

Sisteme teleinformatice pentru controlul automat al traficului urban

Lect.dr. Natalia A. OBOUKHOVA, prof.dr.doc. Boris S. TIMOFEEV
Academia de Înalte Studii în Aparate pentru Navigație Cosmică (AANC), St. Petersburg
Conf.dr. Alexandru TERTIȘCO
Universitatea Politehnica București

Controlul vitezei obiectelor prin radiolocație (radar), folosit în prezent, este bazat pe emisia (de către radiolocator) a unor unde electromagnetice dirijate către obiectul în mișcare. Purtătorul de informație despre starea obiectului în mișcare este conținut în unda electromagnetică reflectată și recepționată de radiolocator. Cantitatea de informație din unda reflectată de obiectul în mișcare este foarte mică. Punctele de control echipate cu radiolocatoare pot fi depistate cu aparatura "antiradar" de la bordul obiectului. În plus această metodă nu este aplicabilă în mediul urban datorită perturbațiilor. Obiectul în mișcare poate, prin metode de bruiaj adecvate, să devină "invizibil" pentru radiolocator. Aceste sisteme nu sînt capabile să furnizeze informații ca: numărul de înmatriculare, tipul obiectului, portretul digital al conducătorului auto etc. În articol sunt prezentate unele rezultate ale cercetărilor privind structura hardware și software pentru realizarea unor sisteme informatice de control automat nedetectabile de către participanții la trafic. Aceste rezultate se referă la structura unor sisteme de control automat bazate pe achiziția și prelucrarea numerică a unor imagini video preluate prin camere TV orientate spre banda de trafic controlată. Rezultatele cercetării pot fi extinse în transportul feroviar sau naval și la controlul spațiului aerian deasupra aeroporturilor.

Cuvinte cheie: TV, control autotrafic, prelucrare videosemnal, sistem informatic.

1. Structura sistemului teleinformatic de control automat

Creșterea intensității fluxurilor de transport urban implică dezvoltarea sistemelor teleinformatice destinate supravegherii circulației mijloacelor de transport pe arterele de trafic urban greu și ușor. Locatoarele radar nu sunt utilizabile în condițiile traficului urban. În acest caz, controlul automat are nu numai funcțiuni de depistare a infracțiunilor ci și funcțiuni de dirijare și evaluare statistică a încărcării arterelor pe clase de mijloace de transport, etc. Sistemele bazate pe achiziția de imagini prin camere TV furnizează o cantitate sporită de informații despre participanții la trafic. Controlul automat în timp real se încheie printr-un document tehnic care în cazul infracțiunii poate conține numărul de înmatriculare, fotografia conducătorului autovehiculului infractor, etc. Deoarece procedeul camerelor TV (din sistemele de control cu achiziție de imagine) este un procedeu "pasiv", punctele de control sunt "invizibile" pentru participanții la trafic.

Procedeul radar utilizat în prezent este un procedeu "activ", iar locatoarele din punctele de control pot fi anihilate prin mijloace "antiradar". În circulația pe arterele urbane aglomerate sistemele radar de control sunt ineficiente datorită unei multitudini de obiecte care pot constitui ținte false, care constituie factori perturbatori foarte puternici pentru locatoarele de tip radar.

În figura 1 este prezentată structura minimă a unui punct de control local prin camere TV a autotraficului cu posibilitatea recunoașterii și analizei în timp real a situațiilor complexe și evenimentelor de circulație, pe baza imaginilor achiziționate și prelucrate numeric în calculatorul cu rol de "controller TV". Fundamentarea teoretică și tehnică a structurii de sistem bazat pe mai multe camere TV pentru controlul video al traficului este dată în [1].

Controlerul TV are nu numai funcții de prelucrare numerică a imaginii achiziționate și extagerea informației utile ci și realizarea comunicației cu un server zonal SZ destinat analizei situației în zona și comunicației cu

un server central SC din rețeaua de circulație pentru controlul traficului.

În [1] se demonstrează că la controlerul CL din punctul local de control trebuie cuplate minimum două camere TV miniaturizate prevăzute cu interfață numerică pentru prelucrare primară și memorarea în formă digitală. Informația vizuală digitizată este preluată periodic de la toate camerele TV de către calculatorul-controler CL în vederea analizei imaginii din cadranul-imagini preluat

în vederea depistării prezenței unui participant la trafic care trece printr-un punct "țintă" către care sunt orientate toate camerele de luat vederi din punctul local de controlare și declanșarea algoritmilor de analiza în vederea extragerii informației de control din imaginea achiziționată prin camerele TV.

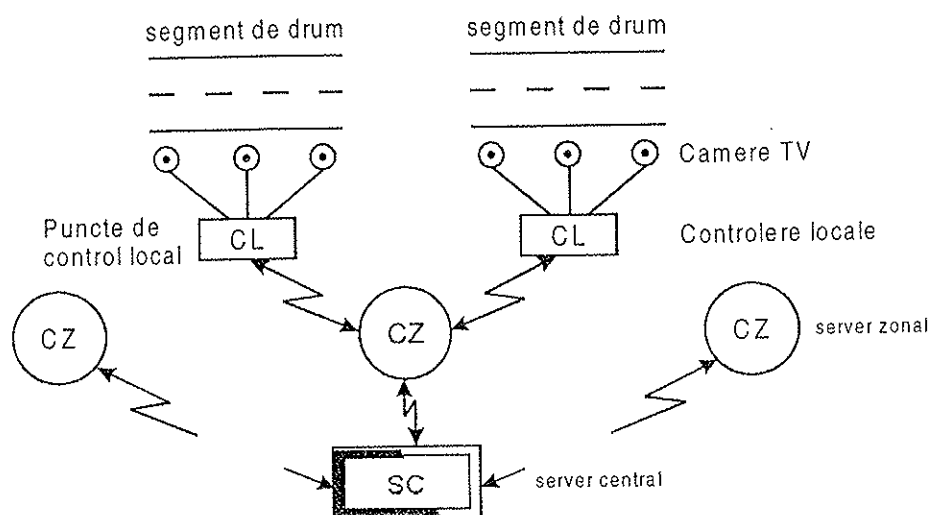


Fig. 1. Structura sistemului informatic distribuit pentru controlul automat al traficului

2. Funcțiunile sistemului teleinformatic de control al traficului

Principala problemă rezolvată în punctul de control local este depistarea obiectului mobil. Numai după ce obiectul mobil a fost depistat urmează să fie declanșate alte funcțiuni:

F1 - măsurarea vitezei V de deplasare a obiectelor participante la trafic;

F2 - depistarea obiectelor care depășesc viteza legală V^*

F3 - extragerea din imagini TV a datelor pentru întocmirea documentelor scrise referitoare la infracțiune:

- fixarea numărului de circulație al obiectului infractor;
- portertul digital al conducătorului infractor;
- tipul de autovehicul; etc.

F4 - Statistica participanților la trafic pe clase (tonaj, gabarit, tip, culoare, etc.).

Prelucrarea informației achiziționate se face ierarhizat. Funcțiunile F1 și F2 sînt realizate la nivel CL iar F3 și F4 la nivel SZ sau SC. Se are în vedere un sistem informatic de control în timp real al traficului. Astfel, timpul alocat prelucrării imaginii și extragerii informației (în F1-F2) este timpul Δt între momentele de achiziție a cadranelor-imagini din punctul de "țintă" vizat de camerele TV. Totodată informația achiziționată este redundantă din punctul de vedere al imaginii achiziționate în momentul t sau în momentul $t-\Delta t=t-1$. De aceea are loc filtrarea imaginilor achiziționate în vederea reținerii numai a elementelor suficiente pentru funcțiunile F1-F4 ale sistemului de control.

3. Filtrarea videosemnalelor achiziționate prin camerele TV

O primă operație de filtrare a informației constă în selectarea și reținerea imaginilor achiziționate în momente de timp succesive t și $t-1$, numai în măsura în care ele reflectă mișcarea unor obiecte. Sunt reținute numai imaginile consecutive care diferă din punct de vedere al conținutului. Această idee este utilă și pentru compresia informației video în vederea stocării și transmisiei în rețeaua urbană de control al traficului, spre nivelul central.

Ideile dezvoltate în [9] și [10] pentru compresia de date inspiră și posibilitatea filtrării perturbațiilor concomitent cu compresia datelor mai ales că în cazul de față nu se pune problema refacerii imaginii grafice inițiale ca în [10].

4. Discriminarea țintelor reale de cele false

Videsekmalele furnizate de camera TV sunt prelucrate în CL cu scopul depistării apariției în imagine a unui obiect în mișcare pe fondul căii de trafic (în prezența altor obiecte înconjurătoare). Obiectele înconjurătoare constituie zgomotul de fond și perturbațiile suprapuse peste componenta utilă a imaginii achiziționate. Prelucrarea primară pentru realizarea funcțiunii $F1$ (depistarea și măsurarea obiectului în mișcare) presupune discriminarea obiectelor utile de obiectele perturbatoare din imagine. Funcțiunea depistării apariției obiectului pe ecran și discriminarea acestuia de zgomotul de fond se face după criteriul amplitudinii. Problema privind discriminarea imaginii utile de zgomotul de fond și perturbațiile deterministe corespunde problemei discriminării țintelor reale de cele false din imaginea captată de camera TV orientată către un punct țintă. Acest punct se regăsește în imaginea preluată de camera TV. Odată cu aceasta sunt prezente în imagine și alte puncte care sunt fixe și nu aparțin imaginii obiectului. Eliminarea acestor "ținte false" din imaginea obiect se face conform algoritmului de prelucrare diferențială a cadrelor propus în [1]. În scopul reducerii volumului de calcul, un

cadru TV este descompus în $n=I \times J$ sectoare (de exemplu pentru $I=5$ și $J=4$ se obține un număr de 20 de sectoare din cadrul descompus). Pentru fiecare sector se rețin numai diferențele amplitudinii semnalelor aferente fiecărui punct conținut în imaginile achiziționate în momente succesive de timp $t-1$ și t . Deoarece imaginea obiect din cadru conține informații redundante se reține numai potretul schelet al obiectului real. Portretul schelet este extras sortând semnalele (recepționate prin senzori fotosensibili) pe criteriul amplitudinii [2]. Acesta se realizează comparând modulele diferențelor cu o valoare de prag γ . Sunt reținute numai modulele diferențelor de amplitudine care depășesc valoarea de prag. În cazul perturbațiilor aleatoare se folosește algoritmul adaptiv propus în [11].

5. Interpretarea țintei mobile și determinarea poziției

În sistemul propus în lucrare, punctul de control trebuie dotat cu n camere TV orientate către zona controlată: $n \geq 2$ (1)

În figura 2 este prezentat un punct de control dotat cu două camere TV. Punctul O din zona controlată este proiectat pe ecranele cu senzori fotosensibili ale camerelor sub forma imaginilor $O1$ și $O2$. Liniile punctate de vizare trec prin focarele $F1$ și $F2$ ale camerelor și se întâlnesc în punctul O .

Toate punctele din zona vizată au imagini pe ecranele camerelor TV. Informația disponibilă în calculatorul CL este poziția punctelor $O1$ și $O2$ pe ecranele TV și coordonatele centrelor celor două ecrane după orientarea camerelor:

(c_{x1}, c_{y1}, c_{z1}) respectiv, (c_{x2}, c_{y2}, c_{z2}) (2)

Coordonatele (2) sunt date în spațiul obiect de coordonate (X, Y, Z) cu axa Z orientată în sus. Centrul sistemului obiect de coordonate este fixat în punctul de țintă.

Coordonatele (x, y, z) ale unui punct cunoscut de pe ecran pot fi recalculat, prin matricea transformărilor afine, în spațiul obiect (X, Y, Z) .

Matricea transformărilor afine M are dimensiunea 4×4 și conține informații geometrice constante cunoscute despre cele două siste-

me de coordonate (X, Y, Z) și (X', Y', Z') . Operațiile de prelucrare numerice constau în produsul dintre vectorul de coordonate omogene $(X, Y, Z, 1)$ și inversa matricei M

sau a vectorului de coordonate omogene $(X', Y', Z', 1)$ cu M :

$$\begin{aligned} [X', Y', Z', 1] &= [X, Y, Z, 1]M \\ [X, Y, Z, 1] &= [X', Y', Z', 1]M^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

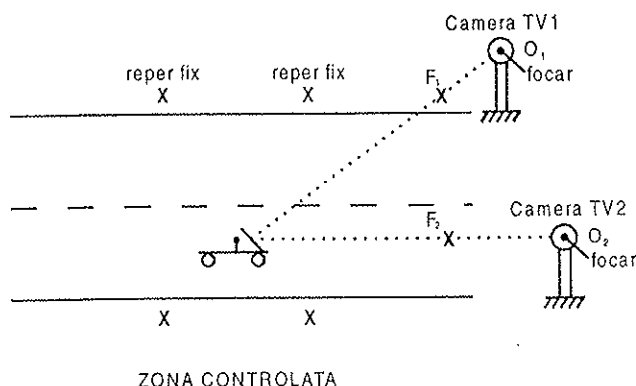


Fig. 2. Amplasarea camerelor TV în punctul de control

De exemplu un punct P de coordonate ortogonale (X, Y, Z) poate fi traslatat pe matricea TV cu centrul în (C_x, C_y, C_z) și orientată într-un plan xy paralel cu planul XY . Punctul pe matricea de fotosenzori are coordonatele ortogonale $(x, y, 1)$. Așadar punctul din poziția iKHa (X, Y, Z) este traslatat în poziția finală (X', Y', Z') prin vectorul de deplasare cunoscut

$$\begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' - X \\ Y' - Y \\ Z' - Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_x + x - X \\ C_y + y - Y \\ C_z - Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

Operarea traslătării se poate exprima simplu ca suma a doi vectori:

$$[X', Y', Z', 1] = [X, Y, Z, 1] + d^T \quad (5)$$

Pentru uniformizarea operațiilor se folosesc coordonate omogene și traslatarea se poate exprima astfel:

$$[X', Y', Z', 1] = [X, Y, Z, 1] M_t \quad (6)$$

în care M este o matrice de traslație de forma:

$$M_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ dx & dy & dz & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

În mod similar se pot exprima rotații în jurul axelor, proiecții pe ecran, etc. Prin operații succesive exprimate de matricele transformărilor M_1, M_2, \dots, M_n se poate obține:

$$[X', Y', Z', 1] = [X, Y, Z, 1] M \quad (8)$$

în care $M = M_1 M_2 \dots M_n$.

Cunoscând poziția punctului de pe matricea de senzori $(X', Y', Z', 1)$ și matricele de transformare (care depind de constantele de poziționare ale camerelor TV) se poate obține din coordonatele punctului obiect inițial: $[X, Y, Z, 1] = [X', Y', Z', 1] M^{-1}$ (9) Etapele prelucrării informației în punctele de control și la nivel central rezultă din organigrama prezentată în figura 3.

6. Concluzii

Rezultatele cercetărilor prezentate în lucrare au evidențiat instrumentele algoritmice diponibile în prezent pentru realizarea sistemelor teletinformatic pentru controlul automat al traficului auto în mediul urban.

În lucrare sunt precizate în principal resursele algoritmice pentru prelucrarea videoinformației achiziționate din zona controlată a traseului de trafic: filtrarea cadrelor – imagine; discriminarea țintelor reale de cele false; scheletizarea portretului digital al obiectului infractor; avertizarea nivelului central. Prelucrarea informației la nivel central (definitivarea documentației asupra infracțiunii și catalogarea statistică a participanților la trafic) ridică o serie de aspecte specifice tratate în [12].

În concluzie cercetările au validat existența resurselor necesare realizării sistemelor in-

formate distribuite de control TV al traficului auto pe arterele de circulație urbane, în

care sistemele radar sunt total ineficiente.

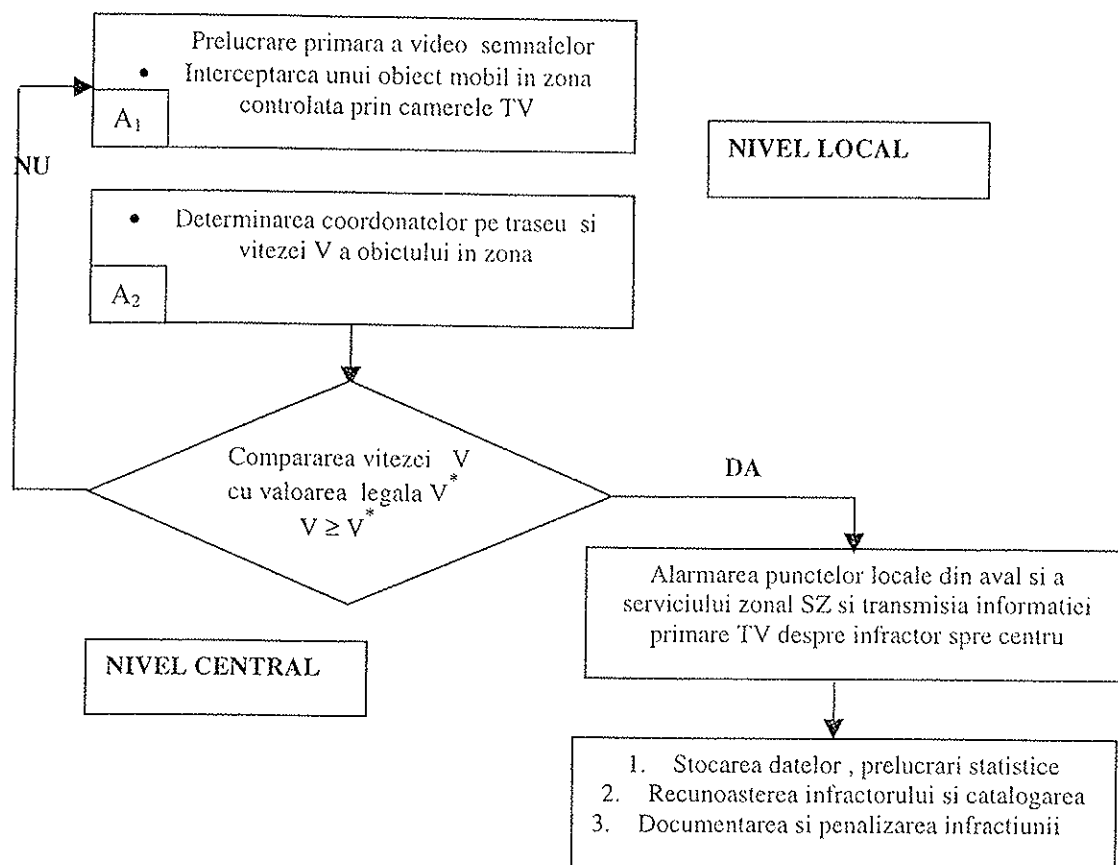


Fig. 3. Algoritmizarea controlului TV

Bibliografie

- [1] Benest, I.D. – *A Review of Computer Graphic Publication*, Computers&Graphics Nr. 4/1997 pp. 95-136
- [2] *Signal processing in TV - parameters estimation* - 10-th International Conference on Control Systems and Computers Science, Bucharest, May 1995 pp. 154-156
- [3] Figue J., Refriger P. - *Angle determination of airplanes by multicorrelation technique with optimal trade-off synthetic discriminant filters* - Optical engineering / June 1994 v.3 pp. 19-23
- [4] Ivan I., Verniș D., Zerfus E. - *Utilizarea fractalilor în compresia de date* - Informatica economică nr. 4/1997 pg 19-23.
- [5] Vasiliu C., Pribeanu C. - *Sistem grafic în timp real - paradigma pentru o structura de interacțiune om - mașină* - Revista română de Informatică și Automatică nr 1/1993 pag. 17-30.
- [6] Roșca I. Gh., Gogonău I. - *ATM - suport de modernizare a rețelelor de calculatoare din învățământul economic modern* - Informatica economică nr. 4/1997 pag. 11-18
- [8] Timofeev B.S. – *Mnogocamernie TV oh-rannie sistemi* – Tehnika Kino i TV Nr.8 / 1997 pag. 30-33
- [9] Timofeev B.S. – *TV metodi obrabotki rezultatov ispitanii letatelinih aparatov* – televidenie videotehnika SPB 1996 pp 12-17.
- [10] Timofeev B.S. – *Avtomaticeskaia nastroika TV sistem s pomoschju mikro-evm* – Moskwa – ed. Radio i sviazi 1998
- [11] Timofeev B.S. – *TV sistemi avtomatizirovanovo kontrolia transportnih potokov* - St.Petersburgskaia video iarmarka 1997
- [12] Putiatin E.P. s.a. – *Obrabotka izobrazhenii v robototekhnike.*- Moskwa ed. Mashinostrojenie 1990.