

\*КАО ФИОРИЛО, #А. ЛА ГАТТА,\* СА ПУЛЛАНО \*Универзитет  
 Магна Граџица, Школа иомедицинског инжењерства, Одсек за здравствене науке, Цампус Германето, Цатанзаро  
 ТСЕМ спа, Виа Енрицо Маттеи 18,  
 # Саццолонго, Падова ИТАЛИЈА нино@уницз.ит, а.лагатта@тсем.ит,  
 пуллано@тсем.ит,.

Предложени су различити типови технолошких уређаја за позиционирање у затвореном простору, али већину ометају различите врсте сметњи, због извора светлости или топлоте у окружењу. То може укључивати инфрацрвено зрачење и вештачки вид, као и радиофреквенцију, којима су често потребна специјализована електронска кола да и правилно функционисала. У ограниченим просторима (нпр. у возилима), праћење се може вршити по ниским трошковима помоћу малих, поузданих уређаја. То могу бити релативно једноставна електронска кола, која имплементирају различите алгоритме у циљу добијања прецизне ефективне обраде сигнала коришћењем ултразвучних таласа. Ултразвучни таласи у ваздуху су много мање погођени него други облици енергије зрачења; они су такође ефикасни у различитим условима околине, осим што су компатибилни са светлошћу, температурним варијацијама и електромагнетним пољима. Нарочито су веома погодни за надзор у возилима. Овај чланак се бави развојем ултразвучног сензора заснованог на технологији фероелектричног полимера који поседује све претходно наведене карактеристике. Мрежа од четири елемента предајника/пријемника је постављена на возилу и покреће се у фреквенцијском опсегу између 30кХз и 120кХз. Резултати о унутрашњем позиционирању су дати применом алгоритама унакрсне корелације и на крају су размотрени.

Аутомобилска техника, возачка возила, контрола положаја, пиезополимер, ултразвучни претворници, сензорске мреже, обрада сигнала

Обављање надзора за возила несумњиво постоје већ већине путника и возила. У последњој деценији развој инструментационих система (који омогућавају процену перформанси возача и возила) је опширно истражен [1]. Што се тиче возача, већ су комерцијализовани интрузивни уређаји за процену физиолошких индикатора као што су системи засновани на ЕКГ5, ЕЕГ5, ЕОГ5, као и етилометар (нпр. алцоолоцк систем који је увео Волво[2]) [3]5[5]. Међутим, возила нису опремљена унутрашњим ЗД системима за позиционирање.

У многим околностима у којима су путници електрични возачи, људи са смањеним моторичким способностима, старије особе или, у неким случајевима, животиње, ЗД познавање неструктурираног унутрашњег окружења повећава ниво безбедности. Многи системи засновани на различитим сензорним технологијама као што су инфрацрвено зрачење, радиофреквенција, вештачки вид и ултразвук (УС) су предложени за позиционирање унутар ограниченог подручја. Скоро све ове технологије су мало погодне за унутрашње позиционирање, а посебно за надзор возила у возилу, пошто су скупе и гломазне, у неким случајевима, или их ометају сметње због светлости околине

или извора топлоте. Штавише, у многим случајевима су им потребна специјализована електронска кола да и функционисали. Чини се да су амерички сензори у ваздуху тренутно најпоузданија технологија за надзор на плочи. Овај чланак покрива пиезополимер ултразвучни сензор, заснован на поливинилиденфлуориду (ПВДФ или ПФФ2), који су претходно истраживали аутори у области ио5сонарне мимезе [6].

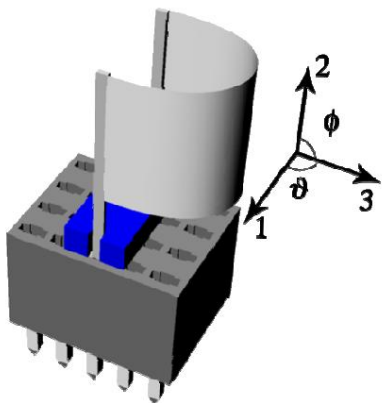
Прво је укратко описан принцип рада претварача и електронске јединице, а затим је приказан рад 45 сензорске мреже која се налази на плочи за надзор у затвореном простору применом технике унакрсне корелације. Амерички систем има за циљ побољшање перформанси одређених врста алгоритама као што је АНГЕЛ (АНАлизер Гас Експиратори Левел). АНГЕЛ систему је потребно на удаљеност извора алкохола од сензора да и правилно измери концентрацију алкохола у крви возача.

Што се генерисања и детекције акустичних таласа тиче, само је ограничен број технологија претварача погодан за производњу поузданих и конкурентних сензора за примену у САД

у ваздуху. Конкретно, технологија фероелектричних полимера је показала своју вредност у односу на стандардне пиезоелектричне материјале [7], због веома ниске цене, мале тежине, смањених димензија, конформности и отпорности на сметње и лакоће склапања и монтаже.

ПВДФ хеми5-цилиндрични претварач је произведен и окарактерисан на ниским фреквенцијама у опсегу између 30 кХз и 120 кХз. И предајник и пријемник су реализовани савијањем траке од 15 мм к 3 мм од ПВДФ-а растегнуте дуж правца 1 (или „машинског правца“) и поларизоване употребом високог електричног поља дуж правца 3 (или „попречног правца“) као што је приказано на слици 1.

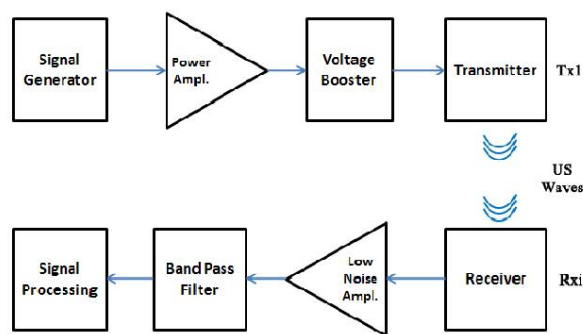
Уздужно кретање равнoг лима, дeљине 48 Гм и укључујући метализацију средине 5 мастила на ове велике стране, претвара се у радијалну вибрацију закривљеном геометријом уређаја омогућавајући генерисање акустичних таласа у правцу 3. Резонантна фреквенција зависи од физичких карактеристика ПВДФ-а као што су маса, радијус савијања итд. Промена полупречника  $r$  се може посматрати као промена дужине  $l = \pi r$  закривљеног пиезо филма. Ова промена појлашава перформансе полимерног претварача који ради и на константној фреквенцији (ЦФ: константни радијус савијања), и на модалитетима модулације фреквенције (ФМ: варирање радијуса савијања) [8].



Фиг.1. Монтажа ПВДФ закривљеног претварача

Због ниске ефикасности пиезоелектричног филма, погонско коло предајника генерише висок излазни напон (нпр. неколико стотина Волти) око резонанце. Као што је приказано на слици 2, коло се углавном састоји од оперативног појачивача снаге праћеног трансформатором за појачавање напона, који генерише сигнале синусоидног рафала до

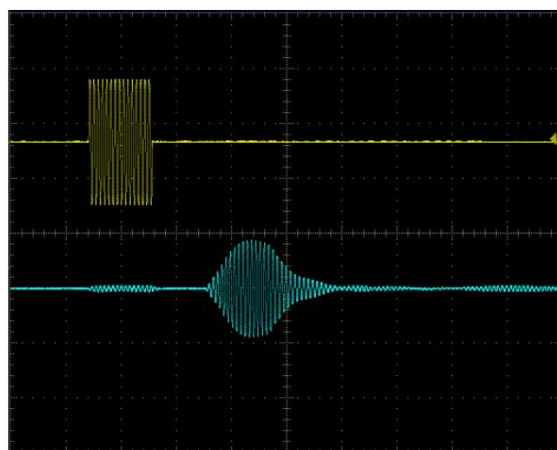
неколико стотина волти, за покретање америчког предајника који ради у одређеном пиезоелектричном режиму. У пријему се користи исти претварач, у директном пиезоелектричном режиму, а његов сигнал слабијег напона, генерисан долазним ултразвучним таласима, кондиционира се прво са нискошумним појачалом са високим појачањем [9], затим филтрира и поново појачава како би се извршио одговарајући сигнал који ће се обрадити рачунаром.



Фиг.2. Блок дијаграм кола која се користе за кондиционирање сигнала претварача у преносу и пријему.

Захваљујући својим пиезоелектричним карактеристикама (као што је низак фактор квалитета,  $Q = 6$ ) ПВДФ претварач ради на широкопојасној фреквенцији око резонанце, што је пожељно у ФМ модалитету.

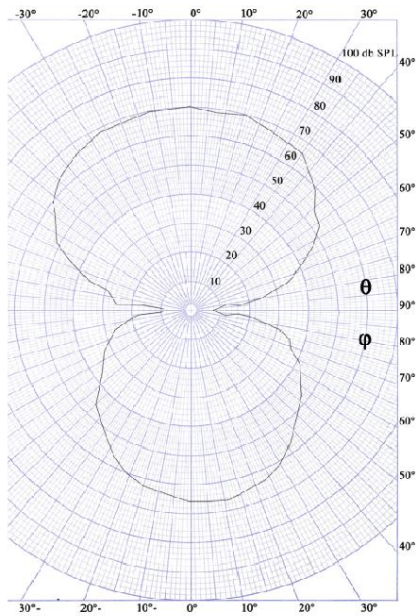
ФМ сигнале ефикасно користе слепи мишеви за одређивање домета, а сличне технике се истражују на различитим фреквенцијама (30 кХз, 60 кХз, 90 кХз и 120 кХз) у покушају да емулирају ехо-сонар (Слика 3).



Фиг.3. Рафални сигнал од 60 кХз примењен на пиезофилм (жути), а ехо примљен у равни позиционираној на 0,3 м (плато).

Одређени зрачења је карактерисан мерењем нивоа звучног притиска, на минимуму

растојање од 0,30 м у две различите равни  $\langle 1,3 \rangle$  и  $\langle 1,2 \rangle$  за  $\theta$  и  $\varphi$  у опсегу угла од  $590^\circ$   $\pm 90^\circ$  респективно. Просечан ниво притиска 4 предајника је приказан на слици 4.

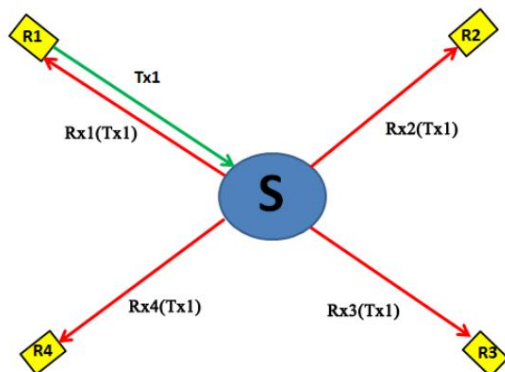


Фиг.4. Шема зрачења предајника у окомитим равнима  $\langle 1,3 \rangle$  и  $\langle 1,2 \rangle$ .

Састављање пиезо5 филма у несавршеној хеми5 цилиндрични о лик потиче лажно очно зрачење и генерише секундарне хармоније са последичним гу титком енергије зрачења.

!

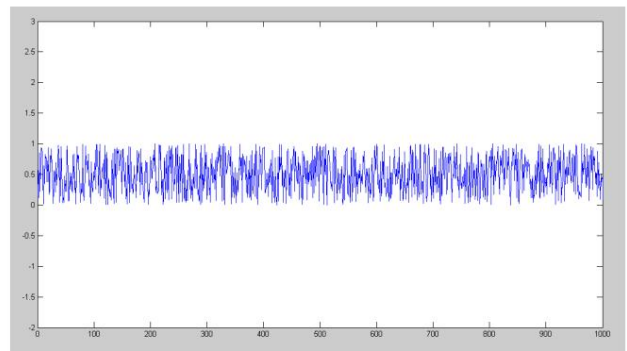
Да и се прецизно лоцирао положај одређеног тела у датом тренутку у затвореном окружењу (као што је унутрашњост аутомо ила), потре но је скенирање података околних о јеката који су већ смештени у том простору.



Фиг.5. Ултразвучни систем позиционирања заснован на четири тачке преноса и пријема. Током комплетног циклуса сваки претварач ради и као предајник  $Tx_j$  и као пријемник  $R_k$ , док осталих  $n$  претварача ( $n \neq j$ ) раде само у режиму пријема.

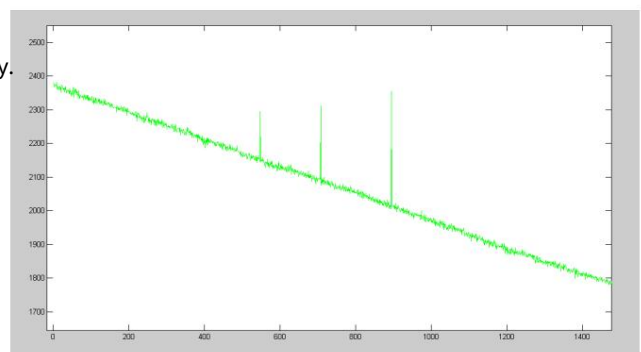
Слика 5 приказује подешавање које се користи за праћење положаја тела  $C$  у одељку аутомо ила.

Четири ПВДФ сензора ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) су постављена на реду, од којих сваки, који ради у о рнутом и директном модалитету, има могућност и преноса и пријема сигнала САД. Док  $P_1$  почиње да емитује ултразвучни импулс ( $Tx_1$ ),  $P_2, P_3$  и  $P_4$  раде као пријемници. Након преноса,  $P_1$  такође прелази у режим пријема. Амерички сигнал се од ија када погоди мету  $C$ , или се рефлектује под различитим угловима и примају га сензори.



Фиг.6. Широкопојасни сигнали слични су псеудо5 насумичним импулсима  $Tx_1, Tx_2, Tx_3, Tx_4$

Сваки примљени сигнал је унакрсно корелиран ( $K_{сцорр1}$ ) са емитованим сигналом  $Tx_1$  (слика 6). Свака максимална тачка  $K_{сцорр1}$  представља временско кашњење рефлексије сигнала од мете и других тела (слика 7). Отуда се детектује ило који  $N$  релативни максимум у  $K_{сцорр1}$  и одговарајуће време се чува у матрици ( $M_1$ ).



Фиг.7. Максимална тачка  $K_{сцорр1}$  представља временско кашњење рефлексије сигнала од  $C$  и других тела.

Затим  $P_2$  шаље сигнал ( $Tx_2$ ) и прелази у режим пријема.

Сензори ће примити четири сигнала за унакрсну корелацију са  $Tx_2$  и одредити максималне тачке  $K_{сцорр2}$ . Одговарајуће време се чува у другој матрици ( $M_2$ ).

Исто тако, М3 и М4 су одређени сигнаlima Тк3 и Тк4 које емитују Р3 и Р4, а примају их сва 4 претварача.

На крају циклуса једна појединачна матрица (Мс) укључујући М1, М2, М3 и М4 је завршена. Мс садржи све податке о стварној позицији С. Цикличним извођењем ових операција н пута ша лон са н матрицом (Мс1, Мс2, Мс3, Мс4, ...Мсн), подаци се чувају, што у потпуности карактерише системско окружење: положај сензора, положај зида, рзина звука, околни о јекти. Да и се лоцирао циљ, врши се мерни циклус, затим се израчунава Мс и на крају се пореди са ускладиштеним ша лоном помоћу индекса унакрсне корелације (ЦЦИ). Циљ се налази када ЦЦИ достигне своју максималну вредност.

## II

Одређивање нај ољег сигнала за употре у је један од најважнијих фактора који осигуравају да систем исправно ради. Унутрашњи 2Д или 3Д системи за позиционирање захтевају да сигнали које преносе Р1, Р2, Р3 и Р4 задовољавају одређени скуп карактеристика.

Главни про леми са којима се тре а суочити су из ор:

- Таласна дужина сигнала  $\lambda$
- Ширина опсега сигнала
- Трајање сигнала

Да и се из егла ситуација у којој сигнал надјача мету а да је не погоди,  $\lambda$  мора ити много мање од просечне величине.

У фреквенцијском опсегу рада, који се креће од 30 кХз до 120 кХз,  $\lambda$  је реда величине неколико милиметара, погодан за најсофистицираније, фино 5 зрнасте локацијске системе. Поред тога, низак фактор квалитета  $K < 6$  ПВДФ закривљеног претварача је довољан да пошаље (и прими) широкопојасне сигнале сличне псеудо5 насумичним импулсима Тк1, ..., Тк4.

Време трајања сигнала Тк1...Тк4 импулса је кључни параметар да и се из егло делимично преклапање емитованих сигнала са примљеним ехоима.

Ово се може догодити ако је сигнал предугачак у односу на време потре но да се пређе удаљеност до нај лиже мете.

## # \$

Истраживање широкопојасног ултразвучног локацијског система за надзор на плочи помоћу пиезо5 полимерне УС трансдукторе је урађено у овом раду. Сензор показује велики потенцијал за рзо

постаје стандард за све инструментационе системе који зависе од потпуне и поуздане методе локализације.

Представљени претварач је детаљно окарактерисан како и се истакла његова спосо ност рада коришћењем широкопојасних сигнала.

Мали, јефтине пиезо5полимер елементи претварача су коришћени у јединицама коришћењем методе компактне монтаже. Лако постављање, чињеница да није гломазан и ез сметњи5 чини имплементацију овог система изводљивом у ило којој врсти аутомо ила или ком ија. Крст 5

Корелациона техника заснована на псеудо5случајним сигнаlima је имплементирана како и се истакле перформансе претварача коришћењем система цикличних ша лона и индекса унакрсне5корелације. Предложеним уређајем и се могла постићи оља и ефикаснија употре а постојећих система пасивне ез едности (нпр. оптимизација времена активирања ваздушних јастука у зависности од тачног положаја возача и путника у тренутку ударца), отварајући ново и неистражено поље за све могуће, ненаметљиве, он5 апликације.

% Прелиминарни резултати су показали да систем са америчким пријемницима и предајницима постављеним око одређеног о јекта и централизованим системом о раде сигнала даје тачност мању од 0,01 м компати илну са нормалним кретањем путника.

У овом контексту је од велике важности и мерење рзине померања тела да и се открила ситуација у којој путници нису у до рој позицији. Даљи развој овог система могао и поставити нове стандарде у ез едној вожњи и превенцији сао раћајних незгода.

## &' (

Аутори се захваљују аутомо илској групи ФИАТ и свим осталим партнерима. Овај рад је урађен у оквиру националног научног пројекта ПОН01\_00744 ДРИВЕ ИН2 за Европску заједницу који подржава италијанско Министарство за универзитете и истраживања.

[1] И. Донг, З. Ху, К. Уцхимура, Н. Мураиама, Систем за праћење непажње возача за интелигентна возила: Преглед,

, Вол. 12, р. 2, 2011, стр. 5965614

- [2] П. Магнуссон, Л. Јакобсон, С. Хултман, Алцохол Интерлоцк Системс у Шведској 10 година систематског рада,!" Вол. 40, р. 3, 2011, стр. 378-379.
- #\$% ХС Схин, С.5]. Јунг, Ј. Ким, ВИ Цхунг, Систем за праћење стања возача аутомобила у реалном времену, &' (\*) + "2010, стр. 9515954
- #,% ЦТ Лин, ИЦ Цхен, ТИ Хуанг, ТТ Цхи, Л.5В. Ко, СФ Лианг, ХИ Хсиех, СХ Хсу, ЈР Дуанн, Развој ежичног модног рачунарског интерфејса са уграђеним планирањем више задатака и његова примена на детекцију и упозорење на поспаност возача у реалном времену, -, Вол. 55, р. 5, 2008, стр. 158251591.
- [5] ТЦ Цхиех, ММ Марзуки, Х. Аини, ХС Фарсхад, МБ Иеоп, Развој система за детекцију поспаности возача помоћу електроокулограма (ЕОГ), + "1 - 2005, стр. 51655168. /0
- [6] АС Фиорилло, СА Пуллано, Фероелектрични полимер за реплику Био5Сонара. У: 2, ур. Интецх, 2011, стр. 75594.
- [7] Х. Каваи, "Пијезоелектричност поли(винилиден флуорида)" 3 03, књ. 8, 1969, стр. 9755 976.
- [8] АС Фиорилло, Ултразвучни претварач са ниским синтетичким фактором квалитета, 0 4, Вол. 68, р. 2, 1996, стр. 1645166.
- [9] АС Фиорилло, Анализа уке у ултразвучним ПВДФ сензорима са ваздушном 26 спрегом, 5" 2+, Вол. 47, Но.6, 2000, стр. 143251437