

Autonomna vozila: početak i primena robotizovanih vozila u saobraćaju

Miloš N. Kajtez

Sadržaj - Kroz ovaj rad na temu autonomnih vozila istraživane su tehničke karakteristike samih vozila, njihovih komponenti, tehnologije koje su primenjene, kao i ključni sistemi. Pomenuta je i sama arhitektura autonomnih vozila. Takođe, da bi se videla trenutna primena čitaocima je približen i objašnjen vodeći projekat ovakvog tipa vozila, u pitanju je Gugl vozila – eng.: „Google driverless car“, kao i primena i legalizacija njihovih vozila.

Ključne reči - autonomna vozila, robotika, veštačka inteligencija, paradigme, senzori, navigacija, tehnologija.

I. UVOD

KAO što je poznato u svetskim okvirima, tendencije u daljem tehnološkom razvoju i razvitku u svim granama industrije jesu razvitak robota i same veštačke inteligencije. S obzirom da se već godinama unazad napredovalo u rešavanju problematike robota i ljudske svesti o njima, trenutni period je takav da se došlo i do komercijalizacije i same upotrebe pojedinih veštačko inteligentnih mašina u ljudskom okruženju. Jedna od ključnih ideja i primena robota u ljudskim životima jeste i upotreba robotizovanih vozila (eng. *driverless cars*) ili autonomnih vozila (eng. *autonomous cars*) u saobraćaju [2]. Evidentan je rast kretanja ljudi prevoznim sredstvima (ličnim vozilima i javnim prevozom),

Miloš Kajtez, Računarski fakultet, Srbija (telefon: +381/11-2627613; faks: +381/11-2623287; e-mail: mkajtez@live.com).

samim tim i veći je rizik od saobraćajnih nezgoda, potrebno je više resursa za sve veći broj vozila, gužve-vreme izgubljeno u saobraćaju itd. su neka od ključnih pitanja saobraćaja današnjice. Da li se pojavom autonomnih vozila, mogu rešiti neki od gore pomenutih aspekata?! Koji će biti uticaj takvih vrsta vozila? Tu je i problematika sa legalno pravnih aspekata, sa ključnim pitanjima: ako dođe do nesreća, koga kriviti; koji će biti uticaj na osiguravajuće kompanije; smanjenje stope zaposlenosti, npr. taksi udruženja; ili povećanje broja stručnjaka iz oblasti tehnologije; ovo su samo neka od pitanja koja se postavljaju i koja pokreću „Pandorinu kutiju“ autonomnih vozila na ulicima...

Bitan faktor kao naučne discipline u projektu autonomnih vozila ima veštačka inteligencija (robotika), sistemi zasnovani na znanju i ekspertni sistemi, kao i mnoge druge nauke kao što su na primer fizička logika i sl. Bez ovih naučnih disciplina ne bi bilo moguće stvoriti takvu tehnologiju koja bi mogla da sačinjava jedan ovakav sistem kao što je autonomno vozilo ili ceo sklop sistema saobraćaja bez direktnog uticaja čoveka na upravljanje u realnom vremenu [1].

Autonomna vozila, takođe znana kao automatizovana vozila, ili neformalno kao robotizovana vozila ili samovozeća vozila, su motorna vozila koja mogu samostalno da se kreću (tj. bilo koja osoba da sedi na vozačevom mestu, a i ne mora, sve funkcije u realnom vremenu vožnje prebačene su na takozvani *Vehilce Automation System*). Autonomna vozila su vozila kojima nije potreban vozač, takođe se nazivaju i robotizovana vozila. Ovakva vrsta vozila imaju mogućnost da vrše sve funkcije koje čovek radi dok upravlja vozilom; sama detektuju sredinu u kojoj saobraćaju, „vozač“ je potreban samo da odabere destinaciju i ne mora da vrši bilo kakvu operaciju tokom vožnje.

Sistem tumači informacije i procesira ih da bira puteve, brzinu koja je dozvoljena i prepreke na koje može naći. Mape koje koriste moraju biti konstantno ažurirane jer putevi kao i zakoni o saobraćaju mogu biti često menjani. Ali ova funkcija se takođe mora razvijati sama, jer to ustvari ono oko čega se radi, vozač se pretvara u putnika. Što se tiče sistema koji se koristi: "Eksperimentalni automobil je imao bezbednog vozača za volanom i softverskog inženjera u putničkom sedištu koji je pratio program koji omogućava automobilu da samostalno upravlja vozilom prometnim ulicama i

putevima", prema *Google* blogpost od *Sebastian Thrun*-a, softverskog inženjera kompanije.

Automobil može samostalno upravljati pomoću video kamere, radarskih senzora i laserskih daljinomera pomoću kojih može i da "vidi" druge "učesnike" u saobraćaju, kao i detaljne mape. *Google's street view* podaci omogućavaju automobilu da planira svoje puteve gledajući raskrsnice i puteve unapred."Auto pomoću ultrazvučnih senzora i senzora kamere beleži informacije koje se stiču neprekidno. Obrada videa otkriva bočne linije, položaj robota u odnosu na ove linije, kao i udaljenost od drugih vozila. Sve ovo je ono što čini auto da bude samostalan i bez upotrebe vozača-čoveka.

Saobraćajni komunikacioni sistemi su integrisani tip mreže u kojem su vozila i drugi delovi duž puta komunikaciona čvorišta koja pružaju jedni drugima informacije.

Autonomna vozila „osećaju“ njihovo okruženje pomoću tehnologija kao npr. što su radar, lidar (ladar), *GPS* i „računarsko viđenje“. S obzirom da se susrećemo sa nekim tehnologijama koje nisu u cestoj upotrebi i strana su većini ljudi, biće objašnjene u delu rada o tehnologijama autonomnih vozila. Napredni sistemi upravljanja tumače senzorne informacije da bi identifikovali odgovarajuće navigacione putanje, kao i prepreke i relevantne signalizacije. Pojedina automatizovana vozila mogu da štaviše ažuriraju njihove mape na osnovu ulaza informacija iz senzora omogućavajući im da se kreću kroz nepoznate sredine koje nisu bile prvobitno uoisane u mape ili je došlo do nekih promena kasnije.

II. TEHNOLOGIJA (SENZORI)

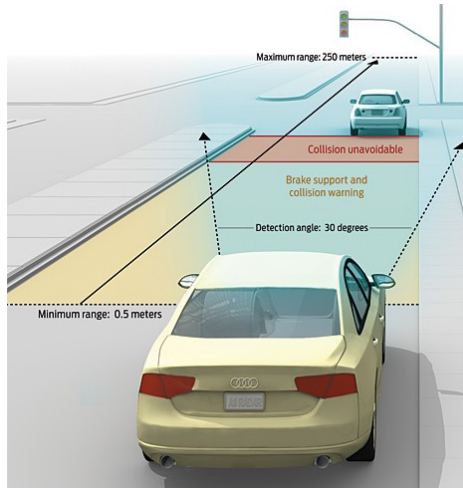
U kratkim crtama biće objašnjeni pojmovi različitih vrsta senzora koji se koriste kod autonomnih vozila, kasnije u odeluku Komponente sistema biće prikazani i u praksi.

Radar je objekat sistema detekcije koji koristi radio talase da odredi opseg-razdaljinu, smer ili brzinu objekata. Radar je tajno razvijan od nekoliko zemalja još pre i tokom Drugog svetskog rata. Termin RADAR je nastao u Sjedinjenim Amreičkim Državama tokom 1940 godine od strane mornarice kao akronim za ***Radio Detection And Ranging***. Moderna upotreba radara je veoma raznovrsna, primenjuje se u raznim sferama: vazduhoplovstvu, nadgledanju morskih dubina, u astronomiji, vazdušno

Vol. 6, 2014.

odbrambenim sistemima, medicini... Veliku upotrebu dobija i u autonomnim sistemima za upravljanje vozilima [6].

LADAR/LIDAR LAser Detection And Ranging ili **LIGht Detection And Ranging** koristi lasersku svetlost da otkrije udaljenosti objekata, slično radarskim sistemima. LIDAR laseri koristi ultraljubičaste, vidljive, ili skoro blizu infracrvene svetlosti, da bi oslikali objekte i mogu se koristiti za širok spektar ciljeva uključujući nemetalne objekte, stene, kišu, hemijska jedinjenja, aerosoli, oblake, pa čak i pojedinačne molekule [7]. Uski laserski zrak može da mapira fizičke osobine objekata sa veoma visokom rezolucijom. LIDAR tehnologija se koristi u robotici za opažanje životne sredine, kao i za klasifikaciju objekata. Sposobnost LIDAR tehnologije omogućava da obezbedi trodimenzionalne mape terena, visoku preciznost udaljenosti, i brzinskim pristupom da omogući bezbedno zaustavljanje vozila sa visokom stepenom tačnosti. LIDAR se kod vozila koristi u adaptivnoj kontroli kretanja (*Adaptive Cruise Control – ACC*). Sistemi poput Siemens-a i Hella koriste LIDAR uređaje montirane na prednjem delu vozila, kao što je braniku, da prate rastojenje između vozila, i bilo kog vozila ispred, slika 1.



Slika 1: Šematski prikaz snopa svetlosti LIDAR-a

GPS Global Positioning System je sistem zasnovan na prostoru satelitske navigacije, koji obezbeđuje tačnu lokaciju i poziciju vozila u svim vremenskim uslovima, bilo gde na zemlji. U robotici primena GPS uređaja se

zasniva na samostalnoj navigaciji korišćenjem GPS senzora, koji izračunavaju geografsku širinu, dužinu, vreme i brzinu, pa na osnovu koordinata mape daju informacije sistemima unutar autonomnih vozila [8].

Computer Vision je polje koje obuhvata metode za dobijanje, obradu, analiziranje i razumevanje slike i, u principu, visoko dimenzionalne podatke iz realnog sveta u cilju da proizvedu numeričke ili simboličke informacije. Kao tehnološka disciplina, *Computer vision* nastoji da primenjuje svoje teorije i modele za izgradnju CV sistema. Primeri ove tehnologije se mogu naći u raznim sistemima, pa i u robotici odnosno sistemu autonomnog vozila [9].

Odometar ili odograph je instrument koji služi za da pokaže udaljenost koju je vozilo prešlo. Većina odometara radi brojanjem rotacije točkova, pređeno rastojanje se meri brojem obrtaja točka puta dimenzija obim gume.

III. LIDAR SISTEMI

Kao jedan od važnijih faktora u konceptu autonomnih vozila LiDAR sistem je od bitne važnosti za samo pozicioniranje vozila i sredine u kojoj se vozilo kreće, odnosno za interakciju između samog vozila i svih objekata u njegovom okruženju. Da bi smo koncept LiDAR sistema i samih LiDAR senzora shvatili kao jedan od bitnijih faktora u autonomnim vozilima, morali bi prvo da razumemo i njihovu pozadinu, odnosno sistem ili bolje rečeno disciplinu sistema koji se zasnivaju na nekom prikupljenom znanju, ukratko sistemi zasnovani na znanju, što je već bilo pomenuto u uvodnom delu.

LiDAR, ili 3D laser skeniranje, je osmišljen 1960-ih za otkrivanje podmornica iz aviona, a rani modeli su uspešno korišćeni početkom 1970-ih u SAD, Kanadi i Australiji. Tokom preteklih deset godina došlo je do značajnijeg pomaka u u potrebi LiDAR senzora. Ovo je praćeno povećanjem svesti i razumevanjem o LiDAR sistemima u industrijama koje nisu isključivo povezane i gde je usvojena primena istih.

Terenski LiDAR sistemi su veoma slični LiDAR sistemima koji se korsite na letelicama, većina LIDAR sistema su napravljeni od LIDAR senzora, GPS resivera, interne merne jedinice „inertial measurement unit“ (IMU), ugrađenog računara i uređaja za čuvanje podataka. Jedina razlika između LiDAR sistema koji se koriste na zemlji i u vazduhu jeste da IMU nije potrebno za tzv. terenski LiDAR sistem koji je uglavnom montiran na stativ

na kom LiDAR sensor rotira svih 360 stepeni. Pulsirajući laserski zrak se reflektuje od objekata, kao što su prednje strane zgrada koje se nalaze na pravcu kretanju laserskog zraka, bandera, vegetacije, drugih vozila, i naravno ljudi i životinja. Povratni impulsi se snimaju, a rastojanje između senzora i predmeta se obračunava. Prikupljeni podaci su u „point cloud“ formatu, što je trodimenzionalni niz tačaka, od kojih svaka ima x, y i z pozicije u odnosu na izabrani koordinatni sistem.

Kako ustvari LiDAR radi (nauka iza tehnologije)? Princip LiDAR sistema je zaista vrlo jednostavan. Merenje vremena koje je potrebno da obasjana mala svetlost dođe do površine i vrati se nazad do izvora. Primer: kada upalite baklju površinu koju zagaravo vidite je svetlost od baklje koja se reflektuje preko te površine i projektuje na vašu mrežanjaču. Svetlost putuje veoma brzo 300.000 kilometara u sekundi, tako da pretvaranje svetlosti deluje da je trenutno. Naravno, to nije! Oprema potrebna za merenje mora da radi izuzetno brzo. Tek sa napredkom modernih kompjuterskih tehnologija to je postalo moguće.

Stvarna računica za merenje koliko daleko je povratni svetlosni foton putovao do i od objekta je prilično jednostavna (1).

$$Distanca = (brzini\ svetlosti \times vreme\ leta) / 2 \quad (1)$$

LiDAR instrument ispaljuje automatske brze impulse laserske svetlosti na površinu i do 150.000 impulsa u sekundi, senzor na instrumentu meri količinu vremena koja je potrebna da se svaki impuls odbije nazad. Svetlost se kreće konstantnom brzinom tako da LiDAR instrument može da izračuna distancu između sebe i cilja sa visokom preciznošću. Ponavljanjem toga izuzetno brzim nasleđivanjem instrument pravi složenu mapu površine koju je izmerio.

Generalno, postoje dva tipa LiDAR metoda detekcija. “Direct energy” detekcija, takođe poznata kao nepovezana, i koherentna detekcija. Koherentni sistemi su najbolji za “Doppler” ili fazno osetljiva merenja i generalno koriste optičko heterodinu detekciju. To im omogućava da rade sa mnogo manje sange, ali ali ima veće troškove zbog zahteva za monog kompleksnijim primopredajnicima. U oba tipa LiDAR sistema postoje dva glavna modela pulsa: mikropuls i visoko-energentni sistemi. Mikropulsni sistemi su se razvili kao rezultat moćnijih računara sa većim računarskim mogućnostima.

Ovi laseri su slabije snage i klasifikavani kao “eye-safe” omogućavajući im da se koriste sa manjim merama bezbednosti. “High energy” sistemi ili visoko energentni sistemi se najčešće koriste za atmosfersko istraživanje gde se često koriste za merenje različitih atmosferskih parametara kao što su visine, slijevi i gustine oblaka, temperatura, pritisak, vetar, vlaga i tragove koncentracije nekog gasa.

Većina LiDAR koriste četiri glavne komponente [11]:

- ***Laseri***

Laseri su kategorizovani prema njihovoj talasnoj dužini. 600-1000 nm laseri se češće koriste za ne naučne svrhe, ali, jer oni mogu biti usmereni i lako apsorbujući za ljudsko oko, maksimalna snaga se mora ograničiti da budu takzovano „eye-safe“ bezbedni za oči. Laser sa talsnom dužinom od 1550 nm su uobičajena alternativa pošto nisu u fokusu oka i takođe su „eye-safe“ na mnogo višim nivoima snage. Ove talasne dužine se korsite za veće dometa i u svrhe manje tačnosti. Još jedna prednost 1550 nm talsanih dužina je da se ne vide pod takozvanim noćnim pogledom (night-vision) i stoga je pogodan za vojne namene.

- ***Skeneri i optike***

Brzina kojom slike mogu da se razviju je uslovljeno brzinom kojom one mogu da se skeniraju u sistem. Različite vrste metoda skeniranja su dostupne za različite namene. Njihova vrsta optike određuje koja rezolucija i opseg može biti detektovana od strane sistema.

- ***Foto-detektori i elektronski prijemnici***

Foto detektor je uređaj koji čita i beleži signal koji je vraćen ka sistemu. Postoje dve glavne vrste foto detektor tehnologija, „solid state“ detektori i foto multiplikatori.

- ***Navigacija i sistemi pozicioniranja***

Kada se LiDAR senzor postavi na mobilnu platformu kao što su sateliti, avioni ili automobili, neophodno je da se odredi i njihova apsolutna pozicija i orijentacija senzora da bi se dobili upotrebljivi i tačni podaci podaci. Global Positioning Systems - GPS obezbeđuju preciznu geografsku informaciju na osnovu pozicije senzora i Inertia Measurement Unit (IMU) beleži preciznu orijentaciju senzora na toj lokaciji. Ova dva uređaja obezbeđuju metod za prevod podataka senzora u statičke tačke za upotrebu u različitim sistemima.

LiDAR je postao sve više populara kao sistem za navođenje autonomnih vozila. Brzina i tačnost skenera znači da se podaci mogu biti preneti u sistem da se obrade i vrate više ili manje u relanom vremenu. Ovo omogućava uređaju koje kontroliše vozilo da prepozna prepreke i da ažurira svoju rutu u veoma maloj količini vremena.

LiDAR je već našao i primenu u komercijalnim vozilima kroz razne vidove tehnologija i asistencija vozačima tokom vožnje.

LiDAR se koristi za kreiranje *Adaptive Cruise Control (ACC)* sistema za komercijalne automobile. Sistemi kao što su Siemens i Hella koriste LiDAR uređaj postavljen na prednjem delu vozila da nadgleda razdaljinu između vozila i bilo kog drugog vozila ispred njega. Često, laseri su postavljeni na branik vozila. U slučaju da vozilo ispred usporava ili je preblizu, ACC primenjuje kočnicu da bi usporio ili zaustavio vozilo. Kada je put ispred čist, ACC omogućava vozilu da ubrza do brzine koju je postavio vozač.

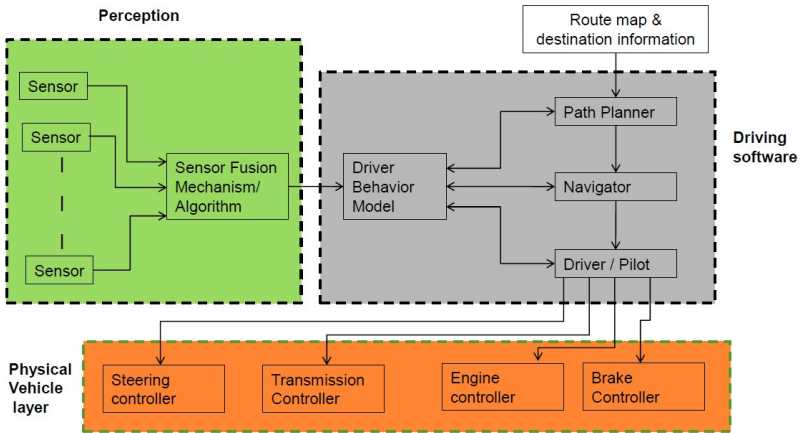
LiDAR je takođe inkorporiran u razvoj zvani *Pre-Scan* gde laseri skeniraju površinu puta nekoliko stotina puta u sekundi. Zatim se ova informacija prosleđuje putnom računaru u vozilu i procesuiru u frakciji od sekunde koje prilagođava pojedinačno vešanja na svakom točku. Cilj ove tehnologije je da se obezbedi besprekorni i najsigurniji mogući prevoz umanjujući reakcije točka i gume na nedostacima na površini asfalta ili da upozori o preprekama ili tzv. udranim rupama.

IV. ARHITEKTURA AUTONOMNIH VOZILA

Arhitekturu autonomnog vozila (inteligentnog vozila) je zasnovana na hibridnoj paradigmi. Arhitekturu možemo razdvojiti u tri nivoa ili grupe. Nivo opažanja, nivo upravljačkog softvera i fizički nivo vozila, što je i grafički predstavljeno na slici 2.

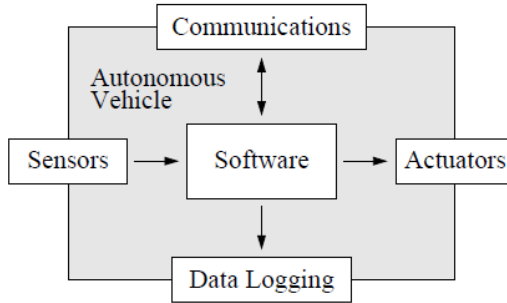
- Nivo opažanja čine različite vrste senzora koji prikupljaju informacije spoljašnjeg sveta, takozvanom fuzijom senzora pomoću odgovarajućeg algoritma.
- Nivo upravljačkog softvera, ili drugačije zvan nivo promišljenosti agente upravljanja vozilom, planer puta, navigator i vozač.

- Fizički nivo vozila, ili reaktivni sloj u sebi sadrži kontrole upravljanja vozilom, tačnije kontrole motora, kontrole upravljanja, kontrole kočnice i kontrole transmisije.



Slika 2: Skica arhitekture autonomnog vozila

Uloga softvera autonomnog vozila je predstavljena na slici 3. Ovaj najosnovniji dijagram je odgovarajući za skoro sva autonomna vozila. Kao što je već bilo reči hardverski senzori su potrebni za opažanje okruženja, te informacije predstavljaju ulaze softvera, a hardverski aktuatori su potrebni da bi delovali u okruženju, oni predstavljaju izlaze softvera. Opciono, komunikacioni hardver unutar vozila može se koristiti za interakciju sa vozilom u realnom vremenu (ovo su oba i ulazi i izlazi softvera). U praksi, neka forma komunikacionog linka je uglavnom uvek prisutna u bilo kom autonomnom vozilu. Opciono takođe, ali ponekad veoma često i čak od fundamentalnog značaja je hardver za skladištenje ugrađenih podataka aktivnosti vozila kao i raznih nalaza (ovo su izlazi softvera).



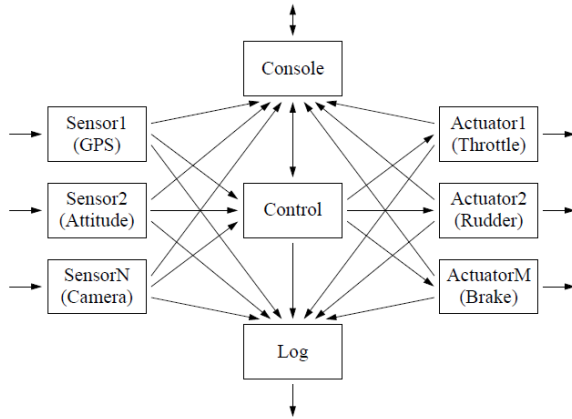
Slika 3: Osnovni dijagram

Autonomna vozila su dizajnirana tako da zadovolje visok nivo njihove svrhe, bilo da se koriste u dubinama mora, u spoljnom svemiru, za bezbedan transport ljudi, ili spašavanja čovečanstva od samog sebe. Takve izjave još uvek ne mogu biti direktno prevedene u izvorni kod. Tako da prvi korak u procesu razvoja je uspostavljanje operativnih zahteva autonomnih vozila. Za softver, iskonski zahtevi za razmatranje su interfejs podrška i nezavisnost platforme.

Hardverski senzori i aktuatori postoje sa mnogim različitim interfejsima: mrežni, USB, RS-232, RS-422, RS-485, I²C, SPI, CAN, PWM, analogni interfejs... Isti je slučaj i sa hrdverom za komunikaciju: mrežni, WiFi, Bluetooth, RS-232 radios... Takođe, i za hardver beleženja podataka: IDE, USB, MMC, SD, CompactFlash... Izbor hardverske i softverske platforme bi morali da podržavaju sve trenutne interfejse, ili eventualno, potrebne interfejse od strane vozila.

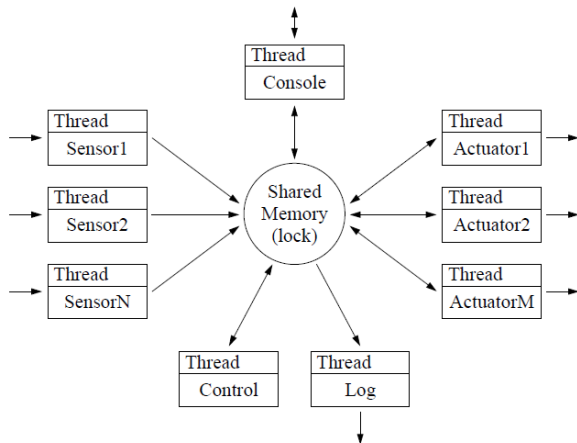
Osim toga softverska platforma bi trebala da bude nezavisna od hardverske platforme. To bi trebalo da omogući da se menja hardver kompjutera bez ikakve potrebe da se piše još softverskog koda i menja sam kod.

Nakon što je ustanovljen kamen temeljac platforme koja je spremna za testiranje i proizvodnju autonomnih vozila, neophodno je i razviti vitalan softver za upravljanje autonomnim vozilom. Predhodna slika 3, predstavlja najosnovniji dijagram softvera autonomnog vozila, malo detaljniji dijagram je predstavljen na slici 4.



Slika 4: dijagram blokova softvera na osnovu funkcija

Sledeći korak u tipičnom pristupu bi bilo prevođenje dijagrama sa slike 4, u izvorni kod softvera. Svaki pod-blok će na kraju realizovati kao posebna nit koje bi se povezivale jedna sa drugom kroz zajednički deljeni region memorije zaštićen najjednostavnije sinhronizacijom, dijagram na slici 5, ovo je najrasprostranjeniji pristup nađen u praksi.



Slika 5: Tipična arhitektura: višestruke niti, deljena memorija i „big lock“

V. KOMPONENTE SISTEMA AUTONOMNOG VOZILA

Kao primer celokupnog sistema autonomnog vozila možemo uzeti vozilo *Autonomos Labs* iz Nemačke, koji su predstavili model autonomnog vozila sa svom standardnom opremom, neophodnom za funkcionisanje vozila bez ljudskog upravljanja. Projekat zvan ***MadeInGermany***, je modifikovani komercijalni *Volkswagen Passant Variant* B6, koji poseduje poslednju reč tehnologije *LIDAR/RADAR* sistema, kao i kamere radi boljeg pregleda okoline. Specijalni GPS system daje precizne i tačne informacije o poziciji vozila. Automobil je takođe opremljen sa *Drive-by-Wire* tehnologijom, koja omogućava da se motorom, kočnicama, upravljanjem i drugim elementima pritiskanja može pristupiti direktno pomoću *CAN-BUS* sistema. Inteligencija vozila je zasnovana na softveru, koji je implementiran na kompjuterskom sistemu koji se nalazi u gepeku vozila. Većinu elektromehaničkih izmena i integraciju senzora uradio je *Volkswagen Research Garage*, da bi se *Autonomos Labs* skoncentrisao na softver. "***Operating System for intelligent cars***" je jedna od ključnih tema istraživanja *Artificial Intelligence Group* na *Freie Universitat Berlin*.

Innovation Lab AutoNOMOS je osnovana od strane Nemačkog Ministarstva za obrazovanje i razvoj u okviru nemačke *High-Tech* strategije.

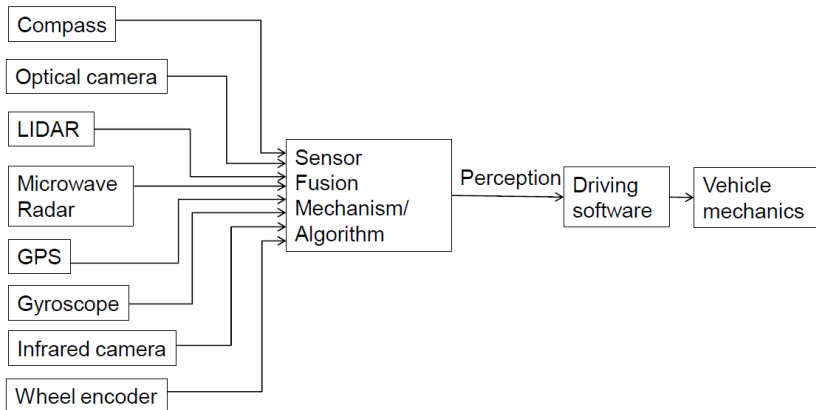
Inače ovaj projekat je planiran da u skorije vreme uđe u upotrebu kao vrsta autonomnog taksi vozila u Berlinu.

Komponente:

- *GPS* (eng. *Global Positioning System*) antena, je samo vidljivi deo visoko preciznog sistema pozicioniranja. Najčešće korišćene u navigacionim sistemima omogućava sirovo pozicioniranje na osnovu satelitskih podataka.
- *Odometar*, prati rotaciju zadnjeg levog točka, na osnovu čega pređena distance može biti izmerena uz podršku sistema pozicioniranja.
- *Velodyne (TM)* laserski skener, se koristi za lokalizaciju i detektovanje prepreka. Ima 360° okružujući pogled i beleži 1.6 milion distancnih poena po sekundi.
- Kamera detekcije linija snima *High Dynamic Range (HDR)* slike. Nalazi se u vetrobranskom staklu vozila u konzoli centralnog retrovizora i usmerena je na put, kako bi auto bio držam u traci.

- *Lux (TM)* sistem laserskog skenera sastoji se od šest pojedinačnih senzora i spojne kutije. Omogućava a 360° okružujući pogled i integriše se lako u automobile.
- *SMS (TM) radar* je radar kratkog dometa koji radi na 24GHz. Ovaj prilagođen tragač prepreka omogućava fuziju podataka sa laserskim skenerom.
- *TRW (TM) radar*, originalno je prvobitno razvijen za *VW Adaptive Cruse Control (ACC)*. Njegov opseg velike udaljenosti omogućava da se otkriju vozila koja su na razdaljini većoj i od 200 metara.

Sve ove gore navedene senzore možemo grafički predstaviti kao što je to prikazano na slici 6.



Slika 6: Senzori autonomnog vozila

VI. PROJEKT: GOOGLE VOZILA

Google driverless car autonomno vozilo, ili kako bi bio bukvalni prevod vozilo bez vozača je *Google*-ov projekat koji podrazumeva razvoj tehnologije za autonomna vozila [12]. Projekat trenutno predvodi *Google*-ov inženjer *Sebastian Thurn*, koji je ujedno i direktor *Stanford Artificial Intelligence Laboratory* i ko-pronalazač *Google Street View*.

Thurn-ov tim na Stanford-u je kreirao robotizovano vozilo „Stanley“, koje je 2005-te godine osvojilo prvu nagradu na *DARPA Grand Challenge* takmičenju i osvojio nagradu od 2 miliona \$ od Ministarstva odbrane Sjedinjenih Američkih Država. Tim koji je radio na projektu je činio 15 visoko kvalifikovanih inženjera koji rade za *Google*, uključujući i *Chris-a Urmsona*, *Mike-a Montemerloa* i *Anthony-a Levandowski*-og koji je inače radio i za sam *DARPA Grand* i *Urban Challenge*.

Projektni tim je do sada opremio testnu flotu autonomnih vozila sa desetak modifikovanih vozila sa 6 *Toyota Prius* automobila, jedan Audi TT i od skora tri Lexus RX450h, slika 7, svako praćeno u vozačevom sedištu od strane desetina vozača koji su neprikosnoveni i bez ijedne mrlje u svojim vozačkim dosijeima i na mestu suvozača jednim od *Google* inženjera.



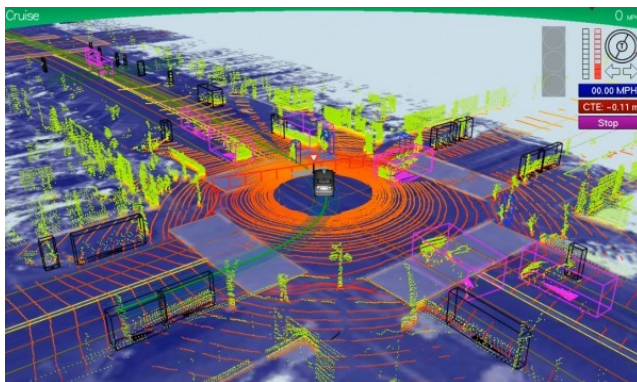
Slika 7: Jedno od Google autonomnih vozila

Vozilo je prešlo u San Francisku kroz poznatu ulicu *Lombard Street* kroz redovnu saobraćajnu gužvu, inače je to ulica koja je poznata po svojim strmim i uzanim serpentinama. Vozilo je takođe saobraćalo preko *Golden Gate* mosta, *Pacific Coast* autoputem i kružilo je oko jezera *Tahoe* itd... Vozilo se kretalo ograničenim brzinama koje su sačuvane na njegovim mapama i održavajući distancu između vozila pomoću sistema senzora. Ovaj *Google* sistem omogućava preuzimanje kontrole voženje od strane čoveka pritiskom na kočnicu ili okretanjem volana, kao što je to slučaj sa sistemom tempomata u komercijalnim vozilima danas.

U avgustu 2011-te godine, *Google* vozilo je učestvovalo u saobraćajnom incidentu u blizini *Google*-ovog sedišta u Kaliforniji, ali navodi govore da je vozilom upravljano manuelno. Drugi incident koji se dogodio jeste prilikom zaustavljanja *Google* autonomnog vozila na crveno kada ga je odpozadi udarilo drugo vozilo.

28.marta 2012-te godine, *Google* je na *Youtube* predstavio snimak *Google* Toyota Prius vozila koje prevozi 95% slepu osobu *Steve Mahan*¹-a. Putanja kretanja vozila je bila unapred programirana da odveze osobu od kuće do lokala za hemijsko čišćenje i nazad.

Avgusta 2012-te godine, *Google* tim je objavio da su prešli oko 300000 milja (500000 km) autonomne vožnje sa njihovim vozilima, bez saobraćajnih nesreći, sa desetinama drugih vozila na putu, u različitim dobima dana, slika 8.



Slika 8: Pogled *Google* vozila

Iako kompanija *Google* nema neposredne planove da razvije komercijalne sisteme za autonomna vozila, kompanija se nada razvitku poslovanja koje bi marketinzovalo sistem i podatke gde bi svetski proizvođači automobila sami proizvodili autonomna vozila zasnovana na *Google* sistemima.

¹ <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2402340,00.asp>;
http://www.youtube.com/watch?v=cdgQpa1pUUE&feature=player_embedded

VII. PROPISI I LEGALIZACIJA

Od kraja 2000-ih, značajni pomaci načinjeni su oba ključna dela autonomnih vozila, tehnologiji i zakonodavstvu. Brojne velike kompanije su napravile upotrebne prototipove autonomnih vozila, uključujući *Google*, *Continental Automotive Systems*, Nissan, Toyota i Audi. U junu 2011, država Nevada je prva koja je u svojoj nadležnosti u Sjedinjenim Američkim Državama dozvolila i pustila zakon koji se odnosi na upotrebu autonomnih vozila. Već februara 2013-te, tri američke države su zakonom dozvolile kretanje autonomnih vozila, pomenuta Nevada, kao i Kalifornija i Florida.

U Sjedinjenim Američkim Državama, kodeksi o vozilima generalno ne dozvoljavaju, ali ni nužno ne zabranjuju, visoko automatizovana vozila. Da bi se razjasnio legalan status i na drugi način da se regulišu ovakva vozila, pomenute države su usvojile ili još uvek razmatraju specifične zakone o upotrebi autonomnih vozila. Kao što je već nabrojano američke države: Nevada, Kalifornija i Florida su uspešno donele na snagu zakone o registraciji i upotrebi autonomnih vozila u saobraćaju.

U junu 2011., zakonodavstvo države Nevada donelo je zakon o upotrebi autonomnih vozila. Time je Nevada postao prva država na svetu u čijoj nadležnosti je dozvoljeno učestvovanje autonomnim vozilima na javnim putevima. Zakon je potpisao guverner Nevade 16.juna 2011.godine. Prema zakonu, Odeljenje za motorna vozila države Nevade (*NDMV*) je odgovorno za uspostavljanje bezbednosti i performansi standarda, takođe je i odgovorno za određivanje područja gde se autonomna vozila mogu testirati pre upotrebe. Zakon je stupio na snagu 1.marta 2012.godine. Ovaj zakon je u potpunosti podržan od strane kompanije *Google*, u nastojanju da uspešno nastavi sa testiranjem svog autonomnog vozila.

Zakon Nevade, definiše autonomno vozilo kao „motorno vozilo koje koristi veštačku inteligenciju, senzore i koordinate sistema globalnog pozicioniranja, da bi se samostalno kretalo bez intervencije čoveka-vozača“. Zakon takođe prihvata da čovek neće biti u obavezi da obraća pažnju dok se autonomno vozilo samostalno kreće. Pored ovoga, zakon obavezuje da mora postojati osoba „za volanom“ i jedna osoba na suvozačevom mestu tokom testiranja.

U maju 2012., *NDMV* je izdalo prvu dozvolu za samoupravljujuće vozilo *Toyota Prius* modifikovanu od strane *Google* sa njihovom eksperimentalnom tehnologijom „bez vozača“. *Google* autonomni sistem dozvoljava čoveku da

preuzme upravljanje vozila u bilo kom trenutku pritiskom na papučicu kočnice ili pomeranjem volana. Regstarske tablice izdate u Nevadi imaju crvenu pozadinu sa znakom „∞“ na levoj strani, što po mišljenju *NDMV* najbolji znak da se pokaže da je to vozilo budućnosti.

1.jula.2012.godine, država Florida je druga koja je priznala legalitet autonomnih vozila donošenjem zakona. Zakon države Floride pojašnjava da „Država ne zabranjuje i specifično ne reguliše testiranje ili samostalno funkcionisanje vozila na javnim putevima“.

25.septembra 2012.godine, guverner države Kalifornija *Jerry Brown* je potpisao zakon kojim se dozvoljava legalizacija autonomnih vozila u toj državi, koji takođe zahteva od Odeljenja za motorna vozila Kalifornije (*CDMV*) izradu propisa do 2015. U Kaliforniji, predloženi zakon će zahtevati da vozač i dalje bude prisutan za volanom, u slučaju da iznenada robotske funkcije otkazu i da je neophodno da čovek preuzme komande, što ograničava beneficije koja autonomna vozila mogu pružiti ne licenciranim vozačima.

Tokom 2013-2014, države Kolorado i Mičigen planiraju da predstave nacрте zakona o autonomnim vozilima, s tim što je u februaru 2013 prva verzija nacрта zakona u Koloradu odbijena. Slične zakone takođe u planu imaju države Arizona, Oklahoma i Havaji.

Autonomna vozila još uvek nisu dostupna tržištu i kupcima, ali se očekuje da će u bliskoj budućnosti biti. Proračuni su da će već između 2015-te i 2019-te godine komercijalizacija uzeti maha, prvenstveno kao vozila javnih službi, kasnije kao i privatna vozila.

VIII. ZAKLJUČAK

Kao zaključak iz svega ovoga proizilazi da je budućnost blizu. Autonomna vozila postaće sigurno standard u naredih desetak godina. Prvenstveno iz bezbednosti u saobraćaju jer će razvoj tehnoloških rešenja doprineti da autonomna vozila bez grešaka saobraćaju putevima proračunavajući sve moguće faktore. Takođe i veći broj projekata doneće i smanjenje troškova tehnologije i učiniti koncept vozila bez vozača pristupačnijim. Autonomna vozila još uvek imaju mane, ali se radi na njihovom usavršavanju, tehnologija napreduje, što doprinosi efikasnijem razvitku i napretku. Neophodno je perfektno usavršavanje samog sistema autonomnog vozila, njegovo

konstantno testiranje, praćenje i usaglašavanje sa svim pravnim aspektima. Ne samo da je potrebno testiranje u tesnim centrima kompanija koja će proizvoditi ovakve vidove vozila, već i njihovo testiranje u realnom vremenu (saobraćaju) gde postoji i ljudski uticaj.

Ocekivane prednosti autonomnih vozila mogu biti:

- Manje saobraćajnih nezgoda, zahvaljujući povećanoj pouzdanosti autonomnih sistema i u vremenskom smanjenju reakcije u odnosu na ljudske vozače.
- Povećanje putnih kapaciteta i smanjenja zagušenja saobraćaja zbog smanjene takozvanih *safety gaps* sigurnosnih razmaka između vozila i sposobnosti da se bolje upravlja protokom saobraćaja.
- Oslobođanje putnika u vozilima od poslova vožnje i navigacije, što doprinosi smanjenju vremena.
- Veća dozvoljena ograničenja brzine za autonomna vozila.
- Uklanjanje prepreka o stanju putnika, npr. limit godina, ljudi sa invaliditetom, ljudi sa psihofizičkim problemima, pod dejstvom alkohola ili na drugi način uskraćeni da mogu da upravljaju vozilom.
- Smanjenje potrebe za parking prostorom blizu mesta odredišta, jer autonomna vozila mogu da odvezu putnike do samog odredista i odu da se parkiraju negde dalje, pa da kasnije kada je potrebno dođu po njih.
- Eliminisanje viška putnika-vozača, jer ljudi nisu više u obavezi da odvezu vozilo gde treba, ovo se posebno odnosi i biće relevantno za kamione, taksi vozila i auto-uslužna vozila.
- Smanjenje prostora za parkiranje vozila.
- Smanjenje potrebe saobraćajne policije.
- Smanjenje potrebe za osiguranjem vozila.
- Smanjenje fizičkih oblika saobraćajne i putne signalizacije, s obzirom da autonomna vozila mogu informacije dobiti i elektronskim putem, iako saobraćajni znaci mogu biti potrebni zbog ljudskih vozača...
- Poboľšana efikasnost goriva.

Sve ove prednosti u neku ruku imaju i mane, u smislu smanjenja broja zaposlenih koji nisu visoko kvalifikovani poput vozača javnog prevoza, ali će se javiti potreba visoko kvalifikovanih ljudi koji će biti ključni za dalje unapređenje i razvoj tehnologija i sl. Time dobijamo stepen razvoja ljudi i potrebe za njihovim usavršavanjem i razvojem.

Zagovornici samoupravljujućih automobila tvrde da će ova vrsta vozila poboljšati opštu bezbednost na putevima, smanjiti emisiju štetnih gasova i omogućiti veću autonomiju kretanja osobama sa invaliditetom.

Sa druge strane protivnici ove tehnologije smatraju upravo suprotno – da je ona nebezbedna i još uvek nedovoljno proverena i dokazana u realnim saobraćajnim uslovima.

Autonomna vozila će u mnogome pomoći osobama koja iz raznih razloga nisu u mogućnosti da upravljaju vozilima. Smanjiće se saobraćajne gužve, vremena potrebna za dolazak na posao, vozila će samostalno tražiti parking ne oduzimajući vozaču dragoceno vreme, itd. Sve ove beneficije i u tekstu već pomenute, samo olakšati život ljudima.

Autonomna vozila načiniće i veliki makroekonomski pomak u svet, unaprediće mnoge industrijske sektore, smanjiće uticaj na životnu sredinu sa ekološkog spekta. Takođe, će se povećati svest i potrebe ljudi ka ličnom usavršavanju.

Da li 2020-te godine ili ranije, autonomna vozila su tu i nameću se kao idealno rešenje.

IX. REFERENCE

- [1] Robin R. Murphy, „*Introduction to AI Robotics*“, A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2000
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_car
- [3] <http://videos.howstuffworks.com/discovery/36901-mega-engineering-self-driving-car-video.htm>
- [4] <http://auto.howstuffworks.com/under-the-hood/trends-innovations/driverless-car.htm>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicular_communication_systems
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Radar>
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/GPS>

- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision
- [10] <http://mubbisherahmed.wordpress.com/tag/vehicular-communication-systems/>
- [11] <http://www.lidar-uk.com>
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Google_driverless_car
- [13] <http://www.headlightblog.com/2012/05/brave-new-vehicles/>
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/EUREKA_Prometheus_Project
- [15] <http://www.autospectator.com/cars/daimler-corporate/0031096-1986-start-then-daimler-benz-ag-prometheus-research-program>
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/VaMP>
- [17] <http://www.argo.ce.unipr.it/ARGO/english/>
- [18] Google pretraga slika

ABSTRACT

As is well known in the world, tendencies in further technological development and development in all industries are developing robots and the artificial intelligence. Given that for years progress in addressing the issues of robots and human awareness of them, the current period is such that it led to the commercialization and the use of some artificial intelligent machines in the human environment. One of the key ideas and application of robots in human lives is the use of robotic vehicles (eng. Driverless cars) or autonomous vehicles (eng. Autonomous cars) in traffic. There is an evident increase in the movement of people means of transport (private vehicles and public transport), thereby increasing the risk of accidents, it takes more resources to the growing number of vehicles, congestion-time lost in traffic, etc. some of the key transport issues today. Are the appearance of the autonomous vehicles can solve some of the above aspects?! What will be the impact of these types of vehicles? There is also the issue of the legal aspects of this law, the key issues: if there is an accident, who to blame; what will be the impact on insurance companies; reduction in the rate of employment, for example: taxi associations; or increase the number of experts in the field of technology. These are just some of the questions that are asked and which run "Pandora's box" of autonomous vehicles on the streets...

This work will explain architecture and technology of autonomous cars, progress, legalization and use of autonomous cars.

**AUTONOMOUS VEHICLES: THE BEGINNING AND THE
APPLICATION OF ROBOTIC VEHICLES IN TRAFFIC**

Milos N. Kajtez