

# СИСТЕМИ ЗА НАВИГАЦИЯ НА ЗАКРИТО, АДАПТИРАНИ ЗА ХОРА СЪС ЗРИТЕЛНИ УВРЕЖДЕНИЯ

РОСЕН ИВАНОВ

Интегрирането на хората с увреждания, в това число и незрящите, в социалния живот е държавен проблем както у нас, така и в чужбина. Предвиждането и ориентирането на хората със зрителни увреждания на открито и закрито е неизменна част от този проблем. Една алтернатива за подобряване на качеството на живот на хората със зрителни увреждания, без да са необходими средства за промяна на околната среда, е създаването на електронни мобилни системи за навигация.

В настоящият обзор е направен анализ на съществуващите системи за навигация на закрито, които са адаптирани за хора със зрителни увреждания. Посочени са техните предимства и недостатъци. Изводът, който може да се направи е, че все още тези системи се намират на начален стадий на разработка и експериментиране. Не съществува навигационна система, която да гарантира пълна свобода на предвиждане на незрящите и да е съобразена с тяхната покупателна възможност.

Конкретизирани са основните проблеми, които трябва да се решат при разработване на системи за навигация на закрито, адаптирани към хората със зрителни увреждания.

## УВОД

В световен мащаб броят на хората със зрителни увреждания е около 135 милиона, от които 45 милиона са напълно слепи [1]. При създаване на електронни системи за подпомагане на хора с увреждания от първостепенна важност са особености на целевата група потребители, като: степен на работоспособност, образователно ниво, ниво на владене и използване на технически средства, покупателна способност и др. По данни на Съюза на слепите в България (ССБ) за 2008 г. броят на техните членове е 15116 [2]. 73.6% от тях са с намалена работоспособност над 90%, а останалите – от 71% до 90%. 62.8% от членовете са на възраст над 60 г., 30.8% – от 30 до 60г., а останалите 6.4% са под 30 г. По-голямата част от членовете на ССБ са с основно образование – 44.9%, със средно образование – 29.9%, с начално образование – 18.1% и с висше (бакалавър или магистър) – 7.1%.

У нас практиката показва, че въпреки наличието на необходимата нормативна база (Закон за интеграция на хората с увреждания), социалната интеграция на хората с увреждания не е факт. Една алтернатива за подобряване на качеството на живот на хората със зрителни увреждания, без да са необходими средства за промяна на околната среда, е създаването на електронни системи за навигация.

Целта на обзора е да се направи критичен анализ на съществуващите системи за навигация на закрито, които са адаптирани към хората със зрителни увреждания.

## АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА

Навигацията е процес, който се състои от две основни действия: търсене на път до зададена цел и физическо предвижване, включващо избягването на препятствия по пътя [3]. Търсенето на път е целенасочено и мотивирано предвижване от зададена начално до зададена крайна точка [4]. При навигация хората без зрителни проблеми разчитат основно на визуални ориентири. Чрез тях е възможна ориентация и категоризация на информацията от околната среда [5]. Хората със зрителни увреждания не могат да възприемат визуални ориентири, но разчитат на познати звуци, шум, миризми и тактилна информация.

Съществуват два основни начина за навигация [6]:

1. Навигация на базата на сензорна информация чрез която се определя текущата позиция на незрящия (piloting техники).
2. Намиране на текущата позиция на незрящия на базата на информация за предходната позиция и оценка за скоростта и посоката на предвижване (path integration техники).

При навигация на открито най-често се използва Global Positioning System (GPS) с цел определяне на позицията. Предложението за използване на GPS с цел създаване на навигационни системи за хора със зрителни увреждания е направено за първи път през 1985г. от Lomis [7] и Collins [8]. На настоящият етап вече е ясно, че GPS навигацията е неприложима за хората със зрителни увреждания, тъй като:

- Точността на непрофесионалните GPS приемници е средно около 9 метра [9] и е недостатъчна за реализацията на навигационни системи за хора със зрителни увреждания.
- Няма гаранция за достъпността на услугата, особено при предвижване в градска среда.
- Точността на GPS приемниците е най-ниска при липса на движение, или при предвижване с ниска скорост. Това обаче е характерния начин за предвижване на незрящите.

Алтернативата на GPS, при създаване на навигационни системи за незрящи, е диференциалната GPS (DGPS). При нея (WAAS за територията на САЩ и EGNOS за Европа) точността при позициониране е под 2 метра, тъй като се минимизира грешката, дължаща се промяна на скоростта на разпространение на GPS сигналите, основно когато преминават през йоносферата. Услугата European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) е функционална от 1 октомври 2009 г. [10]. Коригираната информация от GPS сателитите (от 34 надземните Ranging and Integrity Monitoring Stations) се препредава (чрез 6 Navigation Land Earth Stations) до 3 допълнителни сателита на геостационарна орбита (PRN 120, 124, 126). Трябва да се отбележи, че ако GPS приемникът е

на голямо разстояние от DGPS надземна станция (над 100 km), точността на позиционирането не може да се гарантира.

При навигация на закрито проблемите са много повече, особено ако незрящият не е запознат с разположението на стаите и препятствията в сградата:

1. Не може да се разчита на GPS (DGPS) поради невъзможността за фиксиране на достатъчен брой сателити, или поради много ниското ниво на GPS сигналите.
2. За хората със зрителни увреждания е по-трудно предвиждането в сгради, поради по-малкия брой фиксирани ориентири на които те могат да разчитат.
3. При навигация на закрито кучетата-водачи не дават задоволителни резултати. В някои сгради не се допускат кучета-водачи и незрящите трябва да разчитат само на белия бастун.
4. Броят на препятствията в сградите е много по-голям, а местоположението на повечето от тях не е фиксирано във времето. Преодоляването на някои препятствия може да бъде рисковано.

## **СЪЩЕСТВУВАЩИ СИСТЕМИ ЗА НАВИГАЦИЯ НА ЗАКРИТО**

Следва анализ на основните навигационни техники, които могат да бъдат използвани при системите за навигация на закрито, адаптирани за хора със зрителни увреждания.

### **1. Използване светлинно, ултразвуково и радио-честотно насочване**

#### **1.1. Светлинно насочване**

Най-често при този тип системи се използва инфрачервено (IR) насочване. Изисква се специална апаратна част, която приема и анализира сигналите от IR излъчватели, разположени на фиксирани места по тавана на коридорите и стаите. Определянето на местоположението е на базата на идентификационния (ID) номер на излъчвателя от който в даден момент се приема сигнал [11]. Друг подход за IR насочване се използва в проекта Talking Sign [12]. В този случай IR предавателите не излъчват своите ID номера, а модулирано аудио съобщение (говор). При това решение не е необходимо да се знае връзката между ID и местоположението на излъчвателя.

Системите, използващи IR насочване, имат следните по-важни недостатъци: сравнително висока цена на излъчвателите и приемното устройство, изисква се пряка видимост между приемното устройство и излъчвателя (2-3 m).

## 1.2. Ултразвуково насочване

Този тип системи не се различават по начина на определяне на позицията от предходните. Вместо IR се използват ултразвукови излъчватели, които се разполагат на фиксирани места. Незрящите носят един или множество ултразвукови датчици. Локализацията им най-често се определя на базата на разликите във времената на приетите сигнали от различните източници – метрика Time Difference Of Arrival (TDOA).

Една от най-известните системи за навигация на закрито чрез ултразвук е Drishti [13, 14]. Тя е разработена от катедра Computer & Information Science and Engineering към университета на Флорида, САЩ. Системата позволява навигация на открито и закрито, като обединява технологии, като: DGPS и Wi-Fi позициониране, географски информационни системи (GIS), разпознаване и синтез на говор чрез IBM ViaVoice [15]. Системата гарантира точност при позициониране по-малка от 22 cm. Получава се не само позицията на клиента, но и оценка за неговата ориентация в пространството.

Основното предимство на ултразвуковото насочване е, че освен за определяне на позицията е възможно разпознаването на препятствия. За целта незрящият е екипиран със система от излъчватели и приемници. Разпознаването на препятствията е на базата на анализ на отразените ултразвукови сигнали (проекти NavBelt [16] и Guide Cane [17]) или на базата на преобразуване на отразените сигнали до звук [18] или вибрация [19].

Основните недостатъци на системите, използващи ултразвуково насочване, са: много висока цена на апаратната част, по-голяма част от съществуващите системи изискват предварително обучение на незрящите.

## 1.3. Радио-честотно (RF) насочване

При този тип системи локализацията на потребителите е на базата на анализ на сигналите от съществуващи безжични мрежи, като: Bluetooth™, Wi-Fi и Ultra Wide Band (UWB). Могат да бъдат използвани три начина за локализация.

При първия, за позицията се съди по точката на достъп (AP), в обсега на която потребителят се намира (метрика Cell of Origin – CoO). Например, при Bluetooth™ безжична мрежа, ако потребителят е в нейния обхват, то позицията му съвпада с позицията на AP при максималната грешка, равна на обсега на действие на AP (10 m). Възможно е позицията да бъде получена и чрез Bluetooth радио-честотно насочване [20].

При втория начин се използва метода на трилатерацията. Той има практически смисъл основно за Wi-Fi безжичните мрежи. Позицията на клиента се определя по позицията на три Wi-Fi AP до които потребителя е в близост. Wi-Fi AP се идентифицират по MAC адреса, който всяка от тях изпраща в ефира

през определен интервал от време. Една от комерсиалните услуги, която използва тази техника, е Skyhook Wireless XPS [21]. Тя може да се използва с цел получаване на позицията на клиентите както на открито, така и на закрито. Точността е (10-20) m, а времето, необходимо за изчисляване на позицията, е около 1 секунда.

При третия начин за изчисляване на позицията на клиентите се използва анализ на времето, необходимо за получаване на данни от всяка AP или силата на сигнала [22, 23, 24]. Най-често се използват следните метрики: Time of Arrival (TOA), Time Difference of Arrival (TDOA), Angle of Arrival (AOA) и Receiver Signal Strength (RSS). Тези метрики намират приложение основно при Wi-Fi и UWB мрежите. Точността е между 1 m и 100 m. Най-малка е точността при метрика AOA – може да достигне до 100 m (изискват се само две AP), от 1 m до 50 m при TOA и TDOA и от 5 m до 10 m при RSS. Метрика RSS (известна още като RSS fingerprinting) е подходяща за използване от мобилни терминали с вграден Wi-Fi интерфейс и програмен достъп до него – стойностите за RSS се получават директно от всяка AP, тъй като тази информация се предава през определен интервал от време. Основният недостатък на техниката RSS fingerprinting е необходимостта предварително да се създаде радио-карта, която съдържа информация за RSS от всички AP, видими за т.нар. калибрирани точки от избрани места в сградата.

Поради все още малкият брой на безжичните мрежи у нас, системите с RF насочване могат да намерят органичено приложение, основно в големите градове.

## 2. АНАЛИЗ НА ВИЗУАЛНА ИНФОРМАЦИЯ

При този тип системи за позицията на потребителите се съди чрез разпознаване визуални маркери и образи.

### 2.1. Разпознаване на визуални маркери

При навигационните системи се използват основно два вида маркери: Quick Response (QR) и цветни. QR маркерите са известни като 2D бар код. Създадени са през 1994 г. от японската фирма Denso Wave. В един QR маркер може да се запише информация (4296 символа), която да описва достатъчно подробно местоположението на потребителя. QR маркерите могат да бъдат декодирани чрез мобилни терминали, стига камерата им да е с разделителна способност над 2 Mp [25]. При някои системи, с цел бързо и лесно локализиране на маркерите, се използва система от IR излъчватели и приемници. За целта маркерите се изготвят от IR отражателен материал [26].

При цветните 2D маркери информацията се кодира най-често чрез цветни триъгълници. Технологиата е разработка на Microsoft и е известна под името

Microsoft Tag или High Capacity Color Barcode (HCCB). Използват се цветови схеми с 4 или 8 цвята. Декодирането не изисква големи изчислителни ресурси и може да бъде реализирано като приложение за мобилен терминал [27].

## **2.2. Разпознаване на образи**

При навигационните системи, базиращи се на разпознаване на образи, се разчита на анализ на изображенията, получени от фотокамерата на специализирана апаратна част или мобилен терминал [28, 29, 30]. Предварително е необходимо да се създаде база от данни, съдържаща параметричното описание на обектите, които системата трябва да може да разпознава. Характеристичните вектори, които описват обектите, трябва да съдържат отличителни характеристики, които са инвариантни към: осветеността, позицията на обектите в изображението и фона. Освен това, за да се минимизира цената на апаратната част, би било добре ако формирането на характеристичните вектори се реализира на мобилен терминал. Добри практически резултати се получават при използване на модификации на алгоритъм Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) [31, 32].

## **2.3. Преобразуване на информацията от видео кадри в аудио сигнал**

Идеята при този тип системи е разпознаване и класификация на препятствия по пътя на незрящия. Образът в кадъра се филтрира и се извличат контурите му. Следва преобразуване на информацията в кадъра до модулиран моно или стерео аудио сигнал [33]. Модулацията зависи от контурите на обектите, попадащи в кадъра. Основното предимство на тези системи е, че могат да бъдат реализирани като приложения за мобилни терминали [34]. Основният недостатък е необходимостта от предварително обучение на незрящите.

## **2.4. Преобразуване на информацията от видео кадри във вибрации**

Навигационни системи, адаптирани за хора със зрителни увреждания, които използват вибрационен интерфейс се използват отдавна. Насочването на клиентите се реализира чрез вибрационни актуатори, които съответстват на посоката, която незрящият трябва да следва: напред, назад, наляво, надясно и т.н. [35,36]. В [37] е описана навигационна система при която информация от 3D изображения се трансформира до 2D вибрации чрез матрица от актуатори, които се закрепят на гърдите на незрящия.

Основните недостатъци на подобни системи са: много висока цена на апаратната част и необходимостта от обучение на потребителите.

### 3. ИНЕРЦИОННА НАВИГАЦИЯ

При този тип навигационни системи (спадат към path integration системите) оценка за текущата позиция на потребителя се получава на базата на предходната позиция и текущите стойности за скоростта и посоката на предвижване [38]. При реализацията на dead-reckoning навигация се използват микро електро-механични системи (MEMS). Това са сензори, необходими за получаване на оценка за скоростта, посоката и надморската височина, например: акселерометри, електронни жирокопи, магнитометри (компаси) и барометри. Оценката за скоростта най-често се получава чрез 2D акселерометри, а оценка за посоката – чрез електронен компас или жирокоп. Желателно е използването на електронни жирокопи, въпреки високата им цена, тъй като имат много по-малка грешка при сравнение с електронните компаси.

Поради начина на функциониране на системите, използващи инерционна навигация, е необходима корекция на позицията на потребителя през определен интервал от време. Корекцията най-често се реализира чрез DGPS, A-GPS или Wi-Fi позициониране [39, 40, 41]. Следователно, инерционната навигация се използва като помощна за някоя от известните пилотиращи техники, в моментите, когато позицията не може да бъде изчислена (липса на сигнал или сигнал с много ниска амплитуда). От математическа гледна точка, комбинирането на данните от GPS или Wi-Fi и данните от инерционните датчици се реализира най-често чрез филтри на Калман. Филтрите на Калман са метод за оптимална оценка на състоянието на една система на базата на рекурсивно измерване на стойностите на зашумени входни данни [42]. При навигационните системи шумът във входните данни е зависим от обкръжаващата среда и начина на предвижване на клиента. В този случай филтрите на Калман не дават оптимална оценка. В резултат на това на практика се получава прекалено силно филтриране на позицията при завои (over smoothing). Поради тази причина се използват различни модификации на адаптивни филтри на Калман (AFK) [43] при които се получава оценка за статистическите параметри на динамичната система [44]. За идентификация на динамиката на системата и за оценка за ковариационната матрица на шума се предлагат решения, използващи невронни мрежи и размита логика [45, 46]. Практически по-голямо приложение имат т.нар. разширени филтри на Калман (ЕКФ) и техните адаптивни варианти (АЕКФ) [47]. При ЕКФ обновяването на позицията е на базата на оценката за грешката в траекторията.

Инерционните навигационни системи могат да се използват както на открито, така и на закрито. Един от основните им недостатъци е високата цена на необходимата апаратна част.

#### 4. RFID БАЗИРАНА НАВИГАЦИЯ

Radio Frequency Identification (RFID) е технология, която има все по-голямо практически приложения, например: авиация, дърводобивна промишленост и строителство, текстилна промишленост, продажба на стоки, системи за сигурност, документи за самоличност и др. [48]. RFID етикетите могат да бъдат пасивни (не изискват автономно захранване) и активни. При навигационните системи се използват както пасивни, така и активни RFID етикетите с цел локализация на потребителите. Всеки етикет съдържа чип, в постоянната памет на който е записан 64-битов идентификационен код (ID). Прочитането му се реализира чрез т.нар. RFID четци. За позицията на клиента се съди по ID на прочетения етикет. За целта трябва да е известна предварително връзката между позиция на етикет и неговия ID код. Диапазонът на детектиране на RFID етикетите е от няколко сантиметра до няколко метра при UHF RFID етикетите. При повечето навигационни системи за незрящи се използват пасивни RFID етикети, поради тяхната ниска цена (под 0.6 евро при големи количества). Най-често срещаното решение е вграждането на мрежа от RFID етикети в пода (или килими, пътеки), които формират път, който незрящият трябва да следва. За целта RFID четеща се вгражда или на върха на белия бастун, или в обувката на потребителя [49, 50].

Този тип навигация има един съществен недостатък. Не може да се използва за големи сгради, поради огромното количество етикети, които ще бъдат необходими. Освен това вграждането на етикетите в пода на вече построени сгради е трудно и скъпо. При използване на активни RFID етикети позицията може да бъде определена и на базата на RFID радио-честотно насочване.

#### ИЗВОДИ

Изследванията показват, че навигацията на хора със зрителни увреждания се реализира основно чрез белия бастун. Той се използва, както с цел ориентирание, така и с цел откриване и преодоляване на препятствия. За съжаление белият бастун не може да осигури тази навигационна независимост, която е необходима на незрящите, за да се гарантира необходимата им свобода на предвижване. По-голяма част от препятствията не могат да бъдат открити навреме чрез белия бастун. Много по-добри резултати се получават при използване на кучета-водители. Статистиката в световен мащаб показва, че само 3% от хората със зрителни увреждания използват помощта на кучета-водители. Още по-малък е броят на незрящите, използващи електронни системи за навигация. Причините за това са комплексни:

- Цената на по-голямата част от навигационните системи за незрящи е прекалено висока за тях, тъй като те имат ограничени доходи.



- Една част от системите са прекалено сложни за използване или изискват продължителен период за обучение.
- Някои системи допълнително затрудняват ориентирането на незрящите, например: ангажират и двете ръце на потребителя и той не може да разчита на белия бастун; навигацията чрез стерео аудио сигнал блокира възприемането на звуци и шумове от обкръжаващата среда чрез които незрящите се ориентират.

При проектирането на навигационна система за хора със зрителни увреждания от първостепенно значение е правилния избор на потребителския интерфейс. За да може навигационната система максимално да е съобразена с проблемите и изискванията на потребителите е необходимо да се използва User Centered Design (UCD) [51]. Тъй като хората със зрителни увреждания възприемат заобикалящия ги свят и се ориентират по напълно различен начин от зрящите, при създаването на навигационни системи за тях е необходимо да се отчита: предпочитан начин за ориентиране, ниво на владение на технически средства, предпочитан потребителски интерфейс и др.

След анализ на предпочитанията на хората със зрителни увреждания към системите за навигация на закрито (на базата на интервю) и характеристиките на съществуващите системи за навигация на закрито могат да се направят следните изводи:

1. Предпочитаният от незрящите начин за комуникация с навигационната система е чрез натурален говор. Това предполага използването на Text-To-Speech (TTS) програмни модули.
2. Хората със зрителни увреждания предпочитат колкото се може по-детайлно описание на пътя, по който трябва да преминат. Навигационната системата трябва да дава необходимата им увереност, че те следват правилния път. Командите трябва да са разбираеми и еднозначни.
3. Системите за навигация трябва да отчитат, че предпочитаните от незрящите обекти чрез които те най-добре се ориентират, са стени, врати и коридорите, вратите и стълбите.
4. Незрящите се ориентират и по специфични звуци и шум и това предполага навигационните системи да не изискват използването на слушалки.
5. При предвижване от етаж на етаж за предпочитане е да се използват стълбите, а не асансьори и ескалатори.
6. Незрящите предпочитат да се движат в права посока. Желателно е завойите по пътя да са на 90 градуса. Например, навигация от рода на „Звукът на 23 градуса вляво“ затруднява по-голямата част от незрящите. Правите участъци от пътя не трябва да бъдат с голяма дължина. Ако това не е възможно, незрящият трябва да се напътства след всеки (10-20) m, за да е сигурен, че системата работи и не се е отклонил от маршрута.

7. Най-често използваното техническо средство от хората със зрителни увреждания е мобилният телефон. Тъй като по-голямата част от незрящите имат ограничени доходи, навигационните системи не трябва да се базират на смартфони и цифрови персонални помощници (PDA) [52]. Масовата достъпност на навигационните система засега може да се гарантира при използване на мобилни терминали от средния ценови сегмент, които поддържат технология Java 2 Micro Edition (J2ME).
8. Навигационната система не трябва да ангажира и двете ръце на незрящите, тъй като те разчитат повече на белия бастун или на кучето-водач.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на направения обзор и анализа на съществуващите системи за навигация на закрито, адаптирани за хора със зрителни увреждания, може да се направи извода, че все още тези системи се намират на начален стадий на разработка и експериментиране. Не съществува навигационна система, която да гарантира пълна свобода на предвижване на незрящите и да е съобразена с тяхната популателна възможност. Тенденциите в телекомуникационния сектор показват, че за в бъдеще ще има мобилни телефони от средния ценови сегмент с достатъчно функционални възможности (A-GPS, Wi-Fi, RFID четец, акселерометър и електронен компас) за създаване на необходимите навигационни системи, без да е необходима допълнителна апаратна част.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Unite for sight, World Health Organization report, [http://www.uniteforsight.org/eye\\_stats.php](http://www.uniteforsight.org/eye_stats.php), 2009.
2. Съюз на слепите в България, <http://ssb-bg.net/stat.html>, 2009.
3. Montelli, D., R. Navigation. The Cambridge handbook of Visuospatial Thinking, Cambridge University press, 2005, 257-294.
4. Golledge, R. G. Human wayfinding and cognitive maps, Wayfinding behaviour: Cognitive mapping and other spatial processes (John Hopkins University press, Chapret 1, 1999, 5-45).
5. Tversky, B. Structures of mental spaces: How people think about space. – Environment and Behaviour, 35, 2003, No.1, 66-80.
6. Loomis, J. M. *et al.* Assistive wayfinding in visually impaired travellers, Applied Spatial Cognition: From research to cognitive technology, Lawrence Erlbaum Association, 2007, 179-202.
7. Loomis, J. M. Digital map and navigation system for the visually impaired. Unpublished manuscript, Department of Psychology, University of California, 1985.
8. Collins, C. C. On mobility aids for the blind, Electronic spatial sensing for the blind, 1985, 35-64.
9. Ponchillia, P. E. *et al.* Finding a Target with an Accessible Global Positioning System. – J. of Visual Impairment & Blindness, 101, 2007, No.8, 479-488.
10. EGNOS, <http://www.egnos-pro.esa.int/education/index.html>, 2009.

11. H a n c o c , M. B. Electronic Autorouting navigation system for visually impaired persons. US patent number 5806017, 1998.
12. C r a n d a l l , W. *et al.* Talking Signs® Remote Infrared Signage: A Guide for Transit System Managers, Project ACTION, 1995.
13. A b d e l s a l a m ( S u m i ) H., E. M. S t e v e n , R. B a l a j i . Drishti: An Integrated Navigation System for Visually Impaired and Disabled. – Fifth International Symposium on Wearable Computers (ISWC'01), 2001, 149.
14. L i s a , R., H. S u m i , M. S t e v e . Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service. – Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'04), 2004, 23-30.
15. I B M Via Voice, [http://www-01.ibm.com/software/pervasive/embedded\\_viavoice](http://www-01.ibm.com/software/pervasive/embedded_viavoice), 2009.
16. S h o v a l , S., J. B o r e n s t e i n , Y. K o r e n . Auditory Guidance With the NavBelt – A Computerized Travel Aid for the Blind. – IEEE Trans. On Systems, man, and Cybernetics, 28, 1998, No. 3, 459 – 467.
17. B o r e n s t e i n , J., I. U l r i c h . The Guide Cane – A computerized travel aid for the active guidance of blind pedestrians. – IEEE Int. Conf. on Robotics and automation, 1997, 1283-1288.
18. K a y , L., L. C h e s n o k o v a . An ultrasonic based spatial imaging sonar as an alternative to the vOICE light based spatial imaging camera for use by blind persons, – In: World Congress for blind, Baltimore, 2005.
19. B o u s b i a - S a l a h , M., M. F e z a r i . A Navigation Tool for Blind People, Book Innovations and Advanced Techniques in Computer and Information Sciences and Engineering, Springer Netherlands, ISBN 978-1-4020-6267-4, 2007, 333-337.
20. B o h o n o s , S. *et al.* Universal Real-Time Navigation Assistance (URNA): An urban Bluetooth beacon for the blind. – Proc. of the 1st ACM SIGMOBILE Int, Workshop on Systems and Networking Support for Healthcare and Assisted Leaving Environments, 2007, 83-88.
21. Skyhook® Wireless, <http://www.skyhookwireless.com>, 2009.
22. R a j a m a k i , J. *et al.* LaureaPOP Indoor Navigation Service for the visually impaired in a WLAN environment. – Proc. of the 6th WBEAS Int. Conf. on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications, 2007, 96-101.
23. Y o u s s e f , M., A. A s h o k , S. U d a y a . WLAN Location Determination via Clustering and Probability Distribution. – Proc. of the 1st IEEE Int. Conf. on Pervasive Computing and Communications, 2003, 143-150.
24. L a d d , A. *et al.* On the feasibility of using wireless Ethernet for indoor localization. – IEEE Trans. on Robotics and Automation, 20, 2004, No.3, 555-559.
25. R o h s , M. Real-World Interaction with Camera phones. – Int. Symp. on Ubiquitous Computing Systems, 3598, 2005, 2, 74-89.
26. T j a n , B. S. *et al.* Digital Sign System for Indoor Wayfinding for the Visually Impaired. – IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern recognition, 2005, 30.
27. C o u g h l a n , J. Functional assesement of a camera phone based wayfinding system operated by blind and visually impaired users. – Int. J. on Artificial Intelligence Tools, 2009.
28. D u n c a u , R. R. Cipolla. An image-based system for urban navigation. – In: Proc. of the British Machine Vision Conference, BMVC'04, 2004.
29. Y e h , T., K. T o l l m a r , T. D a r r e l l . Searching the Web tith mobile images for location recognition. – In Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and pattern Recognition, 2, 2004, 76-81.
30. Z h a n g , W., J. K o s e c k a . Image based localization in urban environments. – In: Proc. 3rd Int. Symp. on 3D data processing, Visualization, and Transmission, 2006, 33-40.
31. N o r d i n , J., A. M. A l i . Indoor Navigation and Localization for Visually Impaired People using weighted topological map. – J. of Computer Science, 5, 2009, No.11, 883-889.

32. Caperna, S. A Navigation and Object Location Device for the Blind, Ph.D. Thesis, University of Maryland, College Park, 2009.
33. NIST, AIR Blind Navigation System, 2002.
34. Meijer, P. A modular synthetic vision and navigation system for the totally blind. – In World Congress for Blind, Baltimore, 2005.
35. Erp, van Jan *et al.* Waypoint navigation with a vibrotactile waist belt. – ACM Trans. on Applied Perception, 2005, 106-117.
36. Brewster, S., F. Chrohan, L. Brown. Reactive Feedback for Mobile Interaction. – Proc. of the ACM CHI'07, 2007, 159-162.
37. Bourbakis, N. Sensing Surrounding 3D Space for Navigation of the Blind. – IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2008, 49-55.
38. Dead reckoning, [http://en.wikipedia.org/wiki/Dead\\_reckoning](http://en.wikipedia.org/wiki/Dead_reckoning), 2009.
39. Beauregard, S., H. Haas. Pedestrian Dead Reckoning: A Basis for Personal Positioning. – Proc. Of the 3<sup>rd</sup> Workshop on Positioning, Navigation, and Communication (WPNC'06), 2006, 27-35.
40. Popa, M. *et al.* Combining Cricket System and Inertial Navigation for Indoor Human Tracking. – Proc. of IEEE Wireless Communications & Networking Conference, 2008, 3063-3068.
41. Ladetto, Q., B. Merminod. An Alternative Approach to Vision Techniques – Pedestrian Navigation System based on Digital Magnetic Compass and Gyroscope Integration. – 6th World Multiconference on Systemic, Cybernetics and Information, 2002.
42. Alonzo, K. A 3D space formulation of a navigation Kalman filter for autonomous vehicles. The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, CMU-RI-TR-94-19, 1994.
43. Mohamed, H., K. P. Schwarz. Adaptive kalman Filtering for INS/GPS. – J. of Geodesy, 73, 1999, 193-203.
44. Congwei, H. *et al.* Adaptive Kalman Filtering for vehicle navigation. – Journal of GPS, 2, 2003, No.1, 42-47.
45. Dah-Jing, J., H. Cheng-Min. An Adaptive Fuzzy Strong Tracking Kalman Filter for GPS/INS Navigation. – 33rd Annual Conf. IECON'07, 2007, 2266-2271.
46. Wang, J. *et al.* A Neural Network and Kalman Filter Hybrid Approach for GPS/INS Integration. – 12th IAIN Congress and 2006 Int. Symp. on GPS/GNSS, 2006, 277-282.
47. Hesh, J. A., S. I. Roumeliotis. An Indoor Localization Aid for the Visually Impaired. – Proc. IEEE Int. Conf. of Robotics and Automation, 2007, 3545-3551.
48. Ngai, E. W. T. *et al.* RFID Research: An Academic Literature Review (1995-2005) and Future Research Directions. – Int. J. Production Economics, 112, 2008, 510-520.
49. Lawrence, K. Management and navigation System for the Blind. European Patent EP 1829014, 2006.
50. Willis, S., S. Helal. A Passive RFID Information Grid for Location and proximity Sensing for the Blind User. University of Florida Technical Report TR04-009, 2009.
51. Thimbleby, H. Understanding User Centred design (UCD) for People with Special Needs. Book Computers Helping People with Special Needs, ISBN 978-3-540-70539-0, Volume 5105, 2008, 1-17.
52. Gartner, G., F. Ortog. A Survey of Mobile Indoor Navigation Systems. Book Cartography in Central and Eastern Europe, ISBN 978-3-642-03293-6, 2009, 305-319.

# INDOOR NAVIGATION SYSTEMS FOR THE VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

ROSEN IVANOV

## Summary

Integration of people with disabilities including blind in the social life is a state problem both in Bulgaria and abroad. Movement and orientation of people with visual disabilities both indoors and outdoors is an integral part of this problem. An alternative to improve the quality of life for people with visual disabilities, without any means of environmental change, is the creation of electronic mobile navigation systems.

In the present review an analysis of existing navigation systems adapted for people with visual disabilities is presented. Their advantages and disadvantages are described. The conclusion that can be made is that these systems still are in early stages of development and experimentation. There is not a navigation system that guarantees complete freedom of movement of the blind and is consistent with their purchasing opportunity.

The main problems that must be addressed in developing systems for indoor navigation adapted to people with visual disabilities are specified.

*Постъпила на 25.02.2010 г.*

*д-р инж. Росен Иванов, доцент*  
*e-mail: rs-soft@ieee.org*  
*TU – Габрово*

*Rosen Ivanov, Assoc. Prof., Eng.*  
*e-mail: rs-soft@ieee.org*  
*TU – Gabrovo*