

# ALGORITMIZAREA ȘI PROGRAMAREA ALGORITMULUI ECHILIBRAT DISTRIBUIT DE CONTROL A PUTERII ÎN STANDARDELE CDMA

*R. Evdochimov, drd, lector universitar  
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți*

## INTRODUCERE

Controlul puterii reprezintă una din cele mai principale probleme în rețelele mobile contemporane CDMA. El cuprinde metode și algoritmi utilizați pentru controlul și ajustarea puterilor de transmisie ale stațiilor de bază (BS – base station) și stațiilor mobile (MS – mobile station). De asemenea, controlul puterii permite a minimiza interferența în canal, ceea ce este important pentru rezolvarea problemei efectului "aproiat-depărtat" și amortizării semnalului la transmitere, a îmbunătăți calitatea de transmitere a informației, a mări capacitatea de trafic a celulei, și a micșora puterea medie de transmitere a MS.

Algoritmi de control al puterii verifică statistica calității informației recepționate și nivele de putere atât în canalul direct (de la BS la MS), cât și în cel invers (de la MS la BS). Acești algoritmi efectuează transmiterea comenzilor pentru modificarea puterii fiecărei MS printr-un subcanal special de control al puterii al canalului direct. În același timp ei efectuează și transmiterea mesajelor de sistem prin canalul de acces.

În lucrarea dată vom cerceta Algoritmul Echilibrat Distribuit (ED) de Control al Puterii și îl vom aduce la forma unui algoritm realizabil la calculator.

## 1. MODELUL SISTEMULUI

Printre algoritmii de control al puterii cele mai utilizate în CDMA sunt algoritmii distribuiți, care pot fi clasificați în modul următor:

1. Algoritm Distribuit de Control al Puterii;
2. Algoritm Complet Distribuit de Control al Puterii;
3. Algoritm Extins Complet Distribuit de Control al Puterii;
4. Algoritm Echilibrat Distribuit de Control al Puterii;
5. Fixed Step Distributed Power Control (FSDPC);
6. Augmented Constant Improvement Power Control (ACIPC).

Pentru cercetarea algoritmului echilibrat distribuit (ED) a fost construit modelul sistemului

CDMA cu  $M$  stații mobile, fiecare stație a fost destinată pentru lucrul cu una din  $B$  stații de bază.

Câștigul de procesare (processing gain) al canalului de legătură între stație mobilă  $m$  și stație de bază  $b$  vom nota prin  $C_{mb}$ , semnalul rezervat pentru fiecare utilizator al sistemului  $P_{bm}$  și puterea completă de transmitere a stației de bază  $P_j$ ,  $n_m$  – zgomotul termic al fiecărei stației mobile  $m$ . De aici rezultă formula raportului semnal/interferența CIR (Carrier to Interference Ratio)

$$CIR_m = \frac{C_{mb}P_{bm}}{\sum_{j=1}^B C_{mj}P_j - C_{mb}P_{bm} + n_m} \quad (1).$$

În această situație, a fost cercetat algoritmul dat în cazul canalului direct (de la stație de bază la cea mobilă), de aceea e necesar să menționăm

$$\sum_{m \in I_b} P_{bm} = P_j \quad (2)$$

unde  $I_b$  reprezintă indicele stației mobile, care se referă la stația de bază  $b$ .

### 1.1. Algoritm Echilibrat Distribuit (ED) de Control al Puterii (AEDCP)

Acest algoritm a fost cercetat și descris în articolele [1, 2, 3]. Scopul de bază al algoritmului dat este de a determina puterea transmisă fiecărei stației mobile, pentru a asigura aceeași valoare CIR obținută de toate stațiile mobile în celula. Acest lucru devine posibil prin operații de echilibrare a calității legăturii pentru toți utilizatorii ai fiecărei celule. Algoritm cercetat este distribuit în sens, că în fiecare celulă el funcționează independent de toate celelalte celule. Pentru funcționarea acestui algoritm este necesar de realizat o legătură inversă (feed-back), care ar întorcea mesaje despre puterea recepționată de fiecare stație mobilă, de asemenea, stația de bază trebuie să fie înzestrată cu instrumente de evaluare a canalului de legătură dintre ea și stația mobilă.

Problema algoritmului echilibrat distribuit poate fi prezentată în felul următor:

$$\overline{CIR}_b = \max \min \left\{ \frac{C_{mb} P_{bm}}{\sum_{j=1}^B C_{mj} P_j - C_{mb} P_{bm} + n_m}, m \in I_b \right\} \quad (3)$$

Problema echilibrării se soluționează alegînd valoarea maximală a CIR din cele minimale pentru toți utilizatori ai celulei. Dacă considerăm  $n_m$  destul de mic, problema poate fi soluționată în următoarele etape:

$$M_{bm} = \frac{\sum_{j=1}^B C_{mj} P_j}{C_{mb}} \quad M_b = \sum_{m \in I_b} M_{bm}$$

1. Fie și

unde  $I_b$  sunt indicele stațiilor mobile ale stației de bază  $b$ .

În esență  $M_{bm}$  reprezintă puterea totală recepționată de stație mobilă  $m$ . Această valoare poate fi utilizată în continuare pentru calculul ponderii sau părții puterii totale a stației de bază, care trebuie recepționată de stația mobilă  $m$ .

2. Prin urmare, puterea, eliberată pentru stația mobilă  $m$  de către stația de bază  $b$ , se va calcula conform formulei

$$P_{bm} = \frac{M_{bm}}{M_b} P_b \quad (4)$$

3. În rezultatul funcționării algoritmului dat, toate stațiile mobile ale stației de bază  $b$  vor avea o valoare comună CIR

$$\overline{CIR}_b = \frac{P_b}{M_b} \quad (5)$$

Algoritmul prezentat mai sus a fost codificat în mediul de modelare MATLAB și este propus cititorului mai jos.

#### Codul programului al algoritmului echilibrat distribuit (ED) de Control al Puterii (AEDCP) pentru cazul unei celule

% m= numărul de stații mobile

b=7; % numărul de stații de bază în sistem

maxBSpower=1;

pmax=maxBSpower/m; % puterea maximală  
%eliberată fiecărei stații mobile

nlaw=4; % pierderile pe rută de legea n pentru  
%sistem

c=1; % coeficientul corespunzător obstacolelor,  
%adică atenuarea semnalului

maincellnum=1;  
CIRreq=10^-1.7;

% Se generează numărul m de utilizatori, uniform  
%distribuiți în interiorul celulei de formă unui  
%hexagon. De asemenea, se generează 7 stații de %  
bază, corespunzător câte una în celulele vecine.

genusers;  
BSpower=maxBSpower;

% Pentru a distribui puterea pentru fiecare stație  
%mobilă, bazată pe măsurările obținute ale puterii.  
% Calculează câștigul de procesare al canalului și  
%Cik pentru fiecare stație mobilă.

```
for n_mobile=1:m
    for n_bs=1:b
        linkgain(n_bs)=c/(distance(mobile(1:2,n_mobile),
        BS(1:2,n_bs)))^nlaw;
    end
    receivedpower=BSpower*sum(linkgain);
    Cik(n_mobile)=receivedpower/linkgain(maincellnum);
end
```

% Distribuie puterea între stațiile mobile,  
%bazîndu-se pe Cik.

```
for n_mobile=1:m
    power(n_mobile)=BSpower*Cik(n_mobile)/sum(Cik);
end
```

% Calculează CIR pentru fiecare stație mobilă

```
for n_mobile=1:m
    for n_bs=1:b
        if lognormalrequest==1
            c=lognormal;
        end
        linkgain(n_bs)=c/(distance(mobile(1:2,n_mobile),
        BS(1:2,n_bs)))^nlaw;
    end
```

% presupune puterea stației de bază = 1 pentru toate  
%stațiile de bază din sistem. Prin urmare, puterea  
%obținută reprezintă suma câștigurilor de procesare  
%ale canalului

```
receivedpower=BSpower*sum(linkgain);
```

% calculează puterea semnalului, recepționată de  
%stație mobilă

```
signalpower=power(n_mobile)*
linkgain(maincellnum);
```

```

CIR(n_mobile)=signalpower/(receivedpower-
signalpower);
end
outagecount=CIR<(CIRreq); % compară CIR a
%fiecarei stației mobile cu valoarea țintă

totaloutage=sum(outagecount); % calculează
%stagnare totală a sistemului

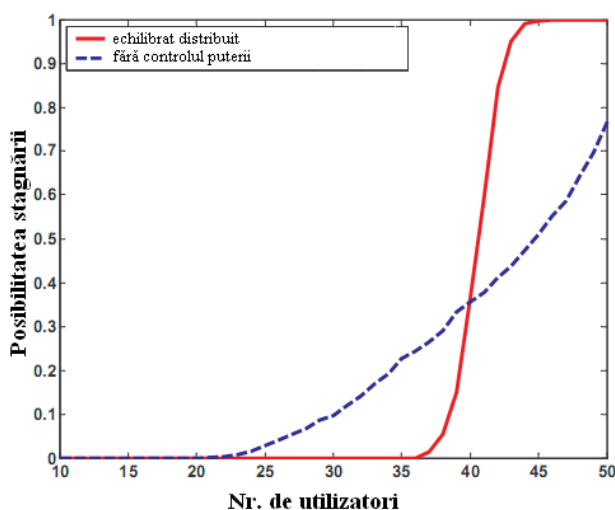
outagepercentage=totaloutage/m;

```

Codul programului propus trebuie să fie înscris într-un fișier m-file.

## 1.2. Rezultate

În fig. 1 sunt prezentate rezultatele modelării algoritmului echilibrat distribuit de control al puterii pentru cazul unei singure celule.



**Figura 1.** Analiza algoritmului ED în raport cu același sistem fără controlul puterii.

Din figura 1 se observă, că algoritmul echilibrat distribuit poate realiza o densitate maximală 36 utilizatori pe o celulă, în cazul probabilității de stagnare a sistemului 0%. Acest indicator este destul de bun dacă vom compara cu cazul când controlul puterii nu se realizează.

În cazul când controlul puterii nu se realizează, după cum se observă din figura, densitatea constituie aproximativ 21 de utilizator pe o celulă. În așa fel, algoritmul echilibrat distribuit mărește capacitatea celulei de 1,71 ori.

## CONCLUZII

Algoritmul echilibrat distribuit de control al puterii reprezintă un algoritm optimal de control al puterii pentru o celulă și permite creșterea esențială a capacității sistemului de 1,71 ori.

Codul programului propus poate servi drept punct de sprijin pentru cei interesați de a efectua cercetările proprii în domeniul algoritmilor de control al puterii. El, de asemenea, poate fi îmbunătățit sau adaptat la alte standarde ale sistemelor de comunicații mobile.

## Bibliografie

- D. Kim.** *A Simple Algorithm for Adjusting Cell-Site Transmitter Power in CDMA Cellular Systems*, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 48, No.4, 1999, pp. 1092-1098.
- C. J. Chang, F. C. Ren.** *Down-link power control in DS/CDMA cellular mobile radio network*, in *Third Annual International Conference on Universal Personal Communications*. 1994.
- L. Nuaymi, P. Godlewski, X. Lagrange.** *Power allocation and control for the downlink in cellular CDMA networks*, in *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. 2001.