

Tracking and tracing: barcodes, QR-codes and beyond

Groep 5b

Tibo Geenen
Arno Geukens
Laurens Goorts
Tigo Van Roy

Supervisor: Prof. Dr. ir. Liliane Pintelon

18 mei 2020

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Definities	2
2.1	Track and Trace-methodes	2
2.2	Barcodes	2
2.2.1	Lineaire barcode	2
2.2.2	Matrix codes	3
2.3	Radio-frequency identification	3
2.4	Andere methodes	4
3	Operationeel Management	5
3.1	Material Handling	5
3.1.1	Lineaire barcode	5
3.1.2	QR-code	5
3.1.3	RFID	6
3.2	Lay-out	6
3.2.1	Lineaire barcode	6
3.2.2	QR-code	7
3.2.3	RFID	7
3.3	Warehousing	7
3.3.1	Lineaire barcode	7
3.3.2	QR-code	8
3.3.3	RFID	8
3.4	Order Picking	9
3.4.1	Lineaire barcode	9
3.4.2	QR-code	9
3.4.3	RFID	9
3.5	Managementsturing	9
3.5.1	Lineaire barcode	9
3.5.2	QR-code	10
3.5.3	RFID	10
4	Case Studies	11
4.1	London's underground railway system	11
4.2	Supermarkten	11
5	Conclusie	13

1 Inleiding

Iedereen heeft al wel eens gehoord van barcodes. Mensen uit de westerse wereld komen er dan ook bijna dagelijks mee in contact. Men doet boodschappen en alles wat rondom hen staat bevat hoogstwaarschijnlijk een barcode. Voor velen zijn dit enkel lijnen met een code, als mensen er al enigszins over hebben nagedacht. Maar een barcode is veel meer dan wat lijnen met een code, een barcode bevat wel degelijk belangrijke informatie. Op basis van zo een barcode functioneert vaak het hele magazijn achter een grootwarenhuis waar dat de boodschappen gedaan worden. Hier wordt duidelijk dat dit een 'track and trace-methode' is. Op basis van deze barcodes kan men al snel zien welke producten arriveren in het grootwarenhuis evenzeer als welke producten het grootwarenhuis verlaten. Elk product moet echter mee met zijn tijd, zo zal ook hier op basis van behoefteherkenningen, innovatie zijn werk doen. Zo ontstonden de QR-codes en nog recenter de RFID-tags. Deze worden bijvoorbeeld gebruikt bij het contactloos betalen, het uitlenen van boeken in bibliotheken, het beschermen van kleren tegen diefstal... en hebben eveneens dus ook functie binnen een 'track and trace-methode' omwille van de opslagmogelijkheden van essentiële informatie. Hier volgt een paper die de invloed van de verschillende 'track and trace-methodes' op het operationeel management beschrijft.

Deze paper begint met een kort overzicht van de definities van de verschillende 'track and trace-methodes' in Sectie 2 die verder gebruikt zullen worden. Verder zal er toelichting volgen in Sectie 3, waarbij duidelijk wordt wat de invloed is op het operationeel management. Sectie 4 bespreekt twee case studies waarin duidelijk de gevolgen van een bepaalde 'track and trace-methode' op het operationeel management zichtbaar zijn. Ten slotte kan in Sectie 5 de conclusie van de invloed van 'track and trace-methodes' op het operationeel management gevonden worden.

2 Definities

2.1 Track and Trace-methodes

Een barcode impliceert een methode om data visueel te representeren op basis van de variatie in dikte van verticale lijnen. Op dit moment bestaan er twee soorten barcodes: lineaire (1D) en matrix (2D) barcodes [1]. Door het scannen van de barcode kan er overdracht van informatie plaatsvinden. Het scannen kan gebeuren aan de hand van een optische scanner voor lineaire codes en voor matrix codes is er nood aan een camera die deze structuur kan ontleden. De derde 'track and trace-methode' is aan de hand van elektromagnetisch golven: Radio-Frequency Identification. Bij deze methode moet er niet meer specifiek een barcode gescand worden, maar kan deze tag uitgelezen worden door het uitzenden van elektromagnetische golven. Sectie 2.2 en 2.3 verduidelijken beide concepten.

2.2 Barcodes

2.2.1 Lineaire barcode

Een lineaire barcode, ook wel gekend als een streepjescode, bestaat uit een opeenvolging van verschillende verticale lijnen bijgestaan door cijfers. Door variatie in de dikte van de lijnen en lege ruimtes vormt er zich een mogelijkheid om data visueel te representeren. De cijfers zijn nodig om het mogelijk te maken de code in te geven indien de scanner de opeenvolging van strepen niet kan scannen. Door het scannen van de code kan deze data overgezet worden op een computer.

Bij deze lineaire barcode kan nog het onderscheid gemaakt worden tussen discrete en continue barcodes [2]. Een discrete barcode bevat n strepen en $n-1$ lege ruimten. De opeenvolging tussen de verschillende cijfers in de code kan verschillen in ruimte zolang deze niet verward kan worden met het einde van de code. Bij een continue code is er sprake van n strepen en n lege ruimtes. Hier is er een continue opeenvolging van cijfers en dus ook van strepen te vinden in de barcode. Deze code begint en eindigt steeds op dezelfde manier door middel van een dubbele streep op het begin en het einde.

Verder is er ook nog een opdeling in de variatie van de lijnen. Er bestaan standaarden met enkele twee mogelijk variaties in dikte van lijnen (smal en breed). De code kan ook bestaan uit meerdere diktes van lijnen, vaak gaat het hier dan om vier mogelijke diktes.

Enkele van de meeste gekende standaarden zijn UPC en EAN. Figuur 1 toont een voorbeeld van een lineaire barcode met een UPC standaard.



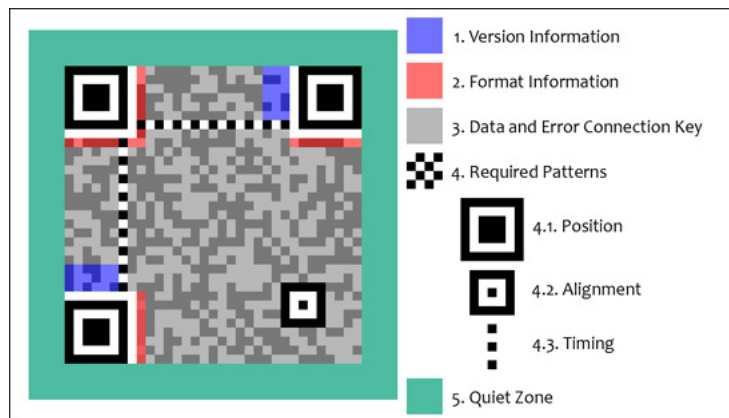
Figuur 1: UPC standaard barcode [3]

2.2.2 Matrix codes

Matrix codes zijn twee-dimensionale barcodes die, zoals de naam al verraaft, data opslaan in twee richtingen in tegenstelling tot de één-dimensionale die dat slechts doen in één richting [4]. Deze matrix code bestaat uit vierkanten of rechthoeken en punten samengebracht in één groot vierkant.

Het voordeel aan dit soort codes is natuurlijk dat er veel meer data in gestockeerd kan worden. Zo kan een matrix code al gemakkelijk meer dan 3000 tekens opslaan terwijl de limiet van de lineaire barcode al bereikt wordt op 48 tekens. Door een meer dense pakking van de data geeft dit dus ook een mogelijkheid om plaats besparend te werk te gaan. Verder is er de mogelijkheid om de code in elke mogelijk oriëntatie te scannen. Ook heeft deze matrix code een hoger robuustheid, dit wil zeggen dat deze na (kleine) beschadiging toch nog kan gescand worden. Aan een matrix code zijn natuurlijk ook nadelen verbonden. Wanneer de matrix code bijvoorbeeld onleesbaar is, is het onmogelijk om de data nog te achterhalen. Ook ligt de aankoop prijs van een 2D-scanner hoger dan de basis streepjescode scanner.

Enkele van de meest gekende standaarden binnen de matrix code zijn: Data Matrix codes, PDF codes en QR codes. Figuur 2 toont een voorbeeld van een matrix code, in dit geval een QR code, ookwel gekend als een Quick-Response code.



Figuur 2: QR standaard matrix code [5]

2.3 Radio-frequency identification

Radio-frequency identification (= RFID) is een draadloos identificatie systeem dat gebruikt maakt van elektromagnetisch velden. Door de aanwezigheid van een RFID-tag op bepaalde objecten kunnen deze geïdentificeerd worden. Binnen RFID bestaan de volgende drie types [6]:

1. Actieve RFID
2. Semi-actieve RFID
3. Passieve RFID

Het grote onderscheid tussen een actieve en een passieve RFID-tag is de aanwezigheid van een energiebron in de actieve RFID-tag. Deze actieve tags genereren en zenden een eigen signaal uit. De passieve RFID-tags bevatten daarentegen geen energiebron en zenden zelf geen signaal uit. Wanneer een RFID-lezer een signaal uitzendt aan de hand van elektromagnetische golven, zal deze passieve tag op basis van de EM golven een signaal kunnen genereren. Door de afwezigheid van een energiebron in de passieve tag kan de prijs enorm gedrukt worden. Helaas zorgt dit ook voor nadelen, zo zal de afstand nodig om het signaal op te vangen veel korter zijn. Het gebruik van deze passieve tags situeert zich daardoor ook vooral in het supply chain management, terwijl

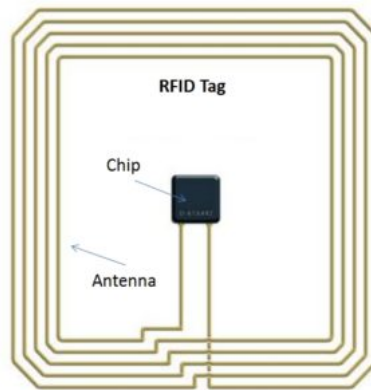
actieve tags vooral gebruikt worden voor determinatie van de gps-locatie [6].

Een verdere verdeling is mogelijk op basis van de frequentie waarop signaaloverdracht plaatsvindt. Er zijn vier mogelijke frequentiegebieden. Volgende opsomming geeft de mogelijke frequentiegebieden weer [6][7].

1. Lage frequentie (125 - 134 KHz)
2. Hoge frequentie (13.56 MHz)
3. Ultra hoge frequentie (865 - 960 MHz)
4. Microgolven (2.45 GHz)

Elk van deze frequentie heeft eigen specifieke toepassingen op basis van de verschillende eigenschappen van de verschillende frequentiegebieden. Een gedetailleerde uitleg op basis van de verschillende frequenties is overbodig voor het begrip van het vervolg van de paper.

Een passieve RFID-tag bestaat uit 2 belangrijke componenten: een chip en een antenne. Voor een actieve tag komt er natuurlijk nog een energiebron, zoals een batterij bij. Een versimpelde voorstelling van een RFID-tag is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Versimpelde weergave passieve RFID-tag [8]

2.4 Andere methodes

Verder zijn er nog verschillende andere track and trace-methodes. Volgende niet-exhaustieve opsomming geeft nog enkele verder methodes weer [9]:

- Magnetische strip
- Machine vision
- Portable data terminal
- Electronic data interchange

De verdere bespreking van deze methodes vallen buiten het bestek van deze paper.

3 Operationeel Management

3.1 Material Handling

Material handling is zo goed als onmogelijk zonder een goede manier om het product te identificeren. Deze identificatie zorgt er niet enkel voor dat de inventory van het warehouse ten alle tijde in orde is, maar ook dat de plaats van de producten gekend is. Op deze manier kunnen de handlers deze op tijd en op de juiste plaats bezorgen.

3.1.1 Lineaire barcode

Een lineaire barcode is een type van identificatie en controle material handling equipment dat gebruikt wordt voor tracking, tracing en controlling. Deze barcodes verzamelen informatie die gebruikt wordt om de flow of materials te coördineren binnenin een faciliteit of tussen een faciliteit en zijn leveranciers en klanten. Deze informatie kan in een centrale database worden opgeslagen. Deze database kan onderdeel zijn van bijvoorbeeld een warehouse management system om de informatie effectief te gebruiken binnen een faciliteit [10]. De data bevat mogelijk voor elk material de barcode, het type material, de oorsprong, de momentele locatie en de nog vereiste stappen binnen een proces [11]. Door de barcode te scannen kan het material worden geïdentificeerd en kan er gezien worden wat er mee gedaan moet worden. De database geeft ook een beeld van de huidige inventory zo is het mogelijk te zien wat er zich nog allemaal in stock bevindt.

In tegenstelling tot de oude manier, waar pen en papier aan te pas kwam, is deze digitale aanpak met de barcode vele malen sneller. Dit maakt het dan ook makkelijker om een ruim assortiment te ondersteunen waarbij identificatie anders moeilijk en zeer traag zou zijn. Barcodes zijn financieel en ecologisch goedkoop en hebben bijna geen extra plaats nodig. Barcode scanning kan ook heel versatiel gebruikt worden. Afhankelijk van het systeem dat de database beheert, kunnen er vele verschillende soorten data worden bijgehouden voor vele toepassingen. Barcodes kunnen dus bijna overal toegepast worden [12].

3.1.2 QR-code

De QR-code is de opvolger van de lineaire barcode. Alles wat vermeld wordt in Sectie 3.1.1 kan ook met de QR-code gedaan worden, maar er zijn ook verschillende voordelen aan verbonden.

Origineel is de QR-code ontstaan uit de nood om meer data te kunnen encrypteren dan de barcode. Dit zorgt voor verschillende extra mogelijkheden in verband met material handling. Een eerste voordeel van de extra data is het feit dat in elke code een material specifieke handleiding kan meegeleverd worden. Zo kunnen de verschillende partijen die zorgen voor de vervoer van het product deze code scannen en een gedetailleerde beschrijving lezen over hoe het product te behandelen.

Een tweede voordeel van deze extra data komt voort uit de groei van massaproductie naar meer ordergerichte productie. Dit brengt met zich mee dat producten meer en meer worden aangepast aan de wensen van de klant. Om elk uniek product van een code te voorzien met daarop precieze specificaties, is er een grote hoeveelheid data vereist die in de code opgeslagen zit.

Een ander voordeel bestaat uit het feit dat een QR-code geen speciale scanapparatuur nodig heeft om gescand te worden. Hedendaagse smartphones kunnen tegenwoordig gebruikt worden als QR-lezer. Dit in tegenstelling tot de barcode waar er vaak een grote scanner nodig is die men altijd moet meedragen [13]. Een laatste voordeel dat al eerder vernoemd is, is dat deze code uit elke hoek gescand kan worden. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de QR-code gebruikt kan worden op verschillende soorten transporting equipment. Dit zonder te moeten uitkijken in welke richting het product ligt. Hierdoor kan bijvoorbeeld een conveyer belt gebruikt

worden als transport zonder dat het product altijd dezelfde oriëntatie dient te hebben. Dit kan veel doen voor de snelheid en automatisering van het magazijn en de material handling.

De QR-code heeft natuurlijk niet enkel voordelen. Een nadeel is de grootte van de code. Voor sommige kleinere producten is deze te groot en dient er naar de micro QR-code overgestapt te worden. De micro QR-code kan echter maar 35 alfanumerische tekens opslaan.

3.1.3 RFID

Allereerst is RFID tracking and tracing aantrekkelijker in ruwere omgevingen. Denk bijvoorbeeld aan opslag in een niet-overdekte omgeving, zoals bij het uitbreiden/bouwen van een nieuwe vestiging. Het Amerikaanse bedrijf Bechtel besloot zo actieve RFID tags te gebruiken bij constructiewerken aan hun power plant die een groot aantal materials on-site vereist [14]. In bepaalde klimaten kan neerslag voor schade of bedekking zorgen van de meer traditionele barcodes (e.g. materials die onder sneeuw bedolven raken). Het gebruik van RFID tags omzeilt dit probleem, aangezien er geen directe line of sight moet zijn op het goed of de tag.

Ten tweede kunnen meerdere processen tegelijk gecombineerd worden. Zo kan unit load formation equipment zoals shrink wrapping en palletizing samengaan met unit load tagging [9] [15]. In deze formatie bevinden er zich RFID scanners op het load formation apparaat, zodat tijdens de load formation alle individuele pakketjes gescand en gelinkt worden met de unit load. Dit bespaart niet alleen kostbare tijd, maar is ook minder onderhevig aan menselijke fouten. Zo kan er geen pakketje over het hoofd gezien worden tijdens het vormen van een unit load, aangezien er geen directe line of sight nodig is en alle pakketjes tegelijk ingescand worden.

Ten slotte kan het transportapparaat ook aangepast worden in functie van tracking en tracing met RFID tags. Zo kunnen RFID readers bevestigd worden op e.g. conveyor belts om een real-time update te krijgen over inkomende en uitgaande producten [16]. Het grote voordeel van RFID is hier opnieuw het feit dat er directe line of sight nodig is om producten te identificeren. De oriëntatie van de voorwerpen op transportapparaat is bijgevolg van geen belang, wat wel een probleem zou vormen bij de barcodes. Op deze manier kunnen grote hoeveelheden opeenvolgend gescand en opgevolgd worden. Dit geeft de mogelijkheid tot het maken van snellere beslissingen met betrekking tot het tracken en hervullen van voorraden, introductie van nieuwe producten, stopzetting van verouderde producten... Ter illustratie, een studie uitgevoerd door de University of Arkansas concludeerde dat inventory management met 13% verbeterde ten opzichte van beheer in niet-RFID-complexen [17].

3.2 Lay-out

Barcodes, QR-codes, RFID en het plannen van de lay-out van een warehouse gaan hand in hand. Dit komt omdat de planning en implementatie van het warehouse management system (WMS) in samenwerking gebeurt met het optimaliseren van deze lay-out. Dit optimaliseren gebeurt vaak door toepassen van pathfinding algoritmes op de beschikbare plaats en voorgestelde lay-outs. Ook dient de graad van automatisering gekozen te worden voor de lay-out vastgelegd kan worden. Er dient dus beslist te worden met welke soort code op welke plaats gebruikt zal worden naar gelang de eisen van het systeem.

3.2.1 Lineaire barcode

Lineaire barcodes in een beheersysteem geven toegang tot veel informatie over de materials en zijn dus geschikt voor lay-outs waar deze informatie nuttig is. Lay-outs die veel verschillende soorten materials hanteren hebben nood aan snelle identificatie en kunnen hier dus gebruik van maken. Variable path lay-outs halen hier ook voordeel uit. De database kan voor elk materiaal het benodigde proces opslaan samen met de huidige stap binnen het proces zo kan men makkelijk

zien wat de volgende stap moet zijn. Lay-outs die unit loads hanteren hebben weinig nut van lineaire barcodes omdat er weinig verschillende soorten materials zijn en allemaal zelfde proces doorlopen. Barcodes kunnen zeer snel gescand worden en zijn daardoor makkelijk te integreren in automatische handelingen.

Om de database up-to-date te houden moeten de materials intensief getrackt worden. Dit betekent dat bij elke stap in een proces de barcode gescand moet worden en nieuwe data ingegeven moet worden. Om barcodes toe te passen is dus toegang nodig tot een scanners bij elke stap binnen het proces waar tracking moet gebeuren. Er moet een centrale database opgesteld worden om de informatie op te slaan. Er moet ook een interface aanwezig zijn om informatie op de database, al dan niet automatisch, aan te passen en om data af te lezen. Deze bewerkingen kunnen extra tijd kosten, vooral bij manuele handelingen. Als deze elementen aanwezig zijn, is de barcode geïntegreerd in het interface waardoor het een soort management systeem wordt. Dit systeem kan bijvoorbeeld een WMS zijn binnen een warehouse.

3.2.2 QR-code

Omdat de QR-code in elke richting snel gescand kan worden, opent dit vele mogelijkheden met betrekking tot automatisering. Men kan kiezen van geen automatisering tot en met volledige automatisering, allemaal gebruik makend van de QR-code. Als men kiest voor geen automatisering geldt de QR gewoon als een strikte verbetering van de snelheid en handigheid van het scannen ten opzichte van de barcode.

Er is echter ook de mogelijkheid om de QR-code te gebruiken in lay-outs die geoptimaliseerd zijn voor robots [18]. Robots kunnen de codes gebruiken als nodes in een netwerk om path planning algoritmes snel en efficiënt te laten verlopen.

3.2.3 RFID

De kracht van RFID toont zich vooral in de analyse van flows binnen een bedrijf. Aangezien het voordelig is om zo min mogelijk backtracking en interrupted flows te verkrijgen, kan een actieve RFID tag nuttige data leveren [9]. Indien deze flows toch optreden, wordt dit duidelijk door getagde voorwerpen te tracen. Op deze manier kan de lay-out van het warehouse verder geoptimaliseerd worden.

3.3 Warehousing

Warehousing of storage facilities worden gebruikt als buffer in een supply chain wanneer er geen perfecte synchronisatie tussen in-flow en uit-flow mogelijk is [9]. Volgende opsomming geeft de eigenschappen van een efficiënt warehouse weer [19]:

- De kost van het verplaatsen van goederen minimaal blijft.
- Het gebruik van ruimte, apparatuur en arbeid optimaal is
- Alle items binnen het warehouse getrackt worden.

Het gebruik van de juiste track and trace methodes kan deze doelen helpen realiseren.

3.3.1 Lineaire barcode

Via barcode scanning kunnen de locaties van de materials binnen het warehouse opgeslagen worden. Hierdoor is het niet nodig om voor elk soort material een specifieke plek vrij te houden. In plaats hiervan kan random storage worden gebruikt wat compacter en flexibeler is [20]. Het management systeem via barcodes heeft ook enkele voordelen tegen waste. Het systeem maakt via identificatie het makkelijker om oude materials te vinden in het warehouse die onnodige plaats innemen. Het

overzicht kan ook tekorten of overschotten opsporen en voorkomen door enkel aankopen te maken wanneer deze materials de inventory verlaten. Barcode scanning heeft een hogere accuraatheid dan wanneer data manueel ingegeven wordt [21]. Het is echter nog steeds mogelijk dat een material misplaatst wordt of dat een foute barcode wordt gescand. In dit geval is er een inconsistentie in de database wat voor problemen kan zorgen.

3.3.2 QR-code

De QR-code heeft een grote vooruitgang in warehousing met zich meegebracht. Vooral in het customiseren van producten, tracking and tracing snelheid en de supply chain.

De uitvinding van de twee-dimensionale code heeft het mogelijk gemaakt om makkelijker met customisation van producten om te gaan. Dit was een hoofdreden voor het ontwerp van deze codes. Hiervoor was het nodig om op verschillende onderdelen van een groter product meerdere barcodes te printen omdat er te veel data nodig was. Nu kan dit vermeden worden en elk uniek product zijn eigen specifieke QR-code hebben.

Verdere vooruitgangen zijn zoals eerder gezegd te vinden in de supply chain. De hoeveelheid data die opgeslagen kan worden, heeft het mogelijk gemaakt om tussen de verschillende tussenpersonen te communiceren over de omgang en behandeling van de producten. Dit kan omdat nu niet alle data over het product in een centrale database moet zitten en deze zo uit de QR-code uitgelezen kan worden.

Ook in de value added services heeft de innovatie van de twee-dimensionale code gezorgd voor een vooruitgang. Bijvoorbeeld bij het verpakken van de outer packaging van orders en het daarbij printen van bijhorende labels wordt de QR-code gebruikt [22]. Dit opnieuw door de hoeveelheid data dat opgeslagen kan worden.

3.3.3 RFID

Zoals reeds vermeld, kan RFID een verbetering meebrengen in inventory management. Meer bepaald gaat het opnieuw over de mogelijkheid om real-time data te gebruiken. Zo wordt het makkelijker om de verschillende types stock beter op te volgen. Wanneer bepaalde materials al te lang stilliggen in het magazijn, kunnen ze als dead of obsolete stock beschouwd worden en dus vervangen worden door stock die wel nuttig is [9]. Ook de nauwkeurigheid van de huidige stock verbetert significant. Zo stelde Bloomingdale's, een Amerikaanse luxe warenhuisketen, een verbetering van 27% vast in de juistheid van hun inventory over een periode van 13 weken [23].

De efficiëntie in warehousing profiteert ook van bepaalde voordelen met RFID. Zo is het mogelijk om vele processen die normaal menselijke interventie vereisen te automatiseren. Op deze manier kunnen voorwerpen dan met een RFID tag hun eigen aankomst en vertrek registreren binnen een warehouse. Hierdoor blijft de inventory up-to-date, wat verder gecommuniceerd kan worden over de supply chain heen. Het fenomeen 'retaggen', waarbij goederen een nieuwe tag krijgen om hun SKU binnen het warehouse bij te houden, is bij het gebruik van RFID ook verleden tijd. Aangezien dit nummer gewoon kan geprogrammeerd worden in de RFID tag [24]. Natuurlijk kunnen bepaalde handelingen zoals pick & pack niet volledig geautomatiseerd worden, maar kan RFID hier wel tijdsbesparend werken. Aangezien de real-time locatie steeds bekend is, is het voor werknemers erg gemakkelijk om een voorwerp te lokaliseren [25].

Het gebruik van random-location storage warehouses brengt vaak een honeycombing fenomeen mee, waarbij onbezette opslagplaatsen tussen bezette voorkomen [9]. Het gebruik van RFID kan de opslagplaats continu waardoor allocatie van goederen efficiënter verloopt. Op deze manier wordt honeycombing dan weer geminimaliseerd [24].

3.4 Order Picking

Order picking omvat het vinden en versturen van specifieke producten op vraag van de klant binnen een warehouse. Kleine bestellingen komen steeds vaker voor waardoor het kunnen lokaliseren van goederen een prominente rol krijgt. De juiste implementatie van een track and trace systeem is hier dus cruciaal.

3.4.1 Lineaire barcode

Barcode scanning heeft een ondersteunende rol binnen het order picken. De scanning heeft uitstekende data capture waar de order picker gebruik van kan maken om makkelijker materials te vinden en te hanteren. Lineaire barcodes geven meer voordeel bij een business model met eatches dan bij gebruik van unit loads. De eatches kunnen individueel getrackt en gecontroleerd worden. Zonder een identificatie en controle material handling equipment zou dit moeilijk zijn.

3.4.2 QR-code

Zoals in Sectie 3.2.2 al kort aangehaald werd, is de QR-code veelgebruikt bij het opstellen van verschillende pathfinding algoritmes. Deze algoritmes worden gebruikt om de tijd die gespendeerd wordt aan order picking te minimaliseren. Er zijn echter ook verschillende andere factoren die mee in rekening gebracht moeten worden. Zoals de mogelijkheid tot implementatie en de operationele kost. Wanneer men kiest voor handmatige order picking, is het ook mogelijk om de lineaire barcode te gebruiken. Als men echter kiest voor automatische orderpicking aan de hand van robots, is de QR-code een betere optie.

3.4.3 RFID

RFID kan ook zijn vruchten afwerpen in het lokaliseren van materials. Meer bepaald in random storage toont RFID tagging een significante verbetering ten opzichte van klassieke barcodes. In plaats van de 'papier gebaseerde' methode waarbij de materials kleur gecodeerd werden ter herkenning, is het mogelijk om live de locatie van actieve RFID tags op te vragen. Op deze manier kunnen de order pickers erg makkelijk de nodige materials lokaliseren en snel opladen. Aangezien material handling instaat voor 87% van de productietijd, heeft dit grote gevolgen voor de efficiëntie van het bedrijf [9]. Om weer terug te komen op de Bechtel case, zagen zij een daling van 32.2 minuten in de tijd nodig om een bepaald material terug te vinden [14].

Er is daarbuiten ook een trend naar steeds kleinere, maar frequentere bestellingen om ervoor te zorgen dat er minder stock is in de retail sector. Dit zorgt voor gemixte stock keeping units (SKUs) op één pallet met bijgevolg een grotere kans op menselijke fouten en een toeneming van de picking tijd. RFID zorgt voor het minimaliseren van deze fouten omdat niet elk object apart gescand moet worden [24].

3.5 Managementsturing

Management binnen een warehouse behandelt de input en output van voorraad, transfers, recycling van bepaalde onderdelen en verwijdering van oude materials. Een management systeem moet toegang hebben tot grote hoeveelheden informatie over de flow en huidige staat van een systeem. Deze informatie die verkregen wordt door gebruik te maken van track and trace methoden, kan verder gebruikt worden om kritieke prestatie-indicatoren (KPI's) op te stellen en vervolgens te evalueren. Op basis van deze KPI's is het mogelijk om de juiste sturing in het warehouse aan te geven.

3.5.1 Lineaire barcode

Barcode scanning kan gebruikt worden om KPI's te evalueren bijvoorbeeld output/input, inventory density of doorlooptijd door een proces. Werken met barcodes maakt het vinden van specifieke

materials makkelijker en kan zo de KPI van bijvoorbeeld het aantal orders per tijdseenheid binnen een warehouse verbeteren. Barcode scanning voldoet aan de nood aan informatie bij management beslissingen en kan zo gebruikt worden om de flow van materials bij te sturen wanneer nodig. Het geeft bijvoorbeeld een dynamisch beeld van de inventory waardoor een goed aankoopplan kan worden opgesteld [12]. Het systeem kan automatisch aankopen maken van een material wanneer deze materials de inventory verlaten om een constante hoeveelheid te behouden. In winkels kan barcode scanning extra gebruikt worden om snel prijzen in te geven en om diefstal tegen te gaan.

3.5.2 QR-code

De QR-code kan zoals Sectie 3.5.1 gebruikt worden voor het verzamelen van data en informatie om zo de flow van materials te optimaliseren. Er zijn echter nog meer mogelijkheden waarvoor deze code gebruikt wordt. Een studie [18] toonde aan dat de QR-code uitstekend kan worden gebruikt voor pathfinding van robots in een order picking situatie in een gekende omgeving.

De voordelen van het gebruiken van QR-codes voor de robots zijn onder andere de geringe computationele kost maar ook het kleine nodige geheugen. Een ander voordeel is dat de robots niet of zelden met elkaar moeten communiceren. Dit alles zorgt voor een licht systeem dat met machine learning geoptimaliseerd kan worden. Op deze manier verkrijgt men een snelle en efficiënte pathfinding die gebruik maakt van nodes bestaande uit QR-codes.

3.5.3 RFID

De aangehaalde voordelen van RFID in deze paper zijn: minder menselijke fouten, efficiënter scannen bij het binnenkomen en buitengaan van goederen, het sneller lokaliseren van bepaalde orders... Deze voordelen bieden de mogelijkheid om zich te vertalen in een niet-exhaustieve lijst van KPI's [26]:

- Foutpercentage in geshipte of gepickte orders
- Correctheid voorraad
- Aantal cases per uur
- Percentage aan late verzendingen
- Put-away time

Op basis van deze KPIs krijgt het management meer inzicht hoe efficiënt het werk in het warehouse verloopt en is er de mogelijkheid om bij te sturen indien nodig.

4 Case Studies

In deze verschillende case studies zal het gebruik van RFID-tags in verschillende bedrijven toegelicht worden. Hier is gekozen voor RFID-tags omwille van het feit dat dit de meeste recente techniek is die voor velen bedrijven wel de toekomst zou kunnen vormen. Een interessante voorbeeld van gebruik van RFID-tags doet zich voor in "London's underground railway system" [27]. Verder wordt hier ook besproken wat de mogelijke toepassingen zijn in supermarkten [28].

4.1 London's underground railway system

Dagelijks vervoert "London's underground railway system" drie miljoen mensen van en naar een bestemming naar keuze. Door de enorme drukte en de grote hoeveelheid roltrappen vormt dit dus een hele opgave om alles veilig te laten verlopen. Zo moeten ieder jaar alle roltraptreden minimaal één keer per jaar nagekeken worden op mogelijke defecten.

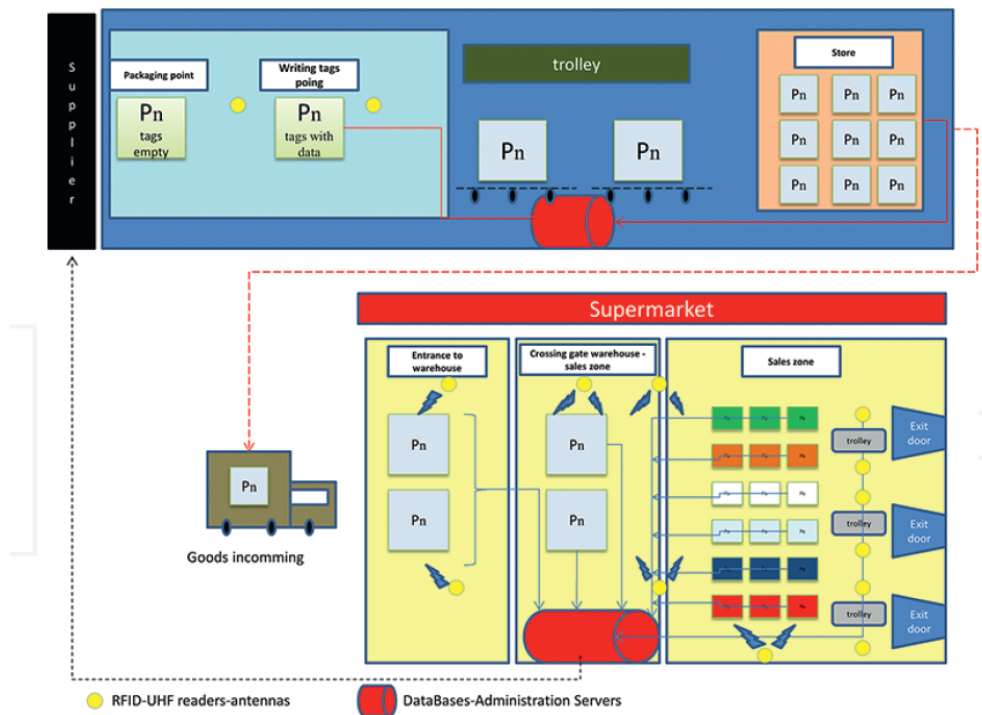
London underground heeft hier geopteerd voor het gebruik van RFID-tags op alle treden. Het gebruik van RFID-tags brengt in dit geval vele voordelen met zich mee. Zo kan een betere service gegarandeerd worden door het vermijden van ongeplande storingen. Ook zal het nakijken van de verschillende roltraptreden veel minder tijd vergen en kan er dus veel efficiënter te werk gegaan worden. Hier kan bijvoorbeeld het werk uitgevoerd worden door één ingenieur waar er vroeger twee voor nodig waren. Verder kan de roltrap gewoon in gebruik blijven wanneer de verschillende treden een controle ondergaan. De overzet van alle data via de RFID-tags voor verdere verwerking op een computer verloopt hier ook ontzettend vlot. Na een proefperiode met RFID-tags heeft "London's underground railway system" elk van zijn roltraptreden te voorzien van RFID-tags. De uitvoering van deze werken zijn op dit moment bezig in de Londense metrostations.

4.2 Supermarkten

In supermarkten kunnen RFID-tags voor de identificatie van verschillende goederen zorgen [28]. Hier gaat het dan vaak over de tags met die werken in de ultra hoge frequentie band. Elke tag bevat data die het product identificeert samen met nog verschillende andere data. Zo kan door het aanbrengen van RFID-tags een real-time inventory opgesteld worden. Dit is mogelijk doordat de data die zich in RFID-tag bevindt, wordt opgevangen door de verschillende antennes. Deze versturen de data dan verder naar een databank waar alle verdere informatie kan opgeslagen worden. Verder wordt deze inventory geüpdatet nadat een bepaald product de winkel verlaat.

Nog een voordeel van deze tags is dat klanten veel informatie zoals ingrediënten, voedingswaarde, vervaldatum en nog veel meer kunnen te weten komen. Daarnaast kan het betalen ook veel vlotter verlopen dan in het huidige barcode systeem. De antennes aan de kassa maken het mogelijk om de RFID-tags uit te lezen. Zo moet er niets meer gescand worden aan de kassa en moet er enkel nog de betaling plaatsvinden.

Ten slotte kan dit ook dienen als anti-diefstal systeem. Wanneer bijvoorbeeld de data van een specifiek product niet is uitgelezen aan de kassa zal het systeem dit detecteren bij het naar buiten gaan en zal een alarm afgaan. Figuur 4 beschrijft het gebruik van RFID-tags in een supermarkt.



Figuur 4: Het gebruik van RFID-tags in een supermarkt [28]

Zoals elke technologie heeft ook de deze enkele nadelen. Volgende opsomming geeft enkele problemen weer die zich mogelijk voordoen bij het gebruik van deze technologie [28]:

- Incompatibiliteit van de frequentie
- Elektromagnetische ruis, absorptie en reflectie
- Reader-to-Reader en Reader-to-Tag botsingen
- Privacy

Door het uitvoeren van testopstellingen is er de mogelijkheid om te achterhalen wat de problemen vormen bij een bepaalde technologie. Op deze manier is het dus mogelijk om deze problemen te identificeren en de technologie verder te optimaliseren.

5 Conclusie

Dit verslag analyseerde drie verschillende track and trace-methodes die in de huidige samenleving toegepast worden. Elk van de drie methodes heeft op zijn eigen manier een invloed op het operationeel management van een bepaalde instantie.

Er werd aangetoond dat elk van deze methodes bruikbaar is voor bepaalde omstandigheden. Zo is de verouderde lineaire barcode nog steeds bruikbaar als kost efficiënt alternatief voor systemen die weinig data in de code moeten opslaan. De barcode wordt echter meer en meer vervangen door de nieuwere QR code. Bij systemen met een hogere graad van automatisering waar opstartkost geen probleem is, is het echter voordelig om voor de RFID te kiezen. Dit vooral voor de vele extra mogelijkheden dat dit type van code te bieden heeft.

Daarnaast zijn ook enkele case studies bekeken in dit verslag. Hieruit blijkt dat de meest actuele technologie toch stilaan ingeburgerd begint te geraken in de huidige samenleving. Zo is in het heden de overgang bezig naar RFID-tags op de roltraptreden in de Londense metro. Ook zijn er studies bezig op het gebruik van deze tags in supermarkten. Hier lijkt veel potentieel in te zitten aangezien dit voor vele mensen het winkelen een snellere en aangenamere ervaring maakt.

De komende jaren zal er waarschijnlijk een stijgende trend zijn in het gebruik van deze RFID-technologie te samen met het gebruik van QR-codes. Het gebruik van lineaire barcodes zal dan weer meer een dalende trend vertonen maar volledig verdwijnen zal er heel waarschijnlijk niet inzitten. Het gebruiksgemak, eenvoud en prijs van een standaard lineaire barcode zal steeds wel ergens zijn applicatie blijven vinden in de samenleving.

Referenties

- [1] Scandit. *Types of Barcodes: Choosing the Right Barcode*. <https://www.scandit.com/blog/types-barcodes-choosing-right-barcode/>. [accessed on 5/04/2020]. 2015.
- [2] Wikipedia. *barcode*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>. [accessed on 5/04/2020]. 2020.
- [3] Computalabel. *UPC*. <http://www.computalabel.com/aboutupc.htm>. [accessed on 7/04/2020]. 2020.
- [4] Opalbv. <https://www.opalbv.com/barcodes-het-verschil-tussen-de-1d-barcode-en-de-2d-code/>. [accessed on 10/04/2020]. 2020.
- [5] Bob Borson. *The Greatness of QR Codes*. lifeofanarchitect.com/the-greatness-of-qr-codes/. [accessed on 10/04/2020]. 2011.
- [6] Suzanne Smiley. *Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference?* https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/active-rfid-vs-passive-rfid?utm_source=RFID-Beginners-Guide&utm_medium=eBook&utm_campaign=Content&utm_content=active-v-passive. [accessed on 21/04/2020]. 2019.
- [7] Wikipedia. *Radio-frequency identification*. https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification. [accessed on 21/04/2020]. 2020.
- [8] Aimee Kalnoskas. *How do RFID tags and reader antennas work?* <https://www.analogictips.com/rfid-tag-and-reader-antennas/>. [accessed on 21/04/2020]. 2017.
- [9] Liliane Pintelon. *Material handling*. 2020.
- [10] Jason Tindley. *How A Warehouse Management System Works With Barcodes*. <https://blog.lpcinternational.co.uk/how-a-warehouse-management-system-works-with-barcodes>. [accessed on 04/05/2020].
- [11] Odoo. *Inventory Odoo Webinar - How to use Barcodes in Warehouse Management*. <https://www.youtube.com/watch?v=m9U7xvtdvWo>. [accessed on 04/05/2020].
- [12] Zhi Wang Lei Ma. *Designing and implementation of management system in EMU important parts based on barcode technology*. [:/ieeexplore-ieee-org.kuleuven.ezproxy.kuleuven.be/document/6845581](http://ieeexplore-ieee-org.kuleuven.ezproxy.kuleuven.be/document/6845581). [accessed on 11/05/2020].
- [13] Camila Jimenez. *Understanding QR Codes*. <https://www.atlanticrack.com/understanding-qr-codes/>. [accessed on 26/04/2020]. 2018.
- [14] Malik Sabbah. *RFID Integration in BIM and Material Handling*. <https://maliksabbah.wordpress.com/mechanical/rfid-integration-in-bim-and-material-handling/>. [accessed on 04/05/2020].
- [15] Wolf-Ruediger Hansen en Frank Gillert. "RFID for the Optimization of Business Processes". In: *The route to intelligent packaging*. [accessed on 04/05/2020]. 2008, p. 298.
- [16] Ki Hwan Eom Chong Ryol Park Seung Joon Lee. *The Design of RFID Conveyor Belt Gate Systems Using an Antenna Control Unit*. Tech. rap. 2011.
- [17] T.S. Rangarajan. *Enhancing Supply Chain Management Using RFID*. <https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/22035175/enhancing-supply-chain-management-using-rfid>. [accessed on 04/05/2020].
- [18] P. R. Teja en A. A. N. Kumar. "QR Code based Path Planning for Warehouse Management Robot". In: *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*. [accessed on 03/05/2020]. 2018, p. 1239–1244.
- [19] J.A. Tompkins en J.D. Smith. *The Warehouse Management Handbook*. Tompkins Press, 1998. ISBN: 9780965865913. URL: <https://books.google.be/books?id=oHkA15BCY9MC>.

- [20] Erim. *Storage strategies*. <https://www.erim.eur.nl/material-handling-forum/research-education/tools/calc-order-picking-time/what-to-do/storage-strategies/>. [accessed on 04/05/2020].
- [21] Jay Schofield. *Why Your Warehouse Needs Barcodes*. <http://www.systemid.com/learn/why-your-warehouse-needs-barcodes/>. [accessed on 04/05/2020].
- [22] J. Wu, D. Xu en Z. Li. “Research on Key Techniques of Warehouse Management System Based on Two-Dimensional Bar Code”. In: *2013 International Conference on Computer Sciences and Applications*. [accessed on 03/05/2020]. 2013, p. 353–356.
- [23] Xiaowei Zhu, Samar K. Mukhopadhyay en Hisashi Kurata. “A review of RFID technology and its managerial applications in different industries”. In: *Journal of Engineering and Technology Management* (2012). Creating competitive edge in operations and service management through technology and innovation. ISSN: 0923-4748. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092347481100049X>.
- [24] J. Banks e.a. *RFID Applied*. Wiley, 2007. ISBN: 9780471793656. URL: <https://books.google.be/books?id=KftTAAAMAAJ>.
- [25] CWI Logistics. *2020, How RFID Is Taking Warehousing to the Next Level*. <https://cwi-logistics.com/news/how-rfid-is-taking-warehousing-to-the-next-level/>. [accessed on 04/05/2020].
- [26] Ygal Bendavid e.a. “Key performance indicators for the evaluation of RFID-enabled B-to-B e-commerce applications: The case of a five-layer supply chain”. In: *Inf. Syst. E-Business Management* 7 (jan 2009), p. 1–20. DOI: 10.1007/s10257-008-0092-2.
- [27] Core—Rfid. *London Underground Keeping the Capital Moving*. <https://www.corerfid.com/casestudies/london-underground-keeping-the-capital-moving/>. [accessed on 6/05/2020]. 2010.
- [28] María-Victoria Bueno-Delgado, Francesc Burrull en Pablo Pavón- Mariño. “Case Study: Installing RFID Systems in Supermarkets”. In: *Radio Frequency Identification*. Red. door Paulo Cesar Crepaldi en Tales Cleber Pimenta. Rijeka: IntechOpen, 2017. Hfdstk. 6. DOI: 10.5772/64972. URL: <https://doi.org/10.5772/64972>.