



Veiligheid op de werkvloer; *Situation Awareness*

ISBN/EAN: 978-90-818424-3-3
Titel: Veiligheid op de werkvloer; Situation Awareness, 1e druk, november 2011
Auteurs: Piet Griffioen en Henk van Leeuwen
Projectreferentie: D3.1.1. RAAK-Pro Veiligheid op de werkvloer
Uitgever: Saxion, Kenniscentrum Design en Technologie

Kom verder. Saxion.

Veiligheid op de werkvloer is een initiatief van het Saxion Kenniscentrum Design en Technologie. Het project richt zich op de vraag hoe de veiligheid op de werkvloer te bevorderen met behulp van ambient technologie. Het gaat daarbij om persoonlijke veiligheid, een veilige omgeving en veilig gedrag. Het project is gestart op 1 januari 2011 en heeft een looptijd van vier jaar. De consortiumleden zijn Saxion, Universiteit Twente, Novay, Thales Nederland, Norma MPM, PANalytical, TenCate Protective Fabrics, Alten PTS en Noldus Information Technology. Daarnaast is er een wisselende groep van deelnemende bedrijven die bij gelegenheid deelneemt in het programmateam. Het project ontvangt subsidie van de Stichting Kennisontwikkeling HBO onder registratienummer RAAK PRO-2-013.

Arbeidsongevallen zijn vaak te wijten aan menselijk gedrag, hoe mensen met elkaar omgaan en hoe ze met risico's en richtlijnen omgaan. Bewust bezig zijn met veiligheid is een noodzakelijke voorwaarde voor veiligheid op de werkvloer. Door middel van cursussen, trainingen en 'risk assessment' kan een beter begrip en draagvlak gecreëerd worden voor veiligheid op de werkvloer. Dit is vooral het terrein van de Arboretgeving.

Omgevingsbewustzijn is echter ook belangrijk voor veiligheid op de werkvloer. Een adequaat inzicht in de huidige situatie is belangrijk om de gevolgen van bepaalde handelingen te kunnen beoordelen en om nadelige en schadelijke gevolgen en daarmee ongelukken te voorkomen.

De menselijke vaardigheden schieten echter vaak te kort in complexe situaties en onder tijdsdruk en werkdruk. Doel van dit onderzoek is om na te gaan hoe technologie – en vooral Ambient Intelligence – kan bijdragen aan het verbeteren van de menselijke vaardigheden als het gaat om het beoordelen van een situatie en de gevolgen van handelingen.

In dit onderzoek is gekeken hoe omgevingsbewustzijn tot stand komt, welke factoren daarbij een rol spelen en hoe dit proces in positieve en negatieve zin kan worden beïnvloed. Verder is gekeken naar de stand van zaken en de (technologische) ontwikkelingen op andere terrei-

nen waar omgevingsbewustzijn een belangrijke rol speelt, zoals hulpverlening, defensie en luchtverkeersleiding. Die bevindingen zijn vervolgens geprojecteerd in de context van veiligheid op de werkvloer.

De conclusie is dat Ambient Intelligence omgevingsbewustzijn kan verbeteren op alle niveaus. Ambient Intelligence verhoogt de perceptie, verbetert het inzicht en stelt in staat om de gevolgen van handelingen beter te kunnen inschatten.

Omdat veiligheid op de werkvloer een uitgebreid gebied is en omdat ongelukken zeer divers van aard zijn, van incidenteel tot structureel, is de aanbeveling om aan de hand van een aantal geselecteerde 'use-cases' in de volgende fase meer focus en verdieping aan te brengen.

Lijst van figuren

Figuur 1	
Niveaus in Ambient Intelligence	7
Figuur 2	
Omgevingsbewustzijn en Ambient Intelligence	10
Figuur 3	
Omgevingsbewustzijn en 'decision-making' als continue processen	11
Figuur 4	
Het SHEL-model	15
Figuur 5	
Endsley-model met semantiek	19
Figuur 6	
IEEE 1452.1 Smart Sensor Model (schematisch)	20
Figuur 7	
Algemene sensorparameters	22
Figuur 8	
Sensor-on-Chip (Bron: http://gajitz.com/whats-that-smell-iphone-chemical-snif-fing-app-and-device/?ref=search)	23
Figuur 9	
Energieverbruik sensornode [mW]	24
Figuur 10	
Mobiele sensoren	24
Figuur 11	
Aspecten van informatieprocessing en -analyse	26
Figuur 12	
Gedistribueerd sensornetwerk (Bron: http://oregonstate.edu/feel/about).	27
Figuur 13	
Gemeenschappelijk informatiemodel als bindmiddel	27
Figuur 14	
Semantisch Web	29
Figuur 15	
Core Ontologie voor Situation Awareness (Matheus et. al., 2003)	29
Figuur 16	
Anomaliedetectie in het scheepvaartverkeer (Bron: Thales)	31
Figuur 17	
'Augmented reality' bij onderhoud (Bron: http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/)	32

Inhoud

Summary	3
Samenvatting	4
Inhoudsopgave	5
Lijst van figuren	6
1. Inleiding	7
Aanleiding	7
Inleiding	7
Probleemstelling	8
Doelstelling	8
2. Onderzoeksopzet: methodiek en aanpak	9
3. Omgevingsbewustzijn	9
Niveau 1: Perceptie	10
Niveau 2: Inzicht	11
Niveau 3: Projectie	11
Omgevingsbewustzijn en 'decision-making'	11
Gezamenlijk bewustzijn	12
4. Ambient Intelligence en veiligheid op werk	13
5. Invloed van omgevingsfactoren	15
6. Het ontstaan van risico's	17
Niveau 1-fouten: perceptie	17
Niveau 2-fouten: inzicht	17
Niveau 3-fouten: projectie	18
7. Het verbeteren van omgevingsbewustzijn	19
7.1 Sensoren	20
Type sensoren	21
Algemene kenmerken	22
Trends in sensoren	25
Informatieprocessing en semantische analyse	26
Algemene kenmerken	26
Trends in informatieprocessing en semantische analyse	30
Informatieprocessing en analysetechnieken	30
8. Conclusies en aanbevelingen	33
Conclusies	33
Aanbevelingen	33
Bronnenlijst	34

1. Inleiding

Aanleiding

Dit rapport is een tussentijdse rapportage van de werkzaamheden die uitgevoerd zijn in het kader van het RAAK Project 'Veiligheid op de werkvloer'. Centraal in deze rapportage staan de veilige werkomgeving, het bewust zijn van onveilige situaties en het anticiperen op veranderingen in de werkomgeving.

aanwezigheid van schadelijke stoffen. Onveilige situaties kunnen echter ook ontstaan door psychische en lichamelijke factoren zoals werkdruk, tijdsdruk, vermoeidheid en een gebrek aan motivatie. Het is dus belangrijk om te weten wat er in de omgeving gebeurt, wie er aanwezig zijn en wat zij doen, maar ook wat hun psychische en lichamelijke gesteldheid is. Dit wordt aangeduid met het begrip

Embedding	<i>Devices are invisible in the environment</i>
Context awareness	<i>The environment recognizes you and your specific circumstances.</i>
Personalisation	<i>Services are tailored to your desires and needs.</i>
Adaption	<i>The environment adapts automatically to you.</i>
Anticipation	<i>The environment anticipates automatically your needs.</i>

Figuur 1: Niveaus in Ambient Intelligence

Inleiding

Veiligheid op de werkvloer begint bij het zich bewust zijn van mogelijk onveilige situaties. Onveilige situaties kunnen ontstaan door de aanwezigheid van anderen, door de aanwezigheid van voertuigen of door de

omgevingsbewustzijn (Eng. situational awareness) of kortweg bewustzijn.

Ambient Intelligence is letterlijk vertaald 'omringende intelligentie': de mens die wordt omgeven door intelligente apparatuur. De mens staat daarbij dus centraal. Algemeen worden vijf niveaus van Ambient Intelligence onderscheiden (Aarts, 2003):

Probleemstelling

- Het eerste niveau is inbedding, waarbij micro-elektronica, sensoren en actuatoren (onzichtbaar) worden ingebouwd in de omgeving, zoals in kleding, ramen en stoelen.
- Het tweede niveau is omgevingsbewustzijn, waarbij gegevens worden gecombineerd en verwerkt met als doel een beeld te krijgen van de situatie.
- Het derde niveau is personalisatie, waarbij rekening wordt gehouden met de persoonlijke voorkeuren en gezondheid van een persoon.
- Het vierde niveau is adaptatie, waarbij de omgeving zich aanpast aan de behoeftes en gesteldheid van een persoon.
- Het laatste niveau is anticipatie, waarbij de omgeving al vooruit loopt op de dingen die kunnen gebeuren.

Toepassingsgebieden van Ambient Intelligence zijn onder meer de woonomgeving, de gezondheidszorg en de werkomgeving.

Omgevingsbewustzijn is belangrijk voor veiligheid op de werkvloer. Omgevingsbewustzijn is ook een belangrijk onderdeel van Ambient Intelligence. Dit leidt tot de vraag of Ambient Intelligence kan bijdragen aan meer veiligheid op de werkvloer, opdat het aantal ongevallen op het werk kan worden verminderd.

Doelstelling

Doel van deze eerste fase is om te analyseren hoe Ambient Intelligence een bijdrage kan leveren aan veiligheid op de werkvloer. Het accent ligt daarbij in eerste instantie op omgevingsbewustzijn. Onderzocht wordt hoe omgevingsbewustzijn tot stand komt, welke processen en factoren daarbij een rol spelen en hoe omgevingsbewustzijn kan worden verbeterd.

2. Onderzoekopzet: methodiek en aanpak

Uitgaande van een formele definitie van omgevingsbewustzijn wordt bekeken welke factoren daarbij een rol spelen. Eerst in algemene zin maar daarna toegespitst op veiligheid op de werkvloer. Vervolgens wordt gekeken naar trends en technologische ontwikkelingen in het verkrijgen en verschaffen van omgevings-

bewustzijn. Daartoe wordt ook gekeken naar andere toepassingsgebieden waar omgevingsbewustzijn een belangrijke rol speelt, zoals hulpverlening, defensie en luchtverkeersleiding. De resultaten daarvan worden vervolgens weer geprojecteerd in de context van veiligheid op de werkvloer.

3. Omgevingsbewustzijn

Omgevingsbewustzijn ¹⁾ ('situational awareness') is een begrip dat op veel terreinen van toepassing is. Het is ook een al lang bestaand begrip dat zijn oorsprong vindt bij piloten tijdens de eerste Wereldoorlog. In het kader van dit onderzoek beperken we ons tot situaties waarin omgevingsbewustzijn van belang is voor het uitoefenen van werkzaamheden. Daarbij gaat het om het realiseren van doelstellingen en het nemen van beslissingen om die doelstellingen te bereiken.

Simpel gezegd betekent omgevingsbewustzijn 'weten wat er gebeurt' Een meer formele definitie is die van (Endsley, 2000): *"The perception of the elements in the environment within a volume of space and time, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future"*.

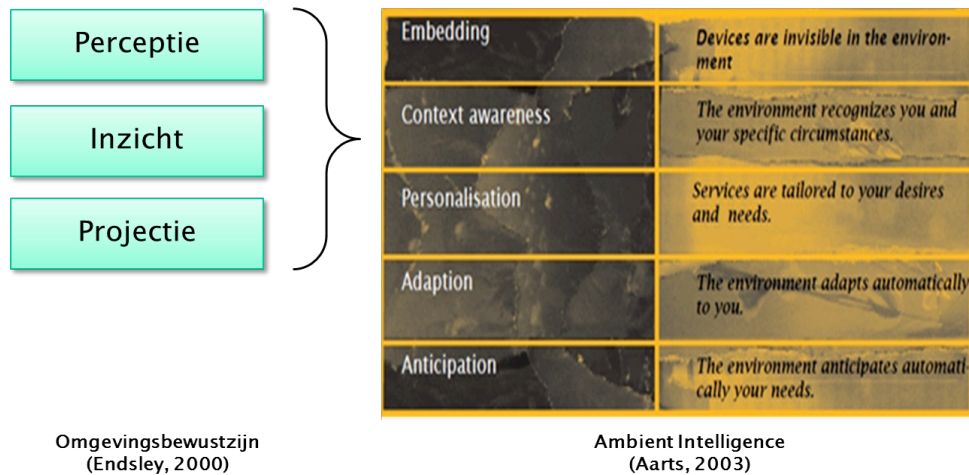
Onderstaand definitie bevat drie wezenlijke elementen, namelijk perceptie ('perception'), inzicht ('comprehension') en projectie ('projection'). Er is in de literatuur ook wel kritiek op bovenstaande definitie (zie bijvoorbeeld Hone, 2006). Volgens deze critici is perceptie (het waarnemen) zowel sequentieel als parallel en ontstaat inzicht al direct met de eerste waarneming. Perceptie en inzicht zijn daarom niet duidelijk te scheiden. Bovendien vinden zij dat projectie al plaatsvindt voordat een compleet inzicht is verkregen.

Toch hanteren wij hier de Endsley-definitie. De definitie maakt onderscheid in een drietal niveaus waarin verschillende processen en factoren een rol spelen. Dat maakt de definitie geschikt als kapstok voor de discussie over de vraag hoe omgevingsbewustzijn tot stand komt en waardoor dat wordt beïnvloed.

¹⁾ Omgevingsbewustzijn duidt zowel op context awareness, als op situation awareness. Uit de omringende tekst is het onderscheid af te leiden. Er is ook samenhang: AALIANCE definieert context als iedere informatie die de situatie beschrijft.

Vanuit een Ambient Intelligence oogpunt ontbreekt in de definitie van Endsley de nadruk op een veranderende omgeving die zich aanpast aan de behoeftes en intenties van de gebruiker. De Endsley definitie is in feite van toepassing op 'command and control'-achtige applicaties, met de verkeersleider, piloot of procescontroller als gebruiker en als operator. In Ambient Intelligence is er geen operator

in de klassieke zin. Ambient Intelligence refereert aan omgevingen die in hoge mate autonoom en zelf lerend zijn. De interactie met de gebruiker gaat door middel van bewegingen, gebaren en emoties enerzijds en veranderende omgevingsfactoren anderzijds. Desondanks is de Endsley-definitie zo algemeen dat deze ook toereikend is voor deze aspecten van Ambient Intelligence.



Figuur 2: Omgevingsbewustzijn en Ambient Intelligence

Niveau 1: Perceptie

Perceptie is het continu waarnemen van de situatie, gebeurtenissen en objecten. Perceptie wordt gerealiseerd met de menselijke zintuigen (zien, horen, ruiken, voelen) en/of met behulp van speciale,

slimme sensoren. Perceptie is cruciaal voor omgevingsbewustzijn. Het gevaar bestaat dat een werknemer niet in staat is alle relevante details op te nemen of dat niet alle relevante details worden gezien.

Niveau 2: Inzicht

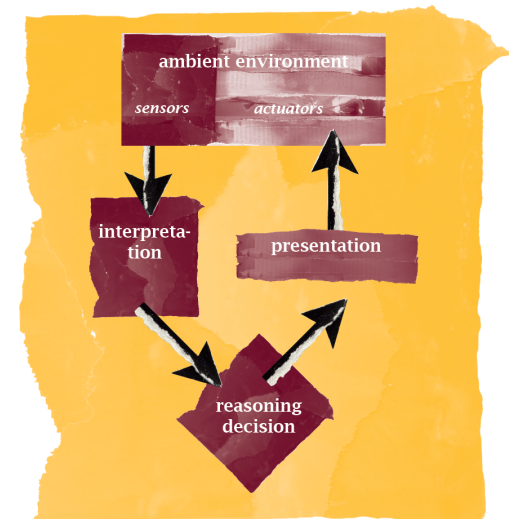
Omgevingsbewustzijn gaat verder dan alleen perceptie. Perceptie levert een continue stroom op aan gegevens uit verschillende bronnen. Inzicht ontstaat door deze gegevens te combineren en te interpreteren zodat ze een samenhangende betekenis krijgen. Inzicht heeft een hogere semantische betekenis als perceptie: het is het verschil tussen een aantal losse woorden en een zin. Het niveau van inzicht dat kan worden gerealiseerd is afhankelijk van de bekwaamheid van de werknemer en kan verschillen van persoon tot persoon.

Niveau 3: Projectie

Inzicht en begrip leiden tot het laatste niveau van omgevingsbewustzijn, namelijk het kunnen doen van voorspellingen over de toekomstige situatie afhankelijk van bepaalde handelingen en gebeurtenissen. Het is de 'what-if'-fase van omgevingsbewustzijn. Dat is uitermate belangrijk voor het nemen van beslissingen om bepaalde doelstellingen te bereiken en om ongewenste (neven-)effecten te voorkomen. Vooral ervaren werknemers vertrouwen in hoge mate op projectie omdat hen dat in staat stelt tijdig de juiste beslissingen te nemen.

Omgevingsbewustzijn en 'decision making'

Omgevingsbewustzijn is geen doel op zich, maar een belangrijk middel om doelstellingen te realiseren. Een goed inzicht in de bestaande situatie stelt de werknemer in staat om te beslissen welke acties nodig zijn om de beoogde doelen te bereiken. Omgevingsbewustzijn wordt veelal gezien als een separaat proces dat belangrijke informatie aanlevert voor het nemen van de juiste beslissingen ('decision making'). Omgevingsbewustzijn en 'decision making' zijn adaptieve en continue processen. Dit is geïllustreerd in onderstaande figuur.



Figuur 3: Omgevingsbewustzijn en 'decision making' als continue processen

Gezamenlijk bewustzijn

Het hierboven beschreven proces van omgevingsbewustzijn is in veel gevallen niet een individueel proces van een enkele persoon, maar in veel gevallen ook een groepsproces. Denk bijvoorbeeld aan brandweerlieden die van elkaar willen en moeten weten wat ze doen en waar ze zich bevinden. Dit geldt ook voor de inzet van hulpverleners (politie, brandweer en ambulance) bij meer omvangrijke incidenten. Een ander voorbeeld is de cockpitbemanning. Vaak is het onmogelijk voor één persoon om een situatie compleet te overzien en te begrijpen. Elkaar aanvullen is een noodzaak en een kracht. Een consistent en gezamenlijk bewustzijn is in dit soort gevallen zeer belangrijk om de juiste beslissingen te kunnen nemen. Bovendien geldt ook hier de stelregel: twee weten meer dan één.

Communicatie, het uitwisselen van kennis en informatie, is een belangrijke pijler voor het verkrijgen van gezamenlijk bewustzijn. Veel ongelukken ontstaan door miscommunicatie en de daaraan gerelateerde incorrecte besluitvorming.

4. Ambient Intelligence en veiligheid op werk

Ongevallen zijn vaak te wijten aan menselijk gedrag, hoe mensen met elkaar omgaan en hoe ze met risico's en richtlijnen omgaan. Bewust bezig zijn met veiligheid, 'safety awareness', is een noodzakelijke voorwaarde voor veiligheid op de werkvloer. Door middel van cursussen, trainingen en 'risk assessment' kan een beter begrip en draagvlak gecreëerd worden voor veiligheid op de werkvloer. Dit is vooral het terrein van de Arbowerkgever.

Omgevingsbewustzijn is echter ook belangrijk voor veiligheid op de werkvloer. Een adequaat inzicht in de huidige situatie is belangrijk om de gevolgen van bepaalde handelingen te kunnen beoordelen in relatie tot veiligheid op de werkvloer en om nadelige gevolgen te kunnen vermijden. Een volledig en correct inzicht in de situatie stelt je in staat om de mogelijke risico's van een actie beter in te schatten en te minimaliseren, zodat het risico op ongelukken wordt gereduceerd.

Als echter het inzicht in de situatie verslechterd of als de situatie te complex wordt, dan is de bekwaamheid om de gevolgen van acties te voorspellen ook minder. Daardoor neemt het risico op ongelukken toe. Dit risico is zeker aanwezig bij veiligheid op het werk, omdat veiligheid over het algemeen niet het primaire doel is van de uit te voeren taak. Het primaire doel van een activiteit is een on-

derhoudstaak of een constructietaak. Het is aannemelijk dat het primaire doel de aandacht en het cognitieve vermogen volledig in beslag nemen, zodat de aandacht voor veiligheid vermindert. Dit is waar Ambient Intelligence een rol kan spelen en kan bijdragen aan een intelligente omgeving die veiligheid op de werkvloer als primair doel heeft en die is geïntegreerd in de werkomgeving, kleding, gereedschap en machines, waarbij de werknemer centraal staat.

5. Invloed van omgevingsfactoren

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op omgevingsfactoren die de veiligheid op de werkvloer beïnvloeden. Dit kunnen directe factoren zijn, zoals schadelijke stoffen, maar ook indirecte factoren zoals klimaat die bepalen of een werknemer de werkomgeving al dan niet als aangenaam ervaart. Dit kan indirect weer van invloed zijn op de veiligheid.

Het zogenaamde SHEL-model (Hawkins, 1975) is een veel toegepast model om de rol van menselijke factoren in zijn omgeving te bestuderen.



Figuur 4: Het SHEL-model

Het SHEL-model bestaat uit:

- Software (S), bestaande uit procedures, symboliek en regelgeving.
- Hardware (H), bestaande uit gereedschap, machines en instrumenten.
- Liveware (L), de mens in het systeem.
- Environment (E), de omgeving waarin het L-H-S systeem moet functioneren bestaande uit de natuurlijke omgeving, maar ook het sociale en economische klimaat.

Liveware, de mens, is de centrale component van het SHEL-model. Maar dat is tegelijk ook de component die het minst voorspelbaar is en het meest ontvankelijk voor individuele verschillen zoals ervaring, opleiding, etnische verschillen en leeftijd, zoals blijkt uit onderzoek van TNO, 2010 en Van Houten en Teeuw, 2011. De invloed van leeftijd komt bijvoorbeeld tot uiting in oplopende reactietijden, verslechtering van het perceptievermogen (zien en horen), aandachtverlies en een verminderd geheugen.

Daarnaast spelen interne factoren een rol die de kwaliteit van het functioneren beïnvloeden zoals honger, vermoeidheid en motivatie.

6. Het ontstaan van risico's

Het SHEL-model stelt ons in staat om de vier interfaces van de Liveware-component te analyseren die het menselijk functioneren beïnvloeden. Dit is samengevat in onderstaande tabel.

Interface	Factoren	Effect
Liveware - Hardware	Mens- Machine- Interface, productontwerp, fysieke eigenschappen, ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onjuist gebruik van machines en instrumenten ▪ Verwondingen
Liveware - Software	Checklijsten, handboeken, regels en afspraken	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onjuiste handelingen en afwijkende procedures
Liveware - Environment	Schadelijke stoffen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misselijkheid en flauwte ▪ Allergie en vergiftiging ▪ Brand en explosiegevaar
	Straling (UV, IR, EM)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Huid- en oogaandoeningen ▪ Kanker
	Klimaat (temperatuur, licht, vochtigheid)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minder weerstand en minder waakzaam ▪ Irritatie en hoofdpijn
	Schokken en trillen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rug- en armlachten ▪ Los raken van (machine)onderdelen
	Psychologische factoren zoals werkdruk, tijdsdruk, stress en privéomstandigheden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentratie- en motivatieverlies ▪ Geïrriteerd en overspannen
Liveware - Liveware	Samenwerking, leiderschap, communicatie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Miscommunicatie, onbegrip, onwil

Tabel 1: Beïnvloedingsfactoren

Bovenstaande tabel geeft een opsomming van meer statische omgevingsfactoren in de zin dat ze de uitvoering van de werkzaamheden beïnvloeden maar de werkzaamheden zelf niet veranderen. Speciale aandacht moet worden gegeven aan dynamische factoren. Dit zijn factoren die elk van de vier interfaces kunnen beïnvloeden en veranderen. Deze veran-

deringen vormen een potentieel risico, omdat ze de dagelijkse routine verstoren. Voorbeelden daarvan zijn de introductie van ander gereedschap, andere collega's en andere procedures als gevolg van automatisering. Maar ook het uitvallen van de stroom en storing aan machines vallen hieronder.

Niveau 2-fouten: inzicht

Niveau 2-fouten hebben betrekking op het onjuist interpreteren en combineren van informatie. Een beperkt of onjuist inzicht in de situatie werkt door in de projectie en kan aanleiding zijn tot het nemen van verkeerde beslissingen.

Een beperkt of onjuist inzicht in de situatie ontstaat door:

- Het ontbreken van een correct (mentaal) model, bijvoorbeeld hoe een bepaalde machine precies werkt.
- Niet in staat zijn om de juiste informatie te combineren.
- Het gebruik van een onjuist (mentaal) model, dat er bijvoorbeeld vanuit gaat dat een hijswerktuig of heftruck een zwaar gewicht kan tillen, terwijl dat niet zo is.
- Te veel vertrouwen in standardsituaties. Dit doet zich voor als iemand iets vergeet en besluit om dan maar de gebruikelijke, routinematige procedures en handelingen te volgen. Routinematig handelen wordt veelal onbedachtzaam gedaan (verminderde alertheid). Routine matig handelen gaat ook uit van een bestaand verwachtingspatroon, bijvoorbeeld de werking van een machine, terwijl er juist een onderdeel kapot is.

Omgevingsfactoren, werkdruk en sociaal-psychische factoren kunnen het proces van omgevingsbewustzijn negatief beïnvloeden. Dit kan op alle drie niveaus: perceptie, inzicht en projectie. Omdat omgevingsbewustzijn een cognitief en causaal proces is, werken fouten op het ene niveau door in het daarop volgende niveau.

Niveau 1-fouten: perceptie

Veel problemen met omgevingsbewustzijn ontstaan in de perceptiefase, waarin een beeld wordt opgebouwd van de situatie. Het kan leiden tot een verkeerd inzicht op grond waarvan verkeerde handelingen worden verricht met alle mogelijke gevolgen van dien.

Een beperkte of verkeerde perceptie kan ontstaan door:

- Informatie wordt niet (kan niet worden) gezien, gehoord of gemeten.
- Informatie wordt genegeerd bijvoorbeeld vanwege werkdruk of tijdsdruk.
- Informatie wordt vergeten.
- Geen of onvoldoende communicatie.

Het risico van perceptie is dat het onvolledig is, in de zin dat niet alle relevante informatie is waargenomen en bewaard. Het menselijk perceptievermogen is beperkt, soms vooringenomen en selectief en gevoelig voor vergeetachtigheid.

Niveau 3-fouten: projectie

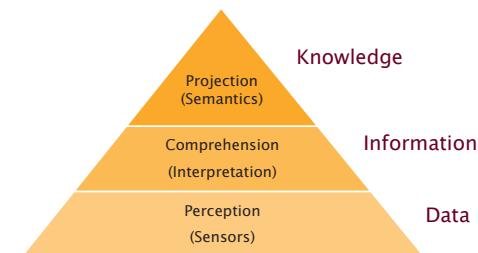
Niveau 3-fouten ontstaan als het effect van bepaalde handelingen op de situatie verkeerd wordt ingeschat. Een onjuiste projectie kan leiden tot het verkeerd inschatten van een gevaarlijke situatie.

Een onjuiste projectie ontstaat door:

- Het ontbreken van een correct (mentaal) model, bijvoorbeeld een heftruckbestuurder die niet anticipeert op het feit dat door de lading de stabiliteit van de truck anders is geworden.
- Overprojectie van ontwikkelingen, bijvoorbeeld het te veel compenseren bij het in onbalans raken van een stelling, waardoor een tegenovergesteld resultaat wordt bereikt.

7. Het verbeteren van omgevingsbewustzijn

In de twee vorige hoofdstukken zijn de oorzaken en mogelijke gevolgen van een gebrek aan omgevingsbewustzijn besproken. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op mogelijkheden om omgevingsbewustzijn te verbeteren en daarmee de veiligheid op de werkvloer. Tot nu toe is in algemene zin naar dit proces gekeken, hoe het tot stand komt en welke factoren daarbij een positieve dan wel negatieve invloed hebben. In dit hoofdstuk wordt vooral langs de technologische as gekeken hoe omgevingsbewustzijn te verbeteren is. Dit wordt weer gedaan aan de hand van het Endsley-model voor omgevingsbewustzijn dat het proces beschrijft om van ruwe data te komen tot kennis en inzicht.



Figuur 5: Endsley-model met semantiek

De belangrijkste onderdelen van het semantische model zijn:

1. Sensoren voor het meten van de componenten van het SHEL-model: software, hardware, omgeving en de mens.

2. Processing om van ruwe data te komen tot informatie over de situatie onder meer door het combineren en interpreteren van waarnemingen.
3. Semantische analyse om tot inzicht te komen over de gegeven situatie en hoe deze zich gaat ontwikkelen, onder meer door redenering aan de hand van beschikbare informatie en gebruik makend van modellen.

Data processing en semantische analyse worden hier samengenomen. In de literatuur (zie bijvoorbeeld Cook et al, 2009) wordt daar ook niet echt onderscheid in gemaakt. Het verschil tussen beide zit vooral in de mate van domeinkennis dat in de analyse wordt meegenomen, in de vorm van modellen, regels en patronen. Maar dat onderscheid is soms vaag en wordt hier daarom niet gemaakt.

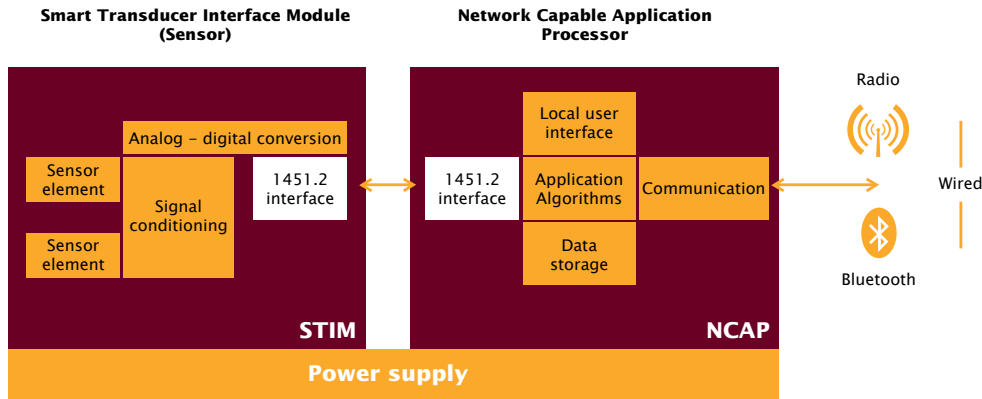
In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op de twee onderdelen sensoren en op sensordataprocessing en semantische analyse. Daarbij wordt een stand van zaken ('state of the art') en een vooruitblik gegeven naar verwachte ontwikkelingen ('trend en roadmap').

Sensoren

Terminologie

In de literatuur komt men verschillende begrippen tegen, zoals sensorelement, sensor en smart sensor.

De IEEE 1451.2-standaard definieert een smart sensormodel dat is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 6: IEEE 1451.1 Smart Sensormodel (schematisch)

Sensorelement

Een sensorelement is een fundamenteel omzettingsmechanisme dat één vorm van energie omzet in een andere vorm. Sommige sensoren bevatten meer dan één sensorelement.

Sensor

Een sensor is één of meer sensorelementen inclusief verpakking, elektronica en externe verbindingen (het STIM module in figuur 6).

Smart sensor

Een smart sensor is een sensor met de daarbij behorende (applicatie) processing, dataopslagfaciliteiten en communicatiefaciliteiten (het NCAP module in figuur).

Tabel 2: Definities

Een sensorelement kan een eenvoudige transducer zijn of een complete MEMS (Micro Elektro Mechanisch Systeem). Een camera met een video-uitgang is een voorbeeld van een sensor die licht (een

elektromagnetische golf) omzet in een analoge of digitale videosignaal. Een bewegingssensor zet optische of akoestische veranderingen om in een elektrisch signaal dat een buitenverlichting kan

doen aangaan. Het begrip 'sensor node' is een alternatief voor het begrip smart sensor, waarbij node duidt op een node in een netwerk van sensoren.

vormt de basis van het Endsley-model en wordt gerealiseerd door gebruik te maken van een verscheidenheid aan sensoren. Sensoren kunnen worden ingedeeld afhankelijk van de parameter die wordt gemeten. Hier wordt onderscheid gemaakt in de volgende categorieën die relevant zijn voor veiligheid op de werkvloer:

Type sensoren

Sensortechnologie speelt een belangrijke rol bij omgevingsbewustzijn. Perceptie

Omgevingssensoren

Omgevingssensoren meten onder andere licht, lucht (bijv. O₂, CO₂, verontreinigingen), straling, temperatuur, vochtigheid en geluid. Het detecteren van schadelijke gassen en branddetectie zijn typische toepassingen van omgevingssensoren. AALIANCE bevat uitgebreide 'roadmaps' van een aantal gassensoren, inclusief sensoren voor branddetectie.

Bewegingssensoren

Bewegingssensoren meten de aanwezigheid van bewegende voertuigen, personen en andere bewegende objecten in de omgeving. Bewegingssensoren worden ook gebruikt voor het volgen ('tracking' van objecten en voor het identificeren van personen met behulp van tags. Bewegingssensoren worden vooral toegepast bij de bewaking en beveiliging van objecten. Bewegingssensoren kunnen passief of actief zijn. Een passieve sensor, zoals een camera, reageert op optische veranderingen in de omgeving. Actieve sensoren zenden pulsen uit en meten de reflectie van bewegende objecten, zoals een radar (microgolven) en een parkeersensor (ultrasone golven).

Lichaamssensoren

Lichaamssensoren meten functies van het menselijk lichaam zoals temperatuur, hartslag, bloeddruk, ademhaling en in meer algemene zin de menselijke vitaliteit. Lichaamssensoren worden toegepast in de sport en medische wetenschap.

Fysiologische sensoren

Fysiologische sensoren zijn in feite 'smart' lichaamssensoren die de emotionele toestand van een persoon bepalen door het processen en analyseren van fysieke parameters. Kenmerkende parameters voor de emotionele toestand zijn onder andere hartslag en ademhaling, maar ook gezichtsuitdrukking, lichaamshouding en 'gebarentaal' (gestes). Fysiologische sensoren worden toegepast in slimme omgevingen (smart environments) zoals de woon- en werkomgeving.

Diagnostische sensoren

Diagnostische sensoren zijn sensoren die de werking en het gebruik van machines monitoren. Diagnostische sensoren worden vooral gebruikt voor het vaststellen van (preventief) onderhoud.

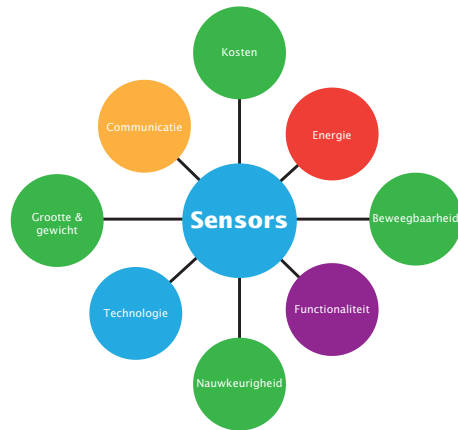
Tabel 3: Type Sensoren

Algemene kenmerken

In de vorige paragraaf is een indeling gemaakt van sensoren gebaseerd op gebruik en toepassingsgebied. De onderliggende technologie (sensor en sensorelement) kan in gevallen dezelfde zijn.

Ongeacht het toepassingsgebied worden sensoren ook gekenmerkt door een aantal algemene parameters. Het belang van die parameters is sterk afhankelijk van de specifieke toepassing. Maar het zijn wel deze parameters die maatgevend zijn voor ontwikkelingen op het gebied van sensoren. Algemene sensorparameters die hier worden beschreven zijn ondermeer (zie ook *Figuur 7*)

- Kosten.
- Grootte en gewicht.
- Energieverbruik.
- Nauwkeurigheid en gevoeligheid.
- Communicatie mogelijkheden.
- Functionaliteit.
- Bewegbaarheid.



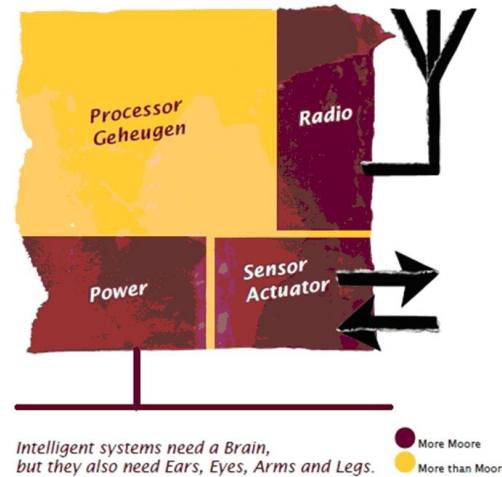
Figuur 7: Algemene sensorparameters

Het gaat te ver om hier uitgebreid in te gaan op al deze parameters. De parameters zijn bovendien niet allemaal onafhankelijk van elkaar, dat wil zeggen orthogonaal ten opzichte van elkaar. De ene parameter beïnvloedt andere parameters. Daarom wordt hier ingegaan op een select aantal sensorparameters, die maatgevend worden geacht voor toekomstige ontwikkelingen.

Technologie

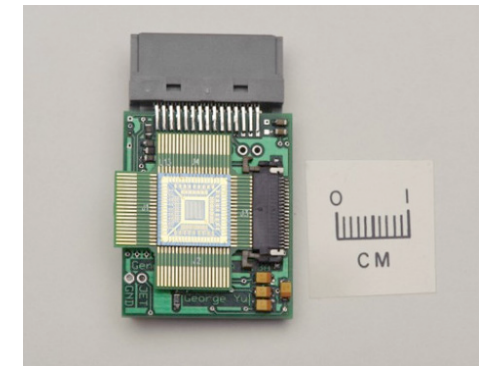
Sensortechnologie ontwikkelt zich snel in positieve zin als het gaat om grootte, kosten, energieverbruik, nauwkeurigheid, integratie en functionaliteit (intelligentie). Dit is vooral te danken aan de ontwikkelingen op het gebied van semiconductor technologie, nanotechnologie en MEMS-technologie (Yurish. 2011) en AALIANCE. Dit heeft inmiddels geleid tot uitdrukkingen als Lab-on-Chip en Sensor-

on-Chip met een grootte van enkele mm². De verwachting is dat daardoor de sensormarkt de komende jaren sterk groeit en vooral die van sensoren gebaseerd op MEMS-technologie. MEMS-technologie is zeer geschikt voor embedded toepassingen. Sensortoepassingen van MEMS zijn ondermeer druksensoren, versnellings-sensoren, licht- en geluidssensoren.



Energieverbruik

Voeding en energieverbruik zijn kritische en vaak beperkende factoren bij het gebruik van sensoren en sensornodes. Als een vaste ('wired') voeding een optie is, of als dagelijks herladen van de batterij een optie is, dan is het probleem beperkt. Maar in sommige gevallen zoals bij embedded toepassingen en draadloze sen-



Figuur 8: Sensor-on-Chip

sornetwerken is dit geen optie. Het credo is dan energiezuinigheid. Omdat communicatie qua energieverbruik de duurste component is, is het van belang communicatie tot het echt noodzakelijke te beperken. Het protocol stack speelt hier ook een rol: is deze geoptimaliseerd voor lage snelheden of juist voor hoge snelheden.

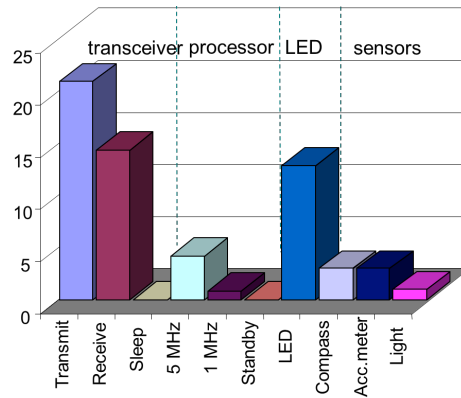
MEMS-technologie is ook hier van belang in de vorm van miniaturisatie van energiebronnen (AALIANCE).

Een andere belangrijke ontwikkeling is die van 'energy harvesting' en 'energy scavengers' (Kansal et. al., 2006). 'Harvesting' is het onttrekken en opslaan van energie uit de omgeving, zoals wind en zonlicht, of uit beweging en aanwezige elektromagnetische signalen. Het uiteindelijke doel van 'harvesting' is te komen tot de energieneutrale werking van sensornodes.

Beweegbaarheid

De beweegbaarheid van een sensor geeft aan of de sensor 'fixed', draagbaar of mobiel is. Een vaste sensor is onderdeel van de omgeving. Draagbare sensoren zijn verwerkt in kleding of anderszins. Draagbare sensoren fungeren als een persoonlijk schild. Mobiel betekent dat de sensor zich al dan niet autonoom kan voortbewegen. Mobiele sensoren zijn het terrein van de robotica. De autonomie van (meerdere) multimodale mobiele sensoren is nog in onderzoek (zie bijvoorbeeld Hew, 2006).

Mobiele sensoren zijn zeer geschikt voor het onderzoeken van voor de mens vijandige omgevingen en voor het verschaffen van een helikopterview bij calamiteiten. Mobiele sensoren zijn nog volop in ontwikkeling.



Figuur 9: Energieverbruik sensornode [mW]



Nabaztag



E-puck

Figuur 10: Mobile sensoren

Communicatie

Communicatie is een belangrijke parameter van sensoren. Communicatie vormt de basis van draadloze sensornetwerken. Communicatie geeft aan dat meetgegevens verdeeld kunnen worden, zodat informatie van gedistribueerde sensoren gezamenlijk kan worden verwerkt. Communicatie kan draadloos zijn of vast ('wired'). Smart sensors, zoals bewakingscamera's, zijn tegenwoordig standaard voorzien van GSM of WiFi faciliteiten (het 'sensorweb'). Kleinschaligere netwerken, zoals een Body-Area-Network, maken gebruik van Bluetooth, Infrarood (IrDA) of Ultra Wide Band (UWB).

De trend is dat sensorcommunicatie steeds meer gebaseerd zal zijn op standaard mobiele communicatieprotocollen (AALIANCE).

Trends in sensoren

Uit extrapolatie van de ontwikkelingen in de afgelopen decennia en uitgesproken verwachtingen zoals hiervoor beschreven, komen een aantal vooruitzichten naar voren:

- De miniaturisatie van sensoren zet door. Dat heeft te maken met de ontwikkelingen in de semi-conductorindustrie en met de voortgang in de nanotechnologie.
- Sensoren worden gevoeliger en nauwkeuriger. Hierbij moeten we opmerken

dat niet alle beschikbare sensoren ook goedkoper en nauwkeuriger worden. Er is onderscheid tussen goedkoop geproduceerde sensoren op basis van bekend concepten en gespecialiseerde nieuwe sensoren op basis van schaarse materialen en nieuwe concepten die nog niet in massaproductie worden toegepast.

- Sensoren worden energiezuiniger.
- Sensoren worden goedkoper en komen steeds meer als off-the-shelf componenten beschikbaar.
- Sensoren worden slimmer, omdat steeds meer embedded processing zal plaatsvinden
- Sensoren zullen makkelijker geïntegreerd kunnen worden, omdat ze standaard voorzien worden met communicatiefaciliteiten. De verwachting is dan ook dat sensoren op grote schaal toegepast gaan worden in consumentenproducten en op ad-hoc basis een groter sensornetwerk zullen vormen (PAN, BAN, WLAN).

Om het bovenstaande te realiseren moeten in de komende jaren enkele hindernissen worden genomen. Die hebben te maken met:

- De beschikbaarheid van energie en het onttrekken van energie op de plek waar de sensoren zich bevinden. Bijvoorbeeld op het lichaam, verweven in kleding of in de vrije natuur.

- De schaarste en prijs van bepaalde grondstoffen en materialen.
- De autonomie van mobiele sensoren.

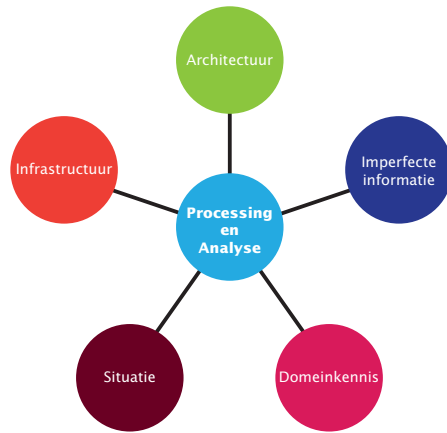
Informatieprocessing en semantische analyse

Sensoren zijn een noodzakelijke voorwaarde voor het verkrijgen van omgevingsbewustzijn. Maar de ruwe data als zodanig zijn vaak niet voldoende om inzicht in de situatie te verkrijgen. Daarvoor moet de ruwe data geanalyseerd, geïnterpreteerd en geëvalueerd worden en vergeleken worden met data uit andere bronnen. Automatische verwerking is noodzakelijk vanwege de soms grote gegevensstromen, de complexe situaties en de tijdsdruk waaronder één en ander plaatsvindt. De menselijke vermogens schieten in dat soort situaties te kort.

Algemene kenmerken

Algemene kenmerken die bij informatieprocessing en analyse een rol spelen zijn ondermeer (zie ook figuur 11):

- Architectuur.
- Imperfecte informatie.
- Infrastructuur.
- Het type situatie.
- De inbreng van domeinkennis.



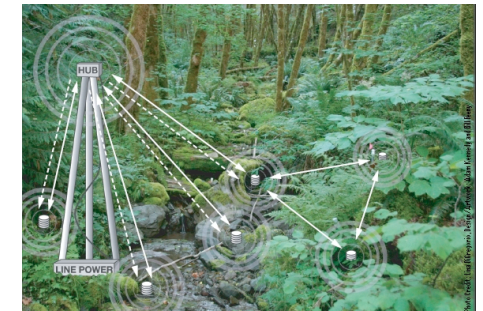
Figuur 11: Aspecten van informatieprocessing en -analyse

Architectuur

Architectuur geeft aan of gegevens lokaal verwerkt worden, dan wel centraal op een server of gedistribueerd in het netwerk. Als er geen communicatie faciliteiten zijn, dan is lokale verwerking de enige optie. Maar ook met communicatiefaciliteiten is lokale verwerking zinvol, opdat alleen werkelijk interessante informatie gecommuniceerd wordt. Zowel in het centrale als in het gedistribueerde model worden sensorgegevens verzameld van mogelijk ongelijksoortige bronnen om vervolgens meer nauwkeurige en meer complete informatie te genereren.

Gedistribueerde verwerking heeft ten opzichte van centrale verwerking de voordelen van schaalbaarheid, fouttolerantie, efficiënt gebruik van communicatie faciliteiten en het kunnen omgaan met dynamische veranderingen in het netwerk

(Khan, 2004). Methoden en technieken voor het centraal dan wel gedistribueerd combineren van gelijksoortige informatie worden al veel toegepast, vaak gebaseerd op Kalman-Filter technieken (Abdelgawad en Bayoumi, 2011). Het combineren en correleren van heterogene, multimodale sensorinformatie is nog in ontwikkeling.



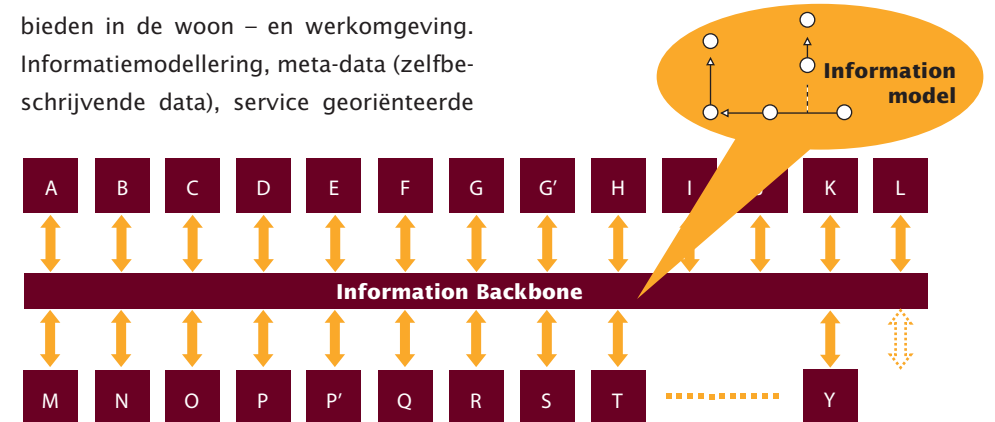
Figuur 12: Gedistribueerd sensornetwerk (<http://oregonstate.edu/feel/about>)

Infrastructuur

De infrastructuur (ook wel 'middleware') zorgt ervoor dat de verschillende gedistribueerde componenten (sensoren en apparaten) met elkaar geïntegreerd zijn op een zodanig niveau dat informatie kan worden uitgewisseld en dat die informatie ook begrepen wordt. Men spreekt van een geïntegreerd sensornetwerk (sensor web) dat verschillende services kan bieden in de woon – en werkomgeving. Informatiemodellering, meta-data (zelfbeschrijvende data), service georiënteerde

architecturen en standaardisatie zijn belangrijke pijlers van geïntegreerde sensornetwerken.

Een belangrijk ander kenmerk van een geïntegreerd sensornetwerk is de mogelijkheid om met dynamische veranderingen om te kunnen gaan zoals nieuwe sensor nodes: het 'plug-and-play'-model (Cook et. al. 2009).



Figuur 13: Gemeenschappelijk informatiemodel als bindmiddel

Situatie

Niet iedere situatie is dezelfde en vereist dezelfde respons. Onderscheid kan worden gemaakt in:

- Kritieke situaties die acuut gedetecteerd moeten worden door online en real-time analyse van de gegevensstroom.
- Het monitoren van (de werking van) machines voor preventief onderhoud. Real-time analyse is in dit geval niet noodzakelijk.

Tussen deze twee uiterste situaties komt een geleidend verloop voor van situaties die meer dan wel minder real-time analyse vereisen. Denk bijvoorbeeld aan de aanwezigheid van personen of voertuigen die niet een direct gevaar vormen, maar wel de continue aandacht vereisen.

Domeinkennis

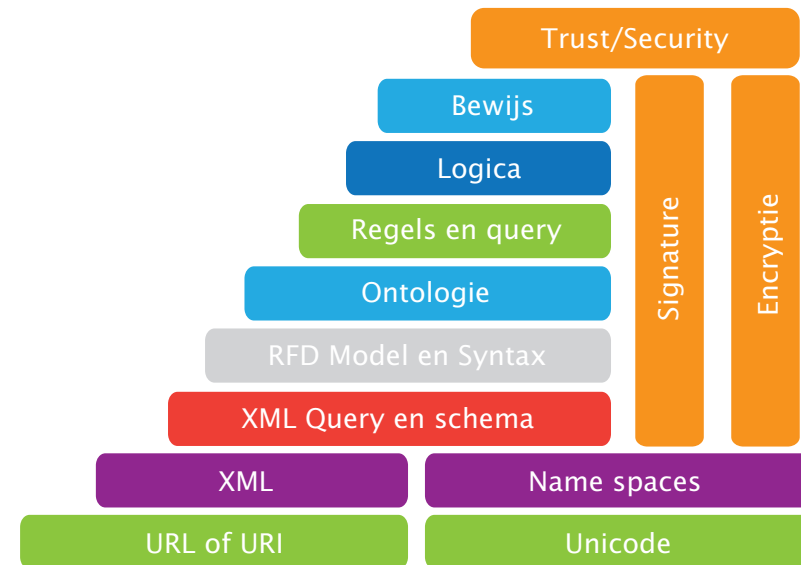
Methoden en technieken voor het verkrijgen van kennis en inzicht onderscheiden zich in de mate waarin en de manier waarop domeinkennis wordt meegenomen in de analyse. Domeinkennis kan bestaan uit modellen, historische gegevens, patronen en uit relaties tussen objecten.

Een voorwaarde is dat modellen met imperfecte gegevens moeten kunnen omgaan. Sensoren kunnen onnauwkeurig zijn, waardoor de data ruis bevatten of zelfs uitschieters. Ook kan een sensor (tijdelijk) uitvallen met als gevolg ontbrekende waarden.

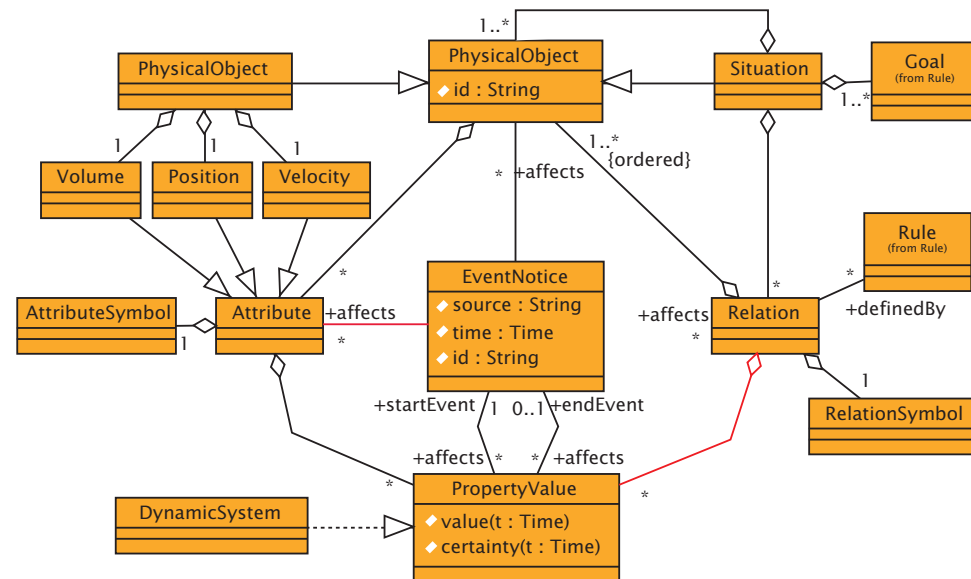
Modellen kunnen onderverdeeld worden in statistische modellen (Bayesian, Markov), in modellen gebaseerd op a priori kennis en in zelflerende modellen (neurale netwerken). AALIANCE geeft een uitgebreid overzicht van modellen en redeneermethoden.

Domeinkennis in de vorm van objecten, relaties en patronen wordt vaak vastgelegd door middel van een ontologie. Een ontologie is een gestructureerd datamodel, inclusief metadata, met objecten en relaties tussen objecten. Aan een ontologie kunnen (domein) regels worden toegevoegd waardoor een semantisch rijker model ontstaat (vergelijk het semantisch web, figuur 14). Een semantisch model (de ontologie) moet met de ruimtelijke en tijdelijke kenmerken van objecten en relaties kunnen omgaan (Sketh et. al., 2008 en Cook et. al., 2009).

Er bestaat een core ontologie voor 'situation awareness' (Matheus et. al, 2003). De belangrijkste elementen van die core ontologie zijn objecten, relaties, doelen en events (zie figuur 15). De core ontologie is toegepast in een militaire context met domeinspecifieke extensies. Een toepassing in het kader van veiligheid op de werkvloer is er nog niet.



Figuur 14: Semantisch Web



Figuur 15: Core Ontologie voor Situation Awareness (Matheus et. al., 2003)

Trends in informatie-processing en semantische analyse

Uit de voorgaande analyse van de kenmerken van informatieprocessing en -analyse komen een aantal vooruitzichten naar voren:

- Verdergaande standaardisatie op het gebied van middleware, waardoor spontaan geïntegreerde, intelligente sensornetwerken kunnen worden gevormd (het sensor web).
- Tendens naar gedistribueerde processing in sensornetwerken, mede mogelijk gemaakt door steeds slimmer wordende sensornodes.
- Verdergaande toepassing van domeinkennis in de vorm van modellen, ontologie en redeneermethodieken om kennis en inzicht in de situatie te vergroten.
- Real-time analyse van gegevensstromen om kritieke situaties tijds te onderkennen.

Om bovenstaande te realiseren moeten de komende jaren nog enkele hindernissen genomen worden. Die hebben te maken met onder andere:

- Integratie van multimodale sensorinformatie - zoals beeld en geluid - en het formuleren van de bijbehorende semantische regels.
- Robuuste verwerkingsmethoden (ruis en ontbrekende waarden, tijdigheid van informatie).

- Het volwassen worden van domeinmodellen en ontologie en dan vooral in de context van situation awareness en veiligheid op de werkvloer. Bedenk daarbij dat er niet zoiets is als de ontologie voor een bepaald domein. Dat hangt af van de beoogde toepassing.

Informatie processing & analyse technieken

In de vorige paragraaf zijn de algemene kenmerken van informatieprocessing en -analyse van sensordata beschreven. In deze paragraaf wordt ingegaan op een aantal specifieke methoden en technieken die van belang zijn voor veiligheid op de werkvloer.

Detectie

Detectie is een relatief "simpele" techniek maar die wel van groot belang is voor veiligheid op de werkvloer. Het is het detecteren van potentieel gevaarlijke situaties waarbij gedacht kan worden aan:

- Gevaarlijke concentraties chemische stoffen.
- Branddetectie.
- Gevaarlijke stralingsniveaus.
- De aanwezigheid van personen en objecten in een afgeschermd omgeving.
- Kwetsbare plekken in beschermende kleding.

De basistechniek van detectie is het vergelijken van gemeten waarden met vooraf ingestelde referentiewaarden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van omgevings- en bewegingssensoren. Detectie kan plaatsvinden met een enkele, draagbare sensor of door een netwerk van sensoren in een bepaalde ruimte. Een enkele sensor kan valse alarmeringen als nadeel hebben. Modaliteit kan dit verbeteren, bijvoorbeeld door bij branddetectie temperatuurmetingen te combineren met CO₂-metingen.

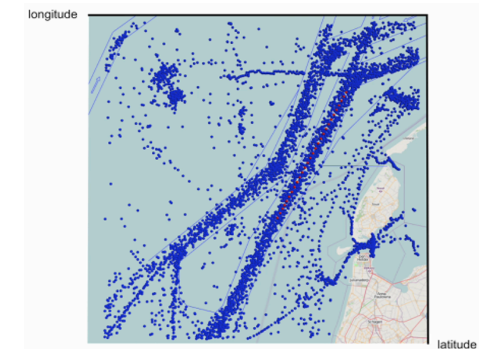
Anomaliedetectie

Anomaliedetectie is een vorm van detectie waarbij het gaat om het detecteren van afwijkend gedrag, dat aanleiding kan zijn tot mogelijk gevaarlijke situaties. Afwijkend gedrag heeft betrekking op mensen en machines. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Verkeerd gebruik van apparatuur.
- Het niet volgen van veiligheidsprocedures.
- Defecte werking van apparatuur.

Anomaliedetectie is gebaseerd op domeinkennis in de vorm van procedures en patronen. Dat kan a priori informatie zijn maar ook zelflerend door patroonherkenning en 'history learning'. Anomaliedetectie is niet triviaal want anomalieën zijn juist de uitzonderingen op de regel en de 'naald in de hooiberg'. En het moet

ook nog redelijk real-time gebeuren. De inbreng van domein kennis in de vorm van patronen en regels is daarom essentieel. Afhankelijk van de toepassing kan anomaliedetectie gebaseerd zijn op camera's en bewegingssensoren, of met speciale sensoren voor het monitoren van de werking van machineonderdelen (diagnostiek).



Figuur 16: Anomalie detectie in het scheepvaartverkeer

Identificatie

Identificatie is het vaststellen van de identiteit van personen. In het kader van veiligheid op de werkvloer is identificatie belangrijk vanwege:

- Autorisatie: is de betreffende persoon wel bevoegd om bepaalde handelingen te verrichten?
- Personalisatie: op basis van persoonlijke voorkeuren omgevingsfactoren zodanig beïnvloeden dat hij of zij zich prettiger voelt en alerter blijft.

8. Conclusies en aanbevelingen

Identificatie is van oorsprong gebaseerd op spraakherkenning en gezichtsherkenning, gebruikmakend van camera's (daglicht en infrarood) en microfoons. Deze vorm van identificatie vereist de nodige processing. Ook andere biometrische kenmerken worden gebruikt voor identificatie zoals vingerafdrukken, irisscan en DNA.

Het gebruik van RFID-tags is in opkomst (Pauwels et. al., 2007). RFID-tags zijn klein en hebben geen eigen energiebron nodig. RFID-tags kunnen worden ondergebracht in alledaagse objecten en in kleding. Als zodanig worden RFID-tags veel gebruikt in slimme woonomgevingen.

Tegenwoordig wordt voor identificatie ook gebruik gemaakt van Bluetooth (Hermersdorf et. al., 2006). Veel persoonlijke apparaten zoals smart phones, PDA's en laptops beschikken over een Bluetooth-interface.

Augmented reality

'Augmented reality' is het toevoegen van synthetische informatie aan de werkelijke situatie waarin men zich bevindt. Daardoor verkrijgt men een beter, semantisch rijker beeld van de situatie. 'Augmented reality' wordt al langere tijd toegepast in de militaire luchtvaart ('head-up-display'), maar wordt meer recent ook toegepast bij assemblage- en onderhoudswerkzaamheden. Vooral bij onderhoud is 'augmented reality' zeer nuttig. Onderhoud van com-

plexe machines is nodig, juist vanwege de veiligheid. Maar onderhoud is ook een risicovolle taak omdat het niet routineus is, de nodige kennis vereist en vaak onder tijdsdruk wordt uitgevoerd (down-time van het productieproces). 'Augmented reality' vereist lokalisatie en oriëntatie.



Figuur 17: Augmented reality bij onderhoud (<http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/>)

Conclusies

Het project Veiligheid op de werkvloer combineert een aantal disciplines waaronder Ambient Intelligence. In dit rapport is een eerste verkenning gedaan hoe Ambient Intelligence kan bijdragen aan veiligheid op het werk. Daarbij is vooral gekeken naar omgevingsbewustzijn, dat een belangrijk onderdeel is van Ambient Intelligence en ook cruciaal is voor het onderkennen van mogelijk gevaarlijke werksituaties. De menselijke vaardigheden schieten vaak te kort in complexe situaties. Door de grotere beschikbaarheid in de komende jaren van smart sensors kan bij mensen op de werkvloer real-time het bewustzijn van gevaar in hun situatie bevorderd worden.

Ambient Intelligence kan, effectiever dan nu het geval is, de mens ondersteunen door het verbeteren van zijn perceptie-, inzicht- en projectievaardigheden door middel van intelligentie en door interactie met de gebruiker. Domeinkennis in de vorm van modellen en regels verhoogt het inzicht in een situatie.

Aanbevelingen

De uitdaging van Ambient Intelligence en veiligheid op de werkvloer is de dimensie van het probleemgebied; het feit dat een ongeluk in een klein hoekje zit en hoe de meerwaarde van Ambient Intelligence kan worden aangetoond. Vandaar dat in samenwerking met betrokken industrieën een aantal relevante scenario's zullen worden gedefinieerd (use-cases). De scenario's geven focus en bieden de mogelijkheid om uitgangspunten vast te leggen.

- AALIANCE; *Ambient Assisted Living Roadmap*; <http://www.aaliance.eu/public/documents/aaliance-roadmap/aaliance-aal-roadmap.pdf>
- Aarts, Emile and Marzano, Stefano (2003); *The new everyday, Views on Ambient Intelligence*; Rotterdam, 2003.
- Abdelgawad and Bayoumi; *Low-Power Distributed Kalman Filter for Wireless Sensor Networks*; EURASIP Journal on Embedded Systems, Volume 2011 (2011).
- Aman Kansal, Jason Hsu, Sadaf Zahedi, Mani B Srivastava (2006); *Power Management in Energy Harvesting Sensor Networks*; ACM Transactions on Embedded Computing Systems, 2006.
- Amit Sheth, Cory Henson, and Satya S. Sahoo (2008); *Semantic Sensor Web*; IEEE Internet Computing, pp 78-83, July/August 2008.
- Asheq Khan (2004); *Data Fusion in Sensor Networks*; The State University of New York, Oct 28, 2004.
- Cook, Augusto, Jakkula (2009); *Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities*; Pervasive and Mobile Computing 5 (2009) 277 – 298.
- Endsley, Mica R. and Daniel J Garland, eds (2000); *Situation awareness analysis and measurement*; London, Erlbaum associates.
- Hawkins, H.F., 1987, *Human Factors in Flight*, Gower Technical Press Ltd.
- Hermersdorf, M, Perkiö, J, Nyholm, H, Tuulos, V, Salminen, J, and Tirri, H; *Sensing in Rich Bluetooth Environments*; In Proceedings of WSW'06 at SenSys'06, 2006.
- Hew, Patrick Chisan (2006); *The Generation of Situational Awareness within Autonomous Systems – A Near to Mid Term Study – Issues*; DSTO Information Sciences Laboratory, July 2006.
- Hone, Martin, and Ayres, 2006, *Awareness – Does the acronym SA still have any value?*; paper I-071, communication to the 11th ICCRTS conference, (Cambridge, UK).
- Houten, Y. van en Teeuw, W.B. (2011) *Risicoanalyse en pakket van eisen*, D1.1.1 RAAK-PRO Veiligheid op de Werkvloer, Saxion.
- Matheus, Kokar, Baclawski (2003); *A Core Ontology for Situation Awareness*; Proceedings of the Sixth International Conference on Information Fusion; pp 545-552; Cairns, Australia, July 2003.
- NOISH (2007), *A Technology Review of Smart Sensors With Wireless Networks for Applications in Hazardous Work Environments*; NOISH (National Institute for Occupational Safety and Health).
- NRC (1995). NRC (National Research Council), *Expanding the vision of sensor materials*, Washington, D.C.: National Academy Press. (beschikbaar op www.nap.edu)
- Pauwels, Salah, Tavenard (2007); *Sensor Networks for Ambient Intelligence*; IEEE 9th Workshop on Multimedia Signal Processing (2007).
- TNO (2010), *Monitor Arbeidsongevallen in Nederland 2008*.
- Yurish (2011); *Smart Sensor Systems Integration: New Challenges*; The 6th International Conference on Systems (ICONS 2011), St. Maarten, The Netherlands Antilles, 24 January 2011.