

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00992

(22) Data de depozit: 28/11/2017

(41) Data publicării cererii:
29/06/2018 BOPI nr. 6/2018

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE"
DIN SUCEAVA, STR.UNIVERSITĂȚII,
NR.13, SUCEAVA, SV, RO

(72) Inventatori:
• CĂILEAN ALIN-MIHAI,
CALEA BUCOVINEI NR.61, BL.V11, SC.A,
AP.5, CÂMPULUNG MOLDOVENESC, SV,
RO;

• DIMIAN MIHAI,
STR. PROF. LECA MORARIU, NR. 11A,
BL. A5, SC. A, AP.18, SUCEAVA, SV, RO;
• DONE ADRIAN, STR.MIHAI VITEAZU
NR.56, BL.L, SC.C, AP.4, SUCEAVA, SV,
RO;
• OLARIU ELENA DANIELA,
STR. PRIVEGHETORII NR. 18, BL. 40,
SC. A, AP. 14, SUCEAVA, SV, RO;
• COJOCARIU LUCIAN NICOLAE,
STR.IACOB ZADIK NR.1, BL.64, SC.C,
AP.11, SUCEAVA, SV, RO

(54) SEMAFOR INTELIGENT CU CAPACITATE DE TRANSMITERE DE DATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un semafor inteligent, destinat traficului rutier, care asigură comunicarea de informații referitoare la condițiile de trafic, autovehiculelor din trafic. Semaforul inteligent, conform invenției, este constituit dintr-un semafor (E1) cu leduri și interfață logică, alimentat de la o sursă de energie (SER) regenerabilă, un modul (MPDC) de procesare și control al datelor, o rețea de senzori (S1-S5) externi și un comutator digital (CD) care controlează alimentarea ledurilor. Semaforul inteligent efectuează, prin modularea în amplitudine a luminii emise, transmiterea de informații referitoare la: culoare, timpul rămas până la schimbarea culorii, locație, condiții carosabil, limite de viteză și alte informații care pot ajuta un vehicul să își continue deplasarea în condiții de siguranță, în concordanță cu condițiile de mediu, în care transmiterea informațiilor implică un schimb de informații între emițătorul semaforului (E1) și un senzor optic încorporat pe vehicul.

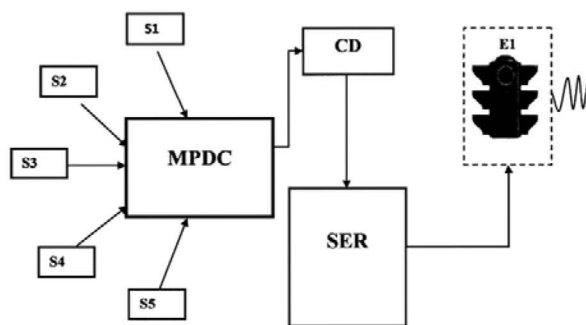
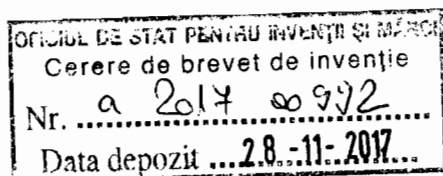


Fig. 1

Revendicări: 2
Figuri: 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Semafor inteligent cu capacitate de transmisie de date

Invenția se referă la un semafor inteligent, destinat transportului rutier în vederea creșterii vitezei de reacție a participanților la trafic prin transmiterea unor informații adresate automobilului, informații ce reprezintă suportul de decizie în aplicațiile de siguranță rutieră activă, bazate pe comunicații fără fir.

În scopul creșterii siguranței rutiere este cunoscut un sistem de control inteligent al semafoarelor (Intelligent traffic light control system and method – brevet CN 104392616 A) ce constă în existența mai multor camere de luat vederi, a unor module de procesare a imaginii, module de comunicații, module de control al luminilor semaforului și module cu panouri solare, fiecare cameră de luat vederi fiind utilizată pentru a obține o imagine a vehiculelor existente în dreptul unui semafor; fiecare modul de procesare a imaginii este utilizat pentru prelucrarea imaginilor înregistrate de camera respectivă; fiecare modul de comunicație este utilizat pentru transmiterea datelor prelucrate către o intersecție asociată cu modulul de comunicație respectiv; fiecare intersecție care primește datele corespunzătoare ajustează timpul luminii semaforului corespunzător prin modulul de comandă aferent, în funcție de fluxul de trafic, astfel încât să se reducă starea de congestie a intersecției cauzată de alocarea incorectă a timpilor de semaforizare; modulul cu celule solare este utilizat pentru alimentarea întregului sistem de control. Sistemul prezintă dezavantajul că timpii de răspuns la situația din trafic sunt relativ mari, iar sursa de alimentare nu prezintă o modalitate de stocare a energiei atunci când valoarea ei depășește parametrii nominali ai sistemului sau pentru situația în care condițiile meteo nu permit furnizarea unei cantități suficiente de energie pentru alimentarea sistemului.

O altă soluție inovativă pentru îmbunătățirea traficului rutier este reprezentată de utilizarea comunicațiilor fără fir între infrastructura rutieră și automobilele ce se pregătesc să pătrundă în intersecție. În acest caz, sunt considerate mai multe soluții bazate fie pe comunicații fără fir, în banda de frecvență de 5.9 GHz, reglementate de standardul IEEE

802.11p și definite în literatura de specialitate ca Dedicated Short Range Communications (DSRC), fie pe comunicații prin lumină vizibilă (VLC) reglementate de standardul IEEE 802.15.7. Dezavantajul soluțiilor bazate pe standardul 802.11p constă în faptul că atunci când pe o rază relativ redusă există un număr mare de autovehicule, sistemele DSRC pot fi afectate de interferențe mutuale ceea ce poate duce la introducerea de întârzieri incompatibile cu aplicațiile de siguranță rutieră. În acest sens, este cunoscut un sistem de transport inteligent bazat pe comunicații prin lumină vizibilă LED (Intelligent traffic system based on light emitting diode (LED) visible light communication - brevet CN 102610115 A) capabil să transmită o informație de trafic, în timp util, folosind lumina de semnalizare LED emisă de semnalul de avertizare al unui semafor și/sau al unui vehicul. Sistemul include surse de semnalizare cu LED drept transmițător optic și receptoare optice. Sursele de semnalizare cu LED-uri transmit un semnal de avertisment ce conține condițiile de drum. Această soluție prezintă următoarele dezavantaje: nu se poate adapta în timp real la condițiile de mediu și nu obligă vehiculul să se adapteze automat la condițiile de mediu și trafic pentru a reduce posibilitatea de apariție a accidentelor rutiere ci este doar un sistem de avertizare pentru operatorul vehiculului în care este amplasat receptorul semnalelor transmise de sistem. De asemenea, sistemele de control al traficului bazate pe comunicațiile cu lumină vizibilă pot fi afectate de o serie de factori externi precum zăpada, ploaia, ceața densă sau particule de praf ce pot afecta trecerea luminii, reducând puterea semnalului ce ajunge la receptor, sau pot introduce o serie de modificări cum sunt reflexia sau dispersia fasciculului de lumină ceea ce duce la o scădere semnificativă a performanțelor comunicației. Mai mult de atât, radiația solară este mult mai puternică decât semnalul luminos ce conține informațiile, fapt ce face mult mai grea decodarea datelor, iar soluția prezentată anterior nu rezolvă aceste probleme.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în scăderea incidenței accidentelor rutiere prin realizarea unei căi de comunicație directe, adaptabilă la condițiile de mediu, între semaforul inteligent cu funcție de semnalizare rutieră și autovehiculele rutiere. În concordanță cu cele descrise mai sus, semaforul inteligent propus are capacitatea de a îmbunătăți performanțele sistemelor de comunicații prin lumină vizibilă LED (VLC) existente printr-o adaptare a modului de funcționare la condițiile de mediu în vederea alinierii performanțelor cu cerințele impuse în aplicațiile de siguranță rutieră activă bazate pe comunicații fără fir.

În contextul de mai sus, comparativ cu alte sisteme de acest fel, semaforul inteligent, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că integrează în structura sa un semafor LED cu interfață logică, având ca sursă de alimentare principală o sursă de energie

regenerabilă cu rezervă, astfel încât, indiferent de condițiile de mediu, alimentarea sistemului să nu fie întreruptă, un modul de procesare a datelor și de control ce comandă LED-urile prin intermediul unui comutator digital, iar pentru evaluarea condițiilor de mediu și identificarea factorilor ce ar putea afecta comunicația optică, modulul de procesare și control utilizează o serie de senzori exteriori prin intermediul cărora semaforul inteligent poate evalua factorii ce pot influența semnificativ calitatea comunicației (intensitatea radiației solare, poziția relativă a Soarelui, umiditatea, ceața, ploaia, zăpada, praful), asigurându-se astfel o rată de eroare îmbunătățită în transmiterea informațiilor de trafic și menținerea legăturii între emițător și receptor chiar și în condiții exterioare neprielnice.

Avantajele implementării acestui semafor inteligent în sistemul de transport rutier sunt:

- sistemul este capabil să evalueze factorii perturbatori din mediu ambiant, să răspundă și să se adapteze la condițiile de mediu în vederea maximizării performanțelor pentru contextul dat;
- are un cost redus;
- maximizează eficiența comunicației optice și asigură utilizarea optimă a canalului de comunicație în condiții nefavorabile;
- conform arhitecturii, semaforul este caracterizat de o conectivitate îmbunătățită și toleranță superioară la perturbațiile exterioare;
- favorizat de integrarea tehnologiilor de iluminare cu LED și de larga răspândire a semafoarelor, sistemul se va baza pe o infrastructură preexistentă, asigurându-se reducerea costurilor și facilitându-se astfel implementarea pe scară largă;
- prezintă compatibilitate cu standardele și normele actuale;
- este eficient energetic, transmisia datelor se face prin intermediul luminii folosite pentru semnalizare, fără un consum suplimentar de energie necesar asigurării puterii purtătoarei de date, în acest caz semnalul optic în spectrul vizibil. Practic, aceeași lumină ce se emite în scopul semnalizării rutiere este folosită și ca purtătoare a informațiilor.
- este independent energetic – sistemul folosește pe timp de zi energia solară, iar pe timp de noapte sau în condiții meteo nefavorabile folosește o sursă cu supercapacitori în care este stocată energia suplimentară, sursă ce prezintă avantajul unui număr de cicluri încărcare-descărcare foarte mare 500.000 față de 300-2000 cicluri pentru acumulatorii uzuali, iar funcționarea supercapacitorilor nu este afectată de descărcările complete așa cum se întâmplă în cazul acumulatorilor clasici;

- sursa de energie regenerabilă cu rezerva sa este mult mai fiabilă prin aceea că încărcarea și descărcarea supercapacitorilor se poate face mult mai rapid decât la acumulatori și de asemenea, este asigurată funcționarea într-un interval de temperatură mult mai mare (poate funcționa la temperaturi începând de la -45 grade C);
- nu necesită costuri de licențiere, spectrul luminii vizibile nefiind reglementat;
- potențial pentru viteze mari de transfer al datelor, având în vedere cei 400 de THz din spectrul vizibil;
- crește siguranța și eficiența transportului rutier prin creșterea gradului de informare și îmbunătățirea timpilor de reacție.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1, 2 și 3, care reprezintă după cum urmează:

- fig. 1- schema bloc a semaforului inteligent cu capacitate de transmisie de date;
- fig.2 – schema logică de funcționare a semaforului inteligent – relația funcțională dintre condițiile exterioare și modul de funcționare a semaforului inteligent;
- fig. 3 – structura sistemului de alimentare a elementului emițător.

Semaforul inteligent cu capacitate de transmisie de date este constituit, conform fig.1 și fig. 3, dintr-un modul de emisie E1, reprezentat în fapt printr-un semafor cu LED-uri, montat în trafic și alimentat de la o sursă regenerabilă de energie SER, reprezentată în fapt, printr-un panou fotovoltaic 1, care este rotit în mod continuu după Soare prin intermediul unui motor cu actuator termomecanic 1' bazate pe schimbarea de fază a materialului termoactiv, iar ca sursă suplimentară de alimentare a modului E1 este folosită o baterie cu supercapacitori 1''. Semaforul este conectat prin intermediul unui comutator digital CD la un modul de procesare a datelor și control MPDC, reprezentat în fapt, printr-un microcontroler ce se pretează a fi conectat la o rețea TCP/IP. Modulul MPDC preia informațiile venite de la 5 senzori exteriori montați pe structura emițătorului E1. Având în vedere că în mediul exterior performanțele sistemelor de comunicație prin lumină vizibilă sunt puternic influențate de condițiile atmosferice, semaforul conform invenției, este dotat cu un senzor de lumină S1 ce are rolul de a furniza informații despre intensitatea luminoasă a radiației solare, știut fiind faptul că radiația solară reprezintă cel mai important factor perturbator pentru comunicațiile prin lumină vizibilă. De asemenea, senzorul S1 oferă informații și despre poziția relativă a Soarelui în raport cu semaforul E1, senzor fiind reprezentat în fapt conform invenției, printr-o serie de fotodiode IR cu unghi de recepție de până la 30 grade, sensibile la componenta infraroșie a radiației solare, dispuse la unghiuri diferite, astfel încât să poată localiza poziția

Soarelui atât pe axa orizontală cât și pe cea verticală. Având în vedere că microparticulele de apă conținute în ceață sau cele de praf afectează trecerea luminii, cauzând fenomene de reflexie, refracție și dispersie, semaforul inteligent include în structura sa și un senzor de particule pentru detecția ceții și a prafului S2. Pentru determinarea cu exactitate a condițiilor de mediu, sistemul conține și un senzor de ploaie/zăpadă S3, iar pentru ca modulul MPDC al sistemului să poată face diferența între informațiile care indică ceață/praf sau ploaie/zăpadă, în componența semaforului inteligent se regăsesc și doi senzori de control: un senzor de temperatură S4 și un senzor de umiditate S5.

Semaforul inteligent, conform invenției, poate funcționa fie independent, transmițând date prestabilite și/sau determinate intern cu ajutorul senzorilor externi, fie poate fi conectat în rețea cu un centru de comandă și control al datelor de trafic, putând fi comandat de la distanță.

Semaforul realizat după structura prezentată anterior și în legătură cu figura 2, identifică factorii externi ce au capacitatea de a afecta sau chiar de a întrerupe conexiunea optică dintre emițătorul E1 și un senzor optic (receptor optic) montat pe vehicul, și pe baza acestui proces de evaluare și cunoscând modul în care informațiile/condițiile respective acționează asupra comunicației optice, unitatea de procesare a datelor MPDC modifică parametrii comunicației în vederea adaptării la condițiile externe, cu scopul maximizării performanțelor. În acest fel, se poate asigura menținerea legăturii între emițător și receptor chiar și în condiții exterioare neprielnice, prin realizarea unui analize a priorității datelor și în concordanță cu informațiile venite de la senzori într-un modul specific MAP al MPDC-ului semaforului, care asigură o rată de eroare (BER) optimă în funcție de cerințele aplicației. Se asigură astfel, utilizarea optimă a canalului de comunicații, maximizarea performanțelor sistemului, în concordanță cu factorii externi. În acest fel, pe baza informațiilor provenite de la senzorii externi S1...S5 și în urma evaluării priorității datelor, microcontrolerul MPDC decide măsurile ce trebuie luate pentru a crește robustețea comunicației, semaforul inteligent devenind astfel adaptabil, în timp real, la condițiile de mediu. Altfel spus, el decide configurația optimă a semnalului, în vederea asigurării parametrilor comunicației și maximizării performanțelor.

Astfel, în concordanță cu informațiile recepționate de la senzorii S1...S5, microcontrolerul MPDC va decide prin modulul său integrat MM, ce tip de modulație să utilizeze (On Off Keying -OOK, Direct Sequence Spread Spectrum -DSSS), iar prin intermediul modulului integrat MS, va decide ce tip de codare să utilizeze (Manchester, Miller, Sequence Inverse Keying -SIK) și implicit ce viteză de transfer a datelor (11.67kb/s – 200 kb/s) să utilizeze.

Semaforul inteligent, conform invenției, atunci când senzorul de lumină S1, indică o intensitate mare a radiației solare (peste 20.000. lux), iar Soarele este poziționat într-o locație în care radiația sa este incidentă pe elementul fotosensibil al receptorului ce se apropie de E1, sau în cazul în care senzorul S2 indică ceață sau praf/fum foarte dens (vizibilitate sub 50 de metri), sau atunci când senzorul S3 indică ploaie/ninsoare foarte puternică comparativ cu niște praguri prestabilite, va utiliza o modulație de tip Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) și codare Sequence Inverse Keying (SIK); modulație și codare ce asigură o robustețe superioară a comunicației, dar care reduce semnificativ viteza de transfer a datelor. Acest tip de modulație și codare se va utiliza și în cazul datelor de prioritate ridicată pentru care se impune o rată de eroare (BER) redusă și o rată de recepție (PDR) a mesajelor ridicată.

Atunci când senzorul de lumină S1 indică o intensitate a radiației solare sub 20.000 lux sau atunci când Soarele este poziționat într-o locație relativă din care radiația sa nu este direct incidentă pe elementul fotosensibil al unui receptor ce se apropie de semafor, sau atunci când senzorul S2 de ceață, praf/fum indică o vizibilitate medie sau peste medie conform unor praguri prestabilite, sau atunci când senzorul S3 indică ploaie/ninsoare sub pragurile maximale prestabilite, semaforul va utiliza pentru transmiterea datelor modulație de tip OOK, cu codare Manchester.

Senzorii S4, și S5 au rolul de a ajuta microcontrolerul MPDC să facă diferența între ceață și fum/praf, respectiv între ninsoare și ploaie. Astfel, diferența dintre ceață și praf se face pe baza temperaturii și umidității în vederea determinării punctului de rouă, iar distincția dintre ploaie și ninsoare se face în funcție de temperatură, cu ajutorul senzorului S4.

Modulația OOK împreună cu codarea de tip Miller se va utiliza în cazul aplicațiilor de tip Multiple Input Multiple Output (MIMO), codul Miller având o densitate spectrală de putere mult mai îngustă decât codul Manchester și prin urmare, fiind mult mai adecvat pentru aplicațiile de tip MIMO.

Având în vedere că în comunicațiile ce țin de siguranța rutieră, robustețea conexiunii este mult mai importantă decât viteza de transmisie a datelor și știindu-se faptul că vitezele mai mari de transmisie a datelor sunt mai sensibile la zgomot, ajustarea vitezei de transfer în concordanță cu condițiile de mediu reprezintă o caracteristică importantă a semaforului, caracteristică ce are rolul de a maximiza eficiența și de a asigura robustețea informațiilor transmise. Astfel, viteza de transfer a datelor se va stabili în concordanță cu informațiile

furnizate de senzorii S1, S2, S3, astfel încât, în condițiile unui canal optic nefavorabil, viteza de transfer a datelor să fie redusă, iar în condițiile unui canal optic lipsit de factori perturbatori viteza de transfer a datelor să fie crescută.

După stabilirea parametrilor de comunicație (modulație, codare, viteză de transfer) unitatea de procesare și control MPDC construiește mesajul de transmis, mesaj ce conține informațiile de sincronizare reprezentate în fapt, printr-o secvență binară ce marchează începutul mesajului, preambulul mesajului reprezentat în fapt printr-o serie de informații suport pentru decodare (modulație, codare, viteză de transfer, lungime mesaj date, începutul secvenței de date), și datele de transmis, reprezentate în fapt prin informația utilă. Mesajul binar este transmis către comutatorul digital CD ce controlează alimentarea LED-urilor semaforului, integrându-se astfel mesajul binar în purtătoarea optică emisă.

Semaforul inteligent conform invenției, este independent energetic (fig.3) prin aceea că sursa de energie regenerabilă SER utilizată pentru alimentare este alcătuită dintr-un panou fotovoltaic policristalin 1, montat pe un butuc masiv având în prelungire un ax sprijinit în lagăre cu rulmenți pe un suport circular, pe care, în poziții diametral opuse, sunt montate niște actuatori termomecanici cu parafină 1', fiecare actuator este excitat de radiația solară incidentă printr-un distribuitor de impulsuri nereprezentat, iar astfel excitate prin intermediul unor tije de antrenare și a unei structuri intermediare flexibile și imobile, acționează pe baza forțelor tangențiale de frecare generate la contactul dintre axul panoului 1 și structura intermediară flexibilă și deplasează panoul fotovoltaic 1 în sensul dat de actuatorul excitat solar. Pe timp de noapte și în condiții meteo diurne nefavorabile, semaforul folosește pentru alimentare o sursă cu supercapacitori (1'') în care este stocată energia suplimentară provenită pe timpul zilei de la panoul fotovoltaic 1, sursa (1'') prezintă avantajul unui număr de cicluri încărcare-descărcare foarte mare 500.000 față de 300-2000 cicluri pentru acumulatorii uzuali, iar funcționarea supercapacitorilor nu este afectată de descărcările complete așa cum se întâmplă în cazul acumulatorilor clasici (Pb, Li-Ion);

Sursa de energie regenerabilă cu rezerva sa (SER) este mult mai fiabilă prin aceea că încărcarea și descărcarea supercapacitorilor se poate face mult mai rapid decât la acumulatori și de asemenea, este asigurată funcționarea într-un interval de temperatură mult mai mare.

Sistemul descris conform invenției poate fi reprodus cu aceleași caracteristici și performanțe ori de câte ori este necesar, fapt care constituie un argument în favoarea respectării criteriului de aplicabilitate industrială.

Revendicări

1. Semafor inteligent cu capacitate de transmisie de date pentru îmbunătățirea siguranței în traficul rutier, realizat pe principiul utilizării luminii vizibile folosite pentru semnalizare rutieră în scopul transmisiei de date către un receptor optic amplasat pe un autovehicul aflat în trafic, **caracterizat prin aceea că** este adaptabil, în timp real, la condițiile de mediu, alcătuit fiind dintr-un semafor LED cu interfață logică (E1), prevăzut cu o serie de senzori externi capabili să determine: intensitatea radiației solare și locația relativă a Soarelui – senzorul (S1), densitatea ceții și prezența prafului/fumului – senzorul (S2), ploaia/zăpada – senzorul (S3), iar pentru a face diferența dintre ceață și fum/praf, respectiv între ninsoare și ploaie este prevăzut cu doi senzori de control: (S4) –senzor de temperatură și (S5) –senzor de umiditate, necesari pentru evaluarea calității canalului de transmitere al informației pe care îl are comunicația optică, un modul de procesare și control al datelor (MPDC), care pe baza priorității datelor primite de la senzori și în urma unui proces decizional realizat într-un modul specific (MAP) ce implică estimarea efectului condițiilor externe asupra comunicației optice, stabilește printr-un modul (MM) tipul de modulație (DSSS sau OOK) ce urmează a fi folosit, iar prin intermediul unui modul de codare (MC) stabilește tipul de codare, viteza de transfer al datelor și drept urmare, comandă un comutator digital (CD) ce controlează alimentarea LED-urilor semaforului (E1) în vederea menținerii continue a comunicației cu un senzor optic montat pe un autovehicul inteligent cu funcții de siguranță activă bazate pe comunicații fără fir și demaximizare a performanțelor pentru contextul extern.

2. Semaforul inteligent cu capacitate de transmisie de date, realizat conform revendicării 1 este **caracterizat prin aceea că** pentru o alimentare optimă cu energie electrică în vederea asigurării unei conectivități bune cu receptorul optic, este conectat la o sursă de energie regenerabilă (SER) formată dintr-un panou fotovoltaic (1) rotit în mod continuu după Soare, prin intermediul unui motor cu niște actuatori termomecanice (1') comandate după o logică prestabilită și o baterie cu supercapacitori (1'') necesară și eficientă în condiții meteo nefavorabile sau când intensitatea radiației solare nu asigură, prin conversie, cantitatea optimă de energie pentru alimentarea semaforului inteligent.

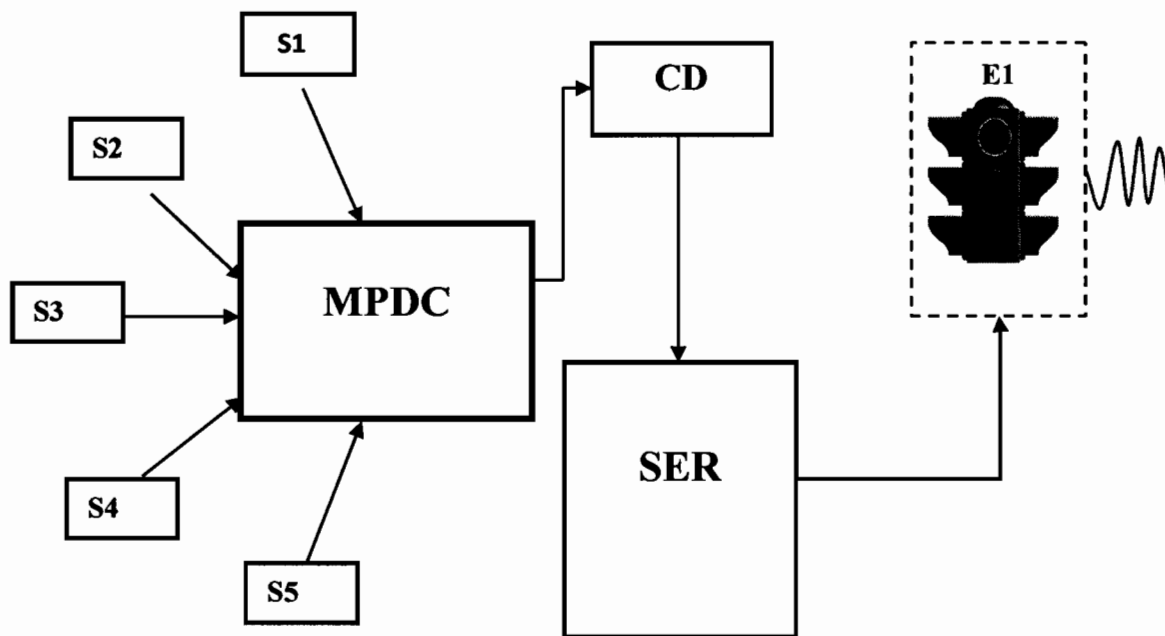


Fig.1

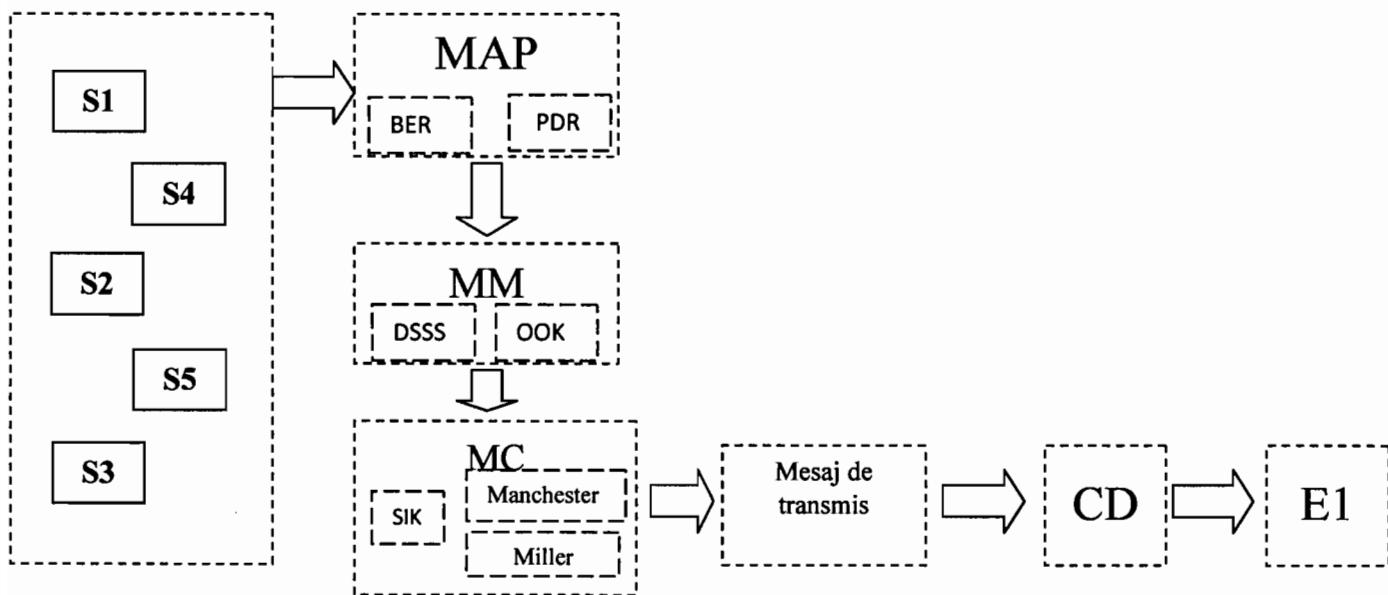


Fig.2

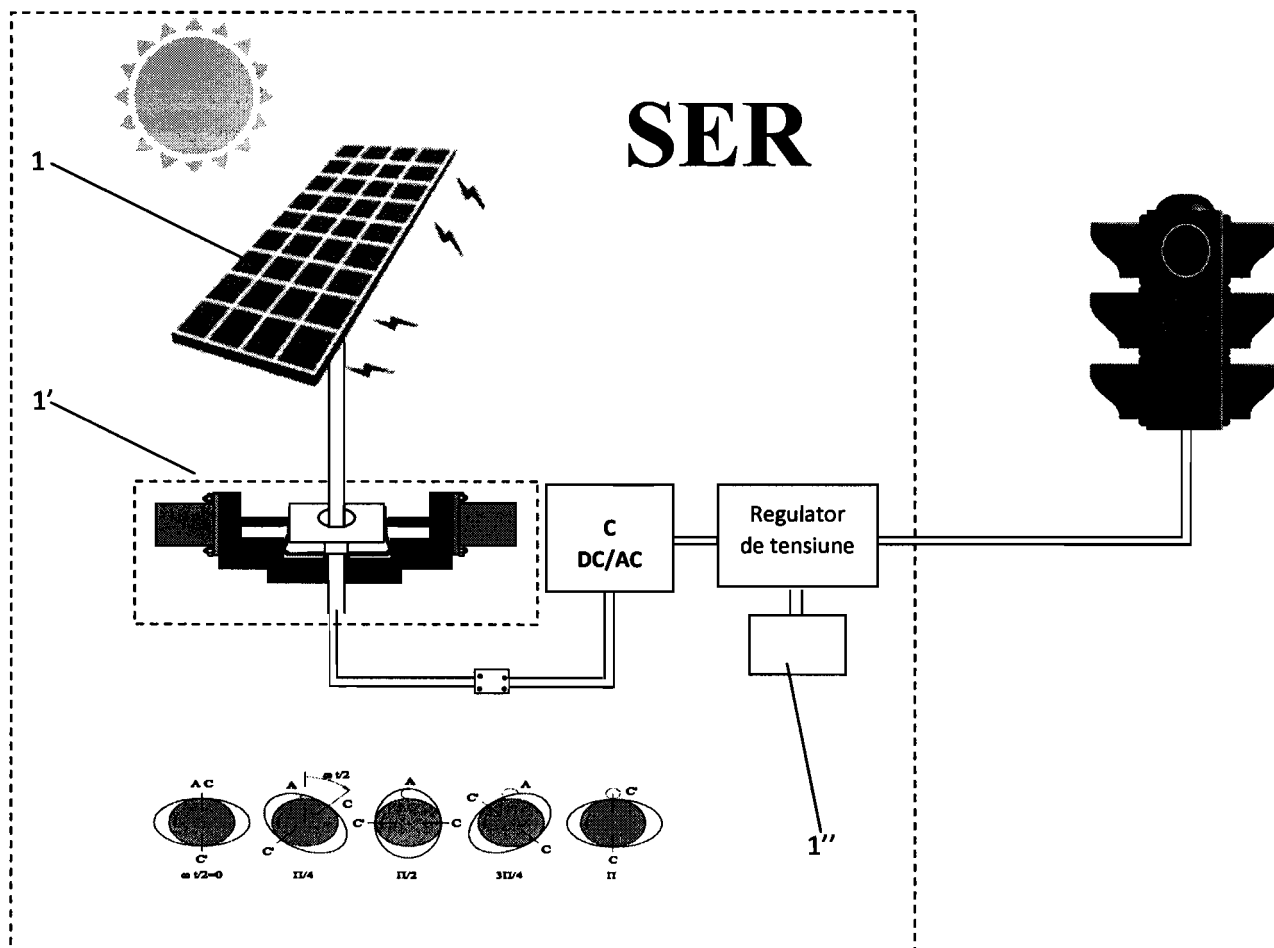


Fig. 3