optimaal benutten van een Smart Building mogelijk. Waardoor, wanneer een Digital Twin eenmaal is geoptimaliseerd, voor veel beheeraspecten, mogelijk, alleen nog monitoring nodig zal zijn. Aan deze gedurfde omschrijving van een Digital Twin zitten veel haken en ogen en een zelfregulerend gebouw op deze schaal zal nog veel iteraties, pilots en fasen moeten doorgaan voordat deze de norm wordt in de bebouwde omgeving. Ongetwijfeld zal de Digital Twin een ‘Digital’ impact creëren op niet alleen de beheer fase maar alle bouwfasen, in de levenscyclus, van gebouwen. Met deze definities en begrippen opzak wordt op de volgende bladzijden de case study uitgewerkt.

² (Tamani, et al., 2018)

III. case study

Het vluchten van mindervaliden tijdens een calamiteit is niet altijd gewaarborgd en wordt er beroep gedaan op hulp van anderen. Haagse hogeschool vraagt zich af hoe het veilig vluchten voor deze personen kan worden gewaarborgd of gemakkelijker worden gemaakt met behulp van SBT (Smart Building Technologie). Eerst moet het daadwerkelijke probleem vastgesteld worden en hoe SBT hierbij mogelijk kan helpen.

De vraag die gesteld kan worden om dit te achterhalen is 'wat ontbreekt er?'. Waarvan het antwoord 'de zekerheid of iedereen daadwerkelijk het gebouw heeft verlaten' mogelijk kan zijn. De toepassing van SBT hierin wordt tijdens het lezen van deze essay omschreven. Dhr. Fabian Steevensz, adviseur veiligheid en BHV voor de Haagse Hogeschool, werd gevraagd om inzicht te bieden over de huidige stand van zaken.

Een interview met dhr. Fabian Steevensz zorgde voor inzicht over de huidige situatie. Hij gaf aan dat de brandveiligheid in het gebouw goed geregeld is en vaak in contact is met de veiligheidsdiensten. Er worden oefeningen uitgevoerd om te toetsen, uit deze oefeningen zijn focus punten waargenomen waar gedacht wordt dat er een verbeterslag mogelijk is. Onder deze focuspunten valt onder andere de toepassing van Bhv'ers (Bedrijf Hulp Verleners). Bhv'ers zorgen mede voor de veiligheid van personen met een beperking. Zo zijn er verzamelpunten in het gebouw voor deze personen om eventueel te wachten op hulp, mits benodigd. Het gevaar hierin is dat niet alle personen met een beperking zich altijd zullen melden bij een verzamel punt. Een persoon met bijvoorbeeld een angststoornis, autisme of paniekaanvallen kan mogelijk 'buitengewoon' reageren en niet meer zelf keuzes kunnen maken om zich- of haarzelf in veiligheid te brengen. Het zoeken en vinden van deze personen kan lang duren en de veiligheid van Bhv'ers in het geding brengen. Verder geeft Dhr. Steevensz aan een omroepsysteem te willen implementeren om crowd control te verbeteren. Het kunnen inlichten van personen tijdens calamiteiten kan ervoor zorgen dat opstoppen ter plaatse van vluchtroutes, zoals waargenomen tijdens oefeningen, voorkomen kunnen worden. Hieruit is te herleiden dat het gebrek aan informatie en informatieverspreiding een van de struikelblokken is tijdens het veilig ontruimen van het gebouw en mogelijk niet crowd control het probleem is maar crowd inlichting.

Op de site van de HHS staan documenten met daarin aanwijzingen voor wat te doen bij een calamiteit. Echter, is deze onbereikbaar en niet inzichtelijk ten tijde van het uitvoeren van deze casestudy. De richtlijnen voor Bhv'ers is wel inzichtelijk. Hierin staan de stappen en acties die een Bhv'er moet nemen tijdens een calamiteit. Uit dit document blijkt dat er bij een alarmering geen specifieke instructies zijn voor het opsporen van eventueel achtergebleven personen. Hierdoor wordt de kans groter dat personen vanwege een 'buitengewone' reactie, die achterblijven of zich verstoppen, meer kans hebben om in een gevaarlijke situatie terecht te komen.

Om deze situatie te mijden en de veiligheid van de personen meer te waarborgen wordt de volgende oplossing voorgesteld.

Het toepassen en aanzetten van locatietracking op basis van brandinstallaties door gebruik te maken van wifi-access points om de locaties van personen in te kunnen zien ten tijde van een calamiteit en deze, indien mogelijk, naar veiligheid te kunnen begeleiden.

Deze oplossing, genaamd 'Smart Building Locatie Tracking Systeem' (SBLTS), is bedoeld voor personen die tijdens een noodsituatie mogelijk niet veilig kunnen vluchten. Dit kan komen door een reactie die leidt tot ongewoon gedrag, of omdat ze slecht ter been zijn, waardoor ze zich niet zelfstandig naar een vluchtweg kunnen begeven of navigeren. Deze oplossing is in segmenten op te delen waarin, per segment, een uitleg wordt gegeven hoe deze in werking treedt.

- i. (Het toepassen en aanzetten van) locatie tracking

Het toepassen van locatie tracking is een middel om, in deze casus, binnen een gebouw, personen te kunnen lokaliseren. Echter, tracking is onderhevig aan de AVG. Dit vormt een groot struikelblok; mensen willen niet voortdurend getraceerd worden wanneer ze zich in het hoofdgebouw van de HHS bevinden. Bovendien is het traceren van hun locatie zonder hun toestemming niet toegestaan volgens de AVG.

- ii. Tracken op basis van brandinstallaties

Om tracking te activeren aan de hand van brandinstallaties worden personen alleen getraceerd tijdens een calamiteit. In artikel 11.7a, van de telecommunicatie wet, wordt

benoemd dat het mogelijk is te tracken op grondslag van gerechtvaardigd belang. Het is dan mogelijk om zonder de toestemming van personen deze te traceren indien het gerechtvaardigd belang wordt aangetoond. Hier zitten strenge regels aan verbonden om misbruik tegen te gaan. Wat verder wordt verstaan onder gerechtvaardigd belang en of de HHS hier mogelijk beroep op kan doen vereist een vervolgonderzoek.

Grondslag gerechtvaardigd belang

Of u de grondslag gerechtvaardigd belang kunt gebruiken, hangt ervan af in welke omgeving u mensen wilt volgen met wifitracking en bluetoothtracking. Het maakt verschil of u dit in de openbare ruimte (zoals winkelstraten) wilt doen of in semi-openbare ruimte die privaats bezit is. Ook speelt mee wat het doel is van de wifitracking en bluetoothtracking.

Openbare ruimte

De verwerking van persoonsgegevens in de openbare ruimte valt primair onder de verantwoordelijkheid van, of moet mogelijk zijn gemaakt door, de (wetgevende) overheid. Een private partij, zoals een bedrijf, heeft hier doorgaans geen gezag. Daarom kan een private partij in dit geval niet zomaar een beroep doen op gerechtvaardigd belang.

Soms kunt u als bedrijf wel een beroep op deze grondslag doen. Bijvoorbeeld als wifitracking en bluetoothtracking onvermijdelijk is om het prive eigendom te beschermen in de openbare ruimte. Of als u een beroep kunt doen op de journalistieke uitzondering.

Semi-openbare ruimte die privaats bezit is

Wilt u als bedrijf met wifitracking en bluetoothtracking mensen volgen in de semi-openbare ruimte die privaats bezit is? En heeft u geen commercieel doel, maar is uw doel om de veiligheid van voorbijgangers te waarborgen? Dan kan een beroep op gerechtvaardigd belang mogelijk zijn. Er zijn dan wel strikte voorwaarden.

De bescherming van de fysieke veiligheid van mensen betreft een gerechtvaardigd belang. Om dit belang - een grondrecht - te beschermen, kan het voor u als bedrijf noodzakelijk zijn om (ook) persoonsgegevens te verwerken. Bijvoorbeeld om gevaarlijke drukte op bepaalde punten te voorkomen ('crowd control').

U voldoet daarmee aan de eerste eis om een beroep te kunnen doen op de grondslag van gerechtvaardigd belang. U moet dan nog wel voldoen aan de andere voorwaarden van artikel 6, eerste lid, onder f van de AVG:

- uw verwerking moet voldoen aan de vereisten van proportionaliteit en subsidiariteit;
- u moet uw belangen en die van de betrokkenen tegen elkaar afwegen.

Figuur 1 (autoriteitpersoonsgegevens, sd)

Op basis van toestemming is het echter wel mogelijk personen te traceren. In het algemeen zijn personen niet snel geneigd hiermee in te stemmen, maar de aanpak van enkel traceren tijdens calamiteiten om de veiligheid te waarborgen, zou mogelijk meer acceptatie vinden.

iii. Gebruik maken van wifitracking, bluetooth-access points

Drie methoden:

Wi-Fi tracking schat de locatie van apparaten door Wi-Fi-signalen van draadloze toegangspunten te meten. Het gebruikt signaalsterkte, kwaliteit, of tijd van vlucht (ToF) om de positie van apparaten te schatten.

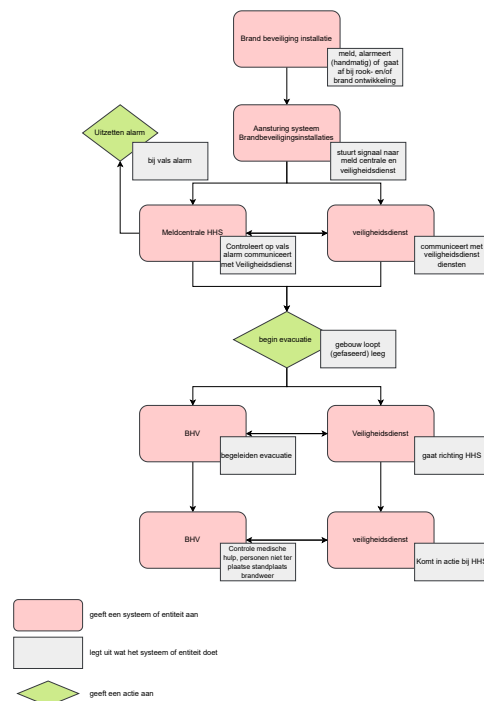
Bluetooth tracking gebruikt Bluetooth-technologie in apparaten om de sterkte van Bluetooth-signalen te meten met de Received Signal Strength Indicator (RSSI) methode.

Hybride tracking combineert Bluetooth- en Wi-Fi-technologieën om de nauwkeurigheid en

dekking van positiebepaling te verbeteren. Het tracking systeem kan nauwkeurigheid verbeteren door metingen van meerdere bronnen te integreren die gebruik maken van zowel Bluetooth- als Wi-Fi-signalen. Dit is vooral nuttig in complexe binnen omgevingen of gebieden met een grote dichtheid van toegangspunten, waar Bluetooth- en Wi-Fi-signalen elkaar kunnen aanvullen.³

Het SBLTS omvat, in het kort, het activeren van locatietracering in het Haagse Hogeschool hoofdgebouw via Wi-Fi access points, gekoppeld aan brandinstallaties, om de locaties van personen tijdens calamiteiten te identificeren. De toepassing van deze methode, die gericht is op het verbeteren van veilig vluchten voor personen met beperkingen tijdens noodsituaties, is ontworpen om privacy zorgen aan te pakken door tracking te beperken tot noodgevallen en in overeenstemming zijn met AVG-richtlijnen. Om dit inzichtelijk te maken wordt gebruik gemaakt van een flowchart om het proces schematisch weer te geven.

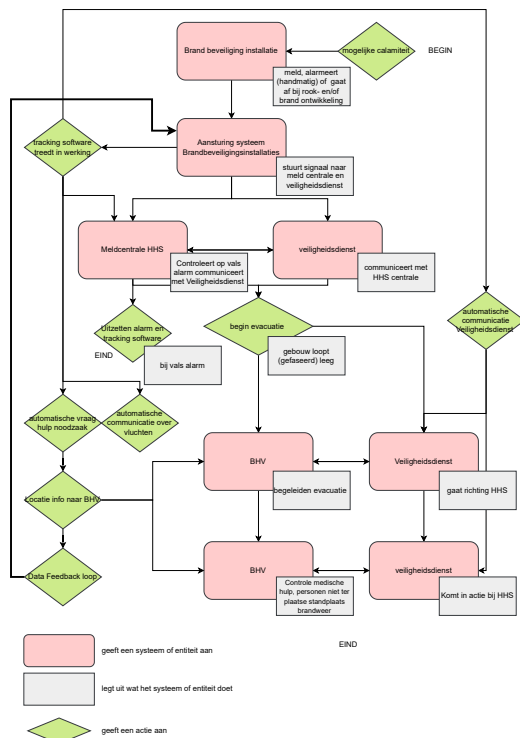
In figuur 2 worden, aan de hand van een flowchart, de verschillende informatiestromen van de huidige situatie schematisch weergegeven.



Figuur 2

³ (gpstrack, 2023)

In de huidige situatie, wordt bij een brand dit gedetecteerd door de brandbeveiligingsinstallaties, deze zorgt op zijn beurt voor de activering van het aansturingssysteem van de brandbeveiligingsinstallaties. De meldcentrale en veiligheidsdienst worden geïnformeerd, waarbij de meldcentrale controleert op vals alarm en de veiligheidsdienst communiceert met de relevante diensten. Bij bevestiging van het alarm start de BHV met de evacuatie en



begeleidt deze, terwijl de veiligheidsdienst onderweg is naar de Haagse Hogeschool. Met de geïmplementeerde oplossing, figuur 3,

Figuur 3

wordt naast het standaard proces een extra laag van locatietracking toegevoegd.

Wanneer het brandalarm geactiveerd wordt, treedt ook de tracking software in werking. Dit zorgt ervoor dat tijdens de evacuatie de BHV direct informatie krijgt over de locaties van personen die mogelijk hulp nodig hebben. Zo kan de BHV gerichter handelen en is er een nauwkeuriger overzicht van de situatie in het gebouw. Na de evacuatie wordt een data feedback loop ingezet om het proces te analyseren en te verbeteren.

De presentatie van locatietrackinggegevens kan variëren. Een methode is het gebruik van ruimtenummers en -namen om Bhv'ers te

informerend, wat parate kennis over de gehele indeling van het gebouw vereist. Echter, is het koppelen van trackinggegevens aan een interactieve plattegrond, waardoor de locaties van personen visueel worden weergegeven en realtime gecommuniceerd worden met een dashboard, een meer adaptieve, smart, oplossing.

Verder is het mogelijk om verdere uitbreiding te realiseren met de realtime positie van Bhv'ers, zodat direct zichtbaar is welke Bhv'er het dichtst bij een betreffend persoon is voor een snel respons.

Hierop aansluitend kan een adaptief systeem, met gebruik van een interactieve plattegrond, zelf een optimale route vinden voor het veilig verlaten van het gebouw. Hierin is het mogelijk dat op basis van de navigeerbaarheid van een persoon deze vluchtroute 'op maat gemaakt' wordt.

De benodigde data voor het opzetten van een SBLTS vereist gespecialiseerde software voor de verwerking van realtime locatiegegevens, zoals RTLS⁴, die ruimtes in gebouwen kan monitoren door Wi-Fi en Bluetooth signalen te gebruiken. Sensordata van toegangspunten zoals routers zijn cruciaal, evenals gebruikersvriendelijke interfaces voor Bhv'ers en veiligheidsdiensten wat als fundering een platform nodig heeft waarin ook data-integratie gebeurt. Ook is er voor het realtime aanbieden van een vluchtroute persoonsgegevens nodig met betrekking tot de bewegingsmogelijkheid van een persoon. Voor Cyber security en AVG zal de dataopslag en analyse alleen onder strikte voorwaarden geïmplementeerd kunnen worden.

Tenslotte is het van belang dat er een dashboard komt voor het gebruik van de SBLTS. Waarvan de gebruiksvriendelijkheid en duidelijke informatieoverdracht centraal staat.

Het advies luidt dat de volgende punten worden opgenomen in het dashboard:

1. Interactieve kaart van het gebouw. Hierop worden realtime locaties weergegeven. Hierin kunnen met iconen verschillende statussen van gebruikers ook aangegeven worden. Bijvoorbeeld: *in nood*, *hulp nodig* maar *veilig*, *in veiligheid*. Deze statussen kunnen ook aan de hand van realtime data gekoppeld worden. Als een bhv'er in een gebied loopt kan het systeem

⁴ (zebra, sd)

zelf aangeven dat deze persoon zich in een reeds gevaarlijk gebied bevindt. Ook wordt hierop aangegeven waar en welke brandmeldinstallaties zijn afgegaan en welke mogelijk vluchtroute het snelst of het meest veilig is.

- II. Status updates over de huidige status van evacuatie en situatie binnen het gebouw.
- III. Communicatie opties met de veiligheidsdienst en bhv'ers om snel met elkaar te kunnen communiceren.
- IV. Informatie over veiligheidsprocedures en spoedprocedures voor bhv'ers die een gewond persoon tegen komen.

IV. Conclusie

De visie van een Smart Building zoals eerder gedefinieerd

“Een Smart Building is een adaptief gebouw die, door integratie van smart technologies en sensing, proactief gebouwfuncties optimaliseert, gebruikservaring verbeterd, gebouw informatie deelt en veiligheid optimaliseert, ter ondersteuning van veiligheid, duurzaamheid, beheer en energie efficiëntie.”

Sluit aan met het Smart Building Locatie Tracking Systeem (SBLTS). Het SBLTS verbetert de reactie op noodsituaties door realtime locatiedata te verstrekken, met focus op mensen die niet zelfstandig kunnen evacueren. De implementatie van dit systeem in het Haagse Hogeschool hoofdgebouw toont aan hoe een geïntegreerde aanpak van slimme technologieën kan bijdragen aan een veiliger, efficiënter en adaptief gebouw. Hoewel dit concept enigszins veelbelovend oogt, vereist het verder onderzoek naar technische haalbaarheid, privacyaspecten en integratie met bestaande systemen. Dit vervolgonderzoek is cruciaal om de SBLTS-oplossing te verfijnen en ervoor te zorgen dat het bijdraagt aan de adaptieve, proactieve en veiligheid optimaliserende doelstellingen van een Smart Building in de Haagse Hogeschool.

V. Meer informatie

Op de website <https://lsf-hhs.github.io> staat dit rapport kort samengevat met nog een toevoeging over de minor Smart Building Information management.

Bibliografie

- autoriteitpersoonsgegevens. (sd). *grondslagen-bij-wifitracking-en-bluetoothtracking*. Opgehaald van autoriteitpersoonsgegevens: <https://www.autoriteitpersoonsgegevens.nl/themas/internet-slimme-apparaten/wifi-en-bluetooth/grondslagen-bij-wifitracking-en-bluetoothtracking>
- Buckman, A. H., Mayfield, M., & Beck, S. B. (2014). *What is a Smart Building?* University of Sheffield: Emerald Publishing.
- gpstrack. (2023, 6 13). *bluetooth-and-wi-fi-tracking-options*. Opgehaald van gpstrack.eu: <https://www.gpstrack.au/articles/technologies/bluetooth-and-wi-fi-tracking-options/>
- haagse hogeschool. (sd). Opgehaald van gebouwnbeheer: <https://gebouwnbeheer.nl/projecten/haagse-hogeschool/>
- Tamani, N., Ahvar, S., Santos, G., Istasse, b., Praca, i., Brun, P.-e., . . . Becue, A. (2018). *Rule-Based Model for Smart Building Supervision and Management*. IEEE .
- Van Soomeren, P., Stienstra, H., wever, J., & Klunder, G. (2007). *Menselijk gedrag bij vluchten uit gebouwen*. SBR & DSP-groep. ministerie van BZK.
- zebra. (sd). *what is RLTS*. Opgehaald van zebra: <https://www.zebra.com/us/en/resource-library/faq/what-is-rtls.html>