

Selektiv sammanfattning av forskningsstatus för  
autonom navigation och positionering inomhus med  
hjälp av given information om omvärlden

Rasmus Linusson

2015-06-03

## **Innehåll**

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>2</b>
4.1	Använda existerande signalkällor . . . . .	2
4.2	Specifikt placerade beacons . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Analys</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Avslutande kommentarer</b>	<b>4</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>5</b>

# 1 Introduktion

Autonoma robotar som ska röra sig är ofta beroende på information om sin omvärld. Det kan ibland vara nog med att veta om det finns något runt om kring den men ibland krävs det även att roboten ska kunna positionera sig på en karta för att navigera. Detta är inte en simpel sak och många gånger har detta problem försökt lösas av studenter på KTH.

Denna rapport syftar till att sammanställa dagens forskning på området med den begränsningen att navigationen ska ske med hjälp utav en karta över området.

# 2 Bakgrund

Under kursen *Autonoma inbyggda system, IS1204* [1] som ges utav KTH ska studenter under fyra veckor arbeta i projektform för att i de allra flesta fall producera en autonom robot. Dessa robotar har i stor utsträckning krav på att kunna navigera i sin omgivning. Inom detta område finns många olika försök och prototyper som haft till ansats att lösa detta problem dock har ingen enskild lösning på problemet presenterats, vare sig från den akademiska eller privata sektorn. Under inledningsfasen av projektarbetet [2] uppmärksammande projektgruppen olika projekt som driver forskning inom ämnet.

Det finns ett antal projekt som undersöker autonom navigation och denna rapport kommer att kartlägga ett antal av dessa projekt och utvärdera dessa olika metoder utifrån de erfarenheter jag erhållit från mitt försök till autonom navigation under projektkursen. De projekt som kommer undersökas utgår i huvudsak från någon sorts karta eller annan information om dess omgivning.

För att främja forskning och utveckling av denna teknologi har Nokia, tillsammans med Broadcom, Cisco, CSR, Qualcomm, Sony och Telecom Italia, startat *InLocation Alliance*. [5]

# 3 Metod

För att forskningsrapporter och projekt att undersöka och analysera kommer det ske mycket sökning i såväl medier på internet som uppmärksammar teknik och utveckling, rent akademiska journaler så som IEEE Xplore.

De projekt som passar på beskrivningen och visar på någon sorts originalitet eller lovande resultat och förväntningar kommer att väljas ut och undersökas grundligt för att analyseras och ställas mot varandra för att hitta på olika trender i forskningen som förs och hur långt forskningen har kommit på ett brett och generellt plan i jakten på en hållbar, effektiv och

omfattande uppskattning om världen runt om kring systemet och hur detta passar in i denna omvärldsbeskrivning.

## 4 Resultat

Att använda *beacons* är något som är frekvent inom de lösningar som presenteras till konsumenter och utvecklas av stora företag så som Google, Cisco, Nokia med flera.

Det finns i stort sätt två olika typer utav beacons olika lösningar använder sig utav, de som redan finns i miljön, så som WiFi signaler och radiomaster och så finns de lösningar som bygger på egen hårdvara som är specifik till just positioneringen. Oavsett vilken lösning man väljer förutsätter alla att signalkällorna finns utmarkerade på en karta för att kunna relateras till en position i en större miljö.

### 4.1 Använda existerande signalkällor

**Google Indoor Maps** är en av de lösningar som använder sig utav redan existerande beacons i form av radiomaster för telefoner, gps och wifi. För att använda sig utav tjänsten krävs det att en karta över lokalen finns rätt formaterad och upplagd på dess kart-tjänst Google Maps.[4]

**Trapeze Networks LA-200** är annorlunda från andra lösningar som endast bygger på wifi-signaler - istället för att vara på klient-sidan av nätverket jobbar den utifrån en server i nätverket. Den kan känna av wifi-signaler som inte är tillräckligt starka för att ansluta till nätverket och enheterna som positioneras behöver inte vara anslutna till en accesspunkt.[7]

En bred rapport publicerad i IEEE Sensors Journal har undersökt olika föreslagna metoder för att använda befintliga wifi-signaler kombinerat med död räkning för att se om det ger en acceptabel positionering. Rapporten analyserar olika lösningar kritiskt och kombinerar dessa för att skapa en mer heltäckande metod för positionering. Genom att använda *RSS*, Received Signal Strength, från wifi-signaler för att få en generell position och sedan en annan mycket använd metod, *PDR*, Pedestrian Dead Reckoning (Sv: Död räkning), för att plocka ut mindre rörelser för att få en högre upplösning, andra element som riktning, rotation och acceleration. Med denna PDR kan systemt korrigeras för fluktuationer i RSS som uppstår på grund av hinder och annan elektromagnetisk aktivitet.[9]

En annan rapport publicerad i Journal of Lightwave Technology diskuterar användandet av takbelysning för triangulering av position. Denna teknik är billig och i stort sätt oberoende av mottagarens vinkel då den med hjälp av accelerometrar kompenserar för detta, dock krävs att mottagarens upptagningsvinkel innefattar taket. Rapporten påvisar att lösningen under experiment gav en genomsnittlig felmarginal på mindre än 0,25 meter.[10]

Gemensamt för de flesta lösningarna som bygger på redan existerande beacons finns dock begränsningen att höjd inte ingår i positioneringen och att välja rätt våningsplan ofta lämnas över till användaren av tjänsten.

## 4.2 Specifikt placerade beacons

**NAO Campus** är utvecklat utav Polestar och använder sig utav Bluetooth 4.0-baserade beacons. Dessa används även i kombination av GPS, WiFi och rörelse sensorer för att anpassa sig till olika miljöer. Polestar utlovar högt precis positionering i miljöer även där GPS inte är ett alternativ och garanterar att NAO Campus erbjuder den högst presterande tjänsten.[6]

**Ubisense RTLS** använder sig utav batteridrivna RFID-taggar som kommunicerar likt telefoner med en basstation. Positionen räknas ut med hjälp av infallsvinkeln på signalen och jämförelser mot ett tidigare specificerat koordinatsystem har ett operativt avstånd mellan 15 och 300 meter.[7]

En rapport, från en internationell konferens 2013 om inomhuspositionering, beskriver hur statistiska magnetfält med givna  $x,y,z$ -koordinater kan användas för att positionera användare med trilateration. Denna data kompletteras med död räkning för att effektivt kunna ge positionering även när mottagaren är utanför den faktiska räckvidden för spolarna som genererar magnetfälten.[11]

## 5 Analys

En tydlig trend inom forskning och utveckling av positionerings- och navigationssystem är att det ligger mycket fokus på att inkludera redan befintliga system i beräkningarna.

Något som en majoritet av tekniker använder är wifi-signaler för att positionera vilket jag finner osäkert med tanke på att nätverk enkelt kan byta namn och accesspunkter (vilka identifieras med MAC-adresser) ofta byts ut och uppgraderas. Detta innebär att för att få pålitlig information om en klients/mottagares position måste en karta aktivt underhållas, denna måste vara noggrann och innehålla mycket specifik information om varje signalkälla. Det kan vara ett stort projekt att underhålla denna karta och därför innebära stora kostnader i form av underhåll. Detta är något som kan ge specifikt utvecklade beacons ett övertag då de oftast kräver ett initialt skapande av en karta som sedan endast kommer att underhållas vid förändringar, inte dagligt underhåll.

Vid utveckling av autonoma robotar torde redan befintliga signalkällor föredras då det inte innebär ett flexiblere system som är mer anpassningsbart till nya situationer. Detta för att ingen extra utrustning eller anpassning av lokalen krävs för att roboten skall vara funktionell, det som krävs är endast information som planritningar med utsatta signalkällor.

Att använda sig av specifika beacons konstruerade för roboten innebär kostnad både i material och arbete att placera ut och underhålla dessa signalkällor. Om dessa är aktiva, dvs inte bygger på teknik likt rfid-taggar som drivs av robotens strömkälla, måste även antingen strömförsörjning dras till varje beacon vilken även kommer kräva någon sorts adapter för varje signalkälla alternativt att de går på batterier som måste bytas kontinuerligt.

## 6 Slutsats

Det sker mycket forskning på området och många kommersiella aktörer försöker bli både först och störst med en hållbar och fungerande lösning. Det läggs mycket fokus på att använda de sensorer och signalkällor som redan finns i miljön - så som smartphonens accelerometer, gps och 2.4GHz-antenn och det moderna samhällets telefonmaster och wifi-nätverk. Det finns en stor möjlighet till hållbar och precis positionering givet de projekt som använder sig av dessa. Dock finns det knäckande sårbarheter med att förlita sig på signalkällor som underhålls av privatpersoner. Dessa kan byta konfiguration, stängas av eller flyttas utan att systemet uppmärksammas på detta och medföra potentiellt grova felberäkningar.

Det finns flera färdiga system som är i produktion och används idag på varierande skala. Med hänsyn till detta kan man dra slutsatsen att forskningen är på god väg och de största hindren med att få en första generation av fungerande system är överkomna med ett flertal tekniker. Mycket arbete finns fortfarande för att få en hållbar och stabil lösning som är feltolerant och precis och framförs utav bland andra en allians av ett antal av de största aktörerna på IT-marknaden.

## 7 Avslutande kommentarer

Om man själv vill implementera ett liknande system bör man utgå från vilka förutsättningar, begränsningar och krav som finns på systemet. Är det viktigt att det har hög precision och budget inte är ett problem är nog ett system med specifikt utplacerade beacons den bästa av lösningar.

Om budgeten är mer begränsande är det värt att ta en titt på positionering utifrån wifi-signaler, så som exempelvis Google Indoor Maps använder. Viktigt att tänka på i sådana fall är att du inte har kontroll över signalkällorna och positioneringen kan falla vid dagligt underhåll av lokalens wifi.

Mer rekommenderad läsning på ämnet är *Kort sammanfattning om kartering och navigering i inomhusmiljö* av Karl Gäfvert som behandlar samma område utifrån begränsningen att det inte finns någon karta.[3]

## 8 Referenser

- [1] Kungliga Tekniska Högskolan, Fredrik Lundevall, *KTH — IS1204 IT-projekt, del 2 - Autonoma inbyggda system 7,5 hp*, <http://www.kth.se/student/kurser/kurs/IS1204> (3 Juni 2015)
- [2] Niklas Bergh, Araxi Mekhemtarian, Rasmus Linusson, Sebastian Törnqvist, Max von Zedtwitz-Liebenstein (2015) *Wifiseeker Servicemanual*, KTH
- [3] Karl Gäfvert (2015), *Kort sammanfattning om kartering och navigering i inomhusmiljö*, KTH
- [4] Ray Walters, *Keep your sanity at the mall with an internal positioning system (IPS)* <http://www.extremetech.com/computing/109033-keep-your-sanity-at-the-mall-with-an-internal-positioning-system-ips> (28 Maj 2015)
- [5] *InLocation Alliance Members* <http://inlocationalliance.org/members/current-members/> (1 Juni 2015)
- [6] *Polestar - NAO Campus* <http://www.polestar.eu/en/products/indoor-positioning.html> (1 Juni 2015)
- [7] Kevin Curran, Eoghan Furey, Tom Lunney, Jose Santos, Derek Woods and Aiden McCaughey (2011) *Journal of Location Based Services, An Evaluation of Indoor Location Determination Technologies*, Vol. 5, No. 2, pp., June 2011, ISSN: 1748-9725, Taylor & Francis
- [8] Binghao Li and James Salter and Andrew G. Dempster and Chris Rizos (2006) *Indoor positioning techniques based on wireless LAN*, p.13-16, LAN, First IEEE International Conference On Wireless Broadband And Ultra Wideband Communications
- [9] Lyu-Han Chen; Wu, E.H.-K.; Ming-Hui Jin; Gen-Huey Chen, *Intelligent Fusion of Wi-Fi and Inertial Sensor-Based Positioning Systems for Indoor Pedestrian Navigation*, p.4034-4042 *Sensors Journal, IEEE* - (Nov. 2014)
- [10] Yasir, M.; Siu-Wai Ho; Vellambi *Indoor Positioning System Using Visible Light and Accelerometer*, (Oct. 2014) p.3306-3316, B.N. *Journal of Lightwave Technology*
- [11] Hellmers, H.; Norrdine, A.; Blankenbach, J.; Eichhorn, A. *An IMU/magnetometer-based Indoor positioning system using Kalman filtering*, (Oct. 2013), 2013 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)