

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

# Flexibilné modulačné technológie pre fyzickú vrstvu kognitívnych rádiových sietí

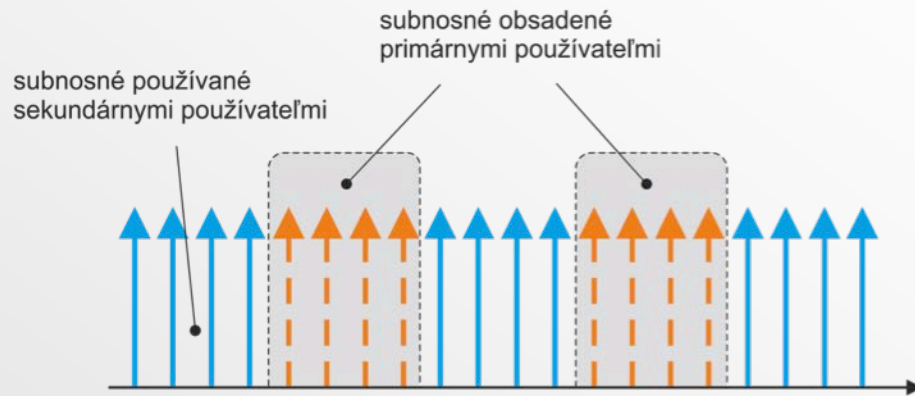
Tomáš Čeklej

Prof. Ing. Stanislav Marchevský, CSc.

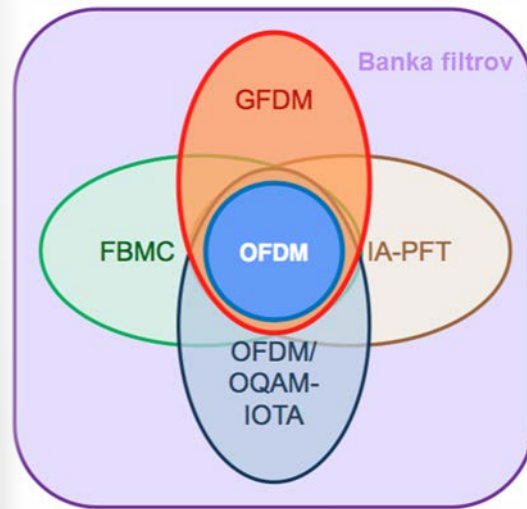
KEMT FEI TU v Košiciach

- Štúdium modulačnej technológie GFDM.
- Oboznámenie sa so systémom MIMO s využitím STBC
- Návrh systému MIMO-GFDM s využitím STBC v 5G. bezdrôtových komunikačných sieťach.
- Programová implementácia v programe matlab,

- V 5G. mobilných komunikačných sieťach je potrebné riešiť špecifické požiadavky:
  - Flexibilita.
  - Správa spektra.
  - Zvýšenie spektrálnej účinnosti.
  - Zníženie dopadu rušenia.
  - Koexistencia s technológiami, ktoré používame dnes.



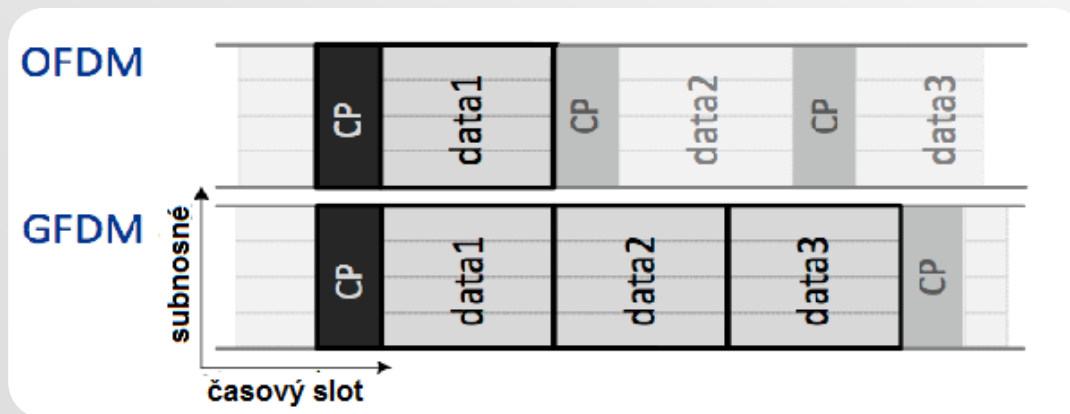
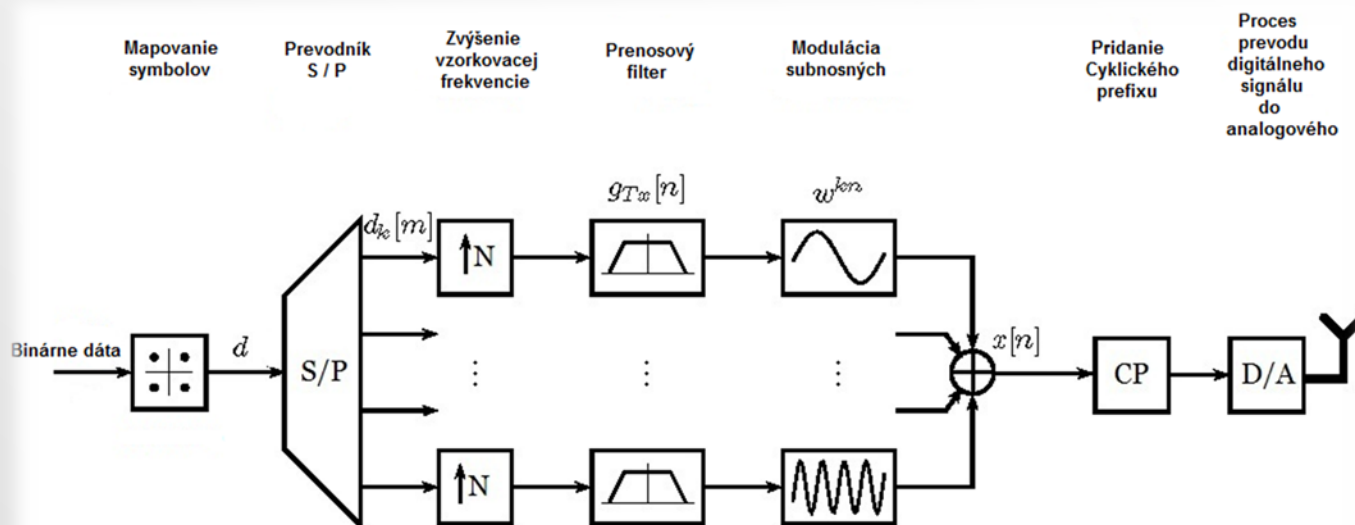
- V oblasti bezdrôtovej komunikácie sa intenzívne pracuje na výskume kognitívneho rádia.
- Ide o komunikačný systém, ktorý vykonáva monitorovanie stavu vysielania tzv. spectrum sensing.
- Na základe analýzy prideluje voľné frekvenčné pásma sekundárnym účastníkom.



- GFDM predstavuje určitú koncepciu medzi viacerými princípmi prenosových systémov s mnohonásobnými nosnými.
- Je vhodný pre fyzickú vrstvu kognitívneho rádia nízkeho vyžarovaníu do susedných frekvenčných pásiem.

GFDM systém má rôzne výhody oproti konvenčným systémom s mnohonásobnými nosnými a to napr.:

- Veľmi malé vyžarovanie do susedných frekvenčných pásiem.
- Výber vhodného tvaru impulzu pre jednotlivé subnosné.
- Zníženie vkladania cyklického prefixu CP v porovnaní s množstvom užitočných dát
- Jednoduchá ekvalizácia systému
- Lepšia spektrálna účinnosť
- Využitie bielych priestorov v spektre.



MATLAB R2014a

HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW

FILE EDIT NAVIGATE BREAKPOINTS RUN

Current Folder: \\psf\Home\Documents\MATLAB

Workspace:

| Name            | Value                | Min     | Max       |
|-----------------|----------------------|---------|-----------|
| a               | 0.5000               | 0.5000  | 0.5000    |
| A               | 12x12 complex double | -0.0055 | 0.6564... |
| filter          | 'rrc'                |         |           |
| i               | 13                   | 13      | 13        |
| imp_resp        | 1x12 double          | -0.0797 | 0.6564    |
| imp_resp_shift  | 12x1 double          | -0.0797 | 0.6564    |
| k               | 2                    | 2       | 2         |
| K               | 3                    | 3       | 3         |
| m               | 4                    | 4       | 4         |
| M               | 4                    | 4       | 4         |
| n               | 12                   | 12      | 12        |
| N               | 12                   | 12      | 12        |
| p               | 1x13 double          | -0.1380 | 1.1366    |
| roll_off        | 0.5000               | 0.5000  | 0.5000    |
| upconv_imp_resp | 12x3 complex double  | -0.0055 | 0.6564... |

Editor - Z:\Users\Tom\Predobhajoba\Transmitter\A\_matrix\_GFDM.m

```

A_matrix_GFDM.m
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

%počet subnosných
%časové sloty
%vzorky
%nastavenie rollovoho faktoru
%vyber filtra
%limit odpovede

%Square Root Raised Cosine filter
p=zeros(1,length(n));
switch(filter)
case('srcc')
for i=1:length(n)
if n(i)==0
p(i)=(1-a)+4*a/pi;
else if n(i)==1/(4*a) || n(i)==-1/(4*a)
p(i)=a/sqrt(2)*(1+(2/pi)*sin(pi/(4*a))+1-2/pi*cos(pi/(4*a)));
else
p(i)=(sin(pi*n(i)*(1-a))+4*a*n(i).*cos(pi*n(i)*(1+a)))/(pi*n(i)*(1-(4*a*n(i))^2));
end
end
end

%Root Raised Cosine filter
case('rrc')
for i=1:length(n)
if n(i)==0
p(i)=1-a+4*(a/pi);
else if n(i)==1/(4*a) || n(i)==-1/(4*a)
p(i)=(a/sqrt(2))*(1+(2/pi)*sin(pi/(4*a))+1-(2/pi)*cos(pi/(4*a)));
else
p(i)=(sin(pi*n(i)*(1-a))+4*a*n(i).*cos(pi*n(i)*(1+a)))/(pi*n(i)*(1-(4*a*n(i))^2));
end
end
end

imp_resp=1/sqrt(sum(p.^2));
imp_resp=imp_resp(1:K*M);
imp_resp_shift=circshift(imp_resp,length(imp_resp)/2+M-1);

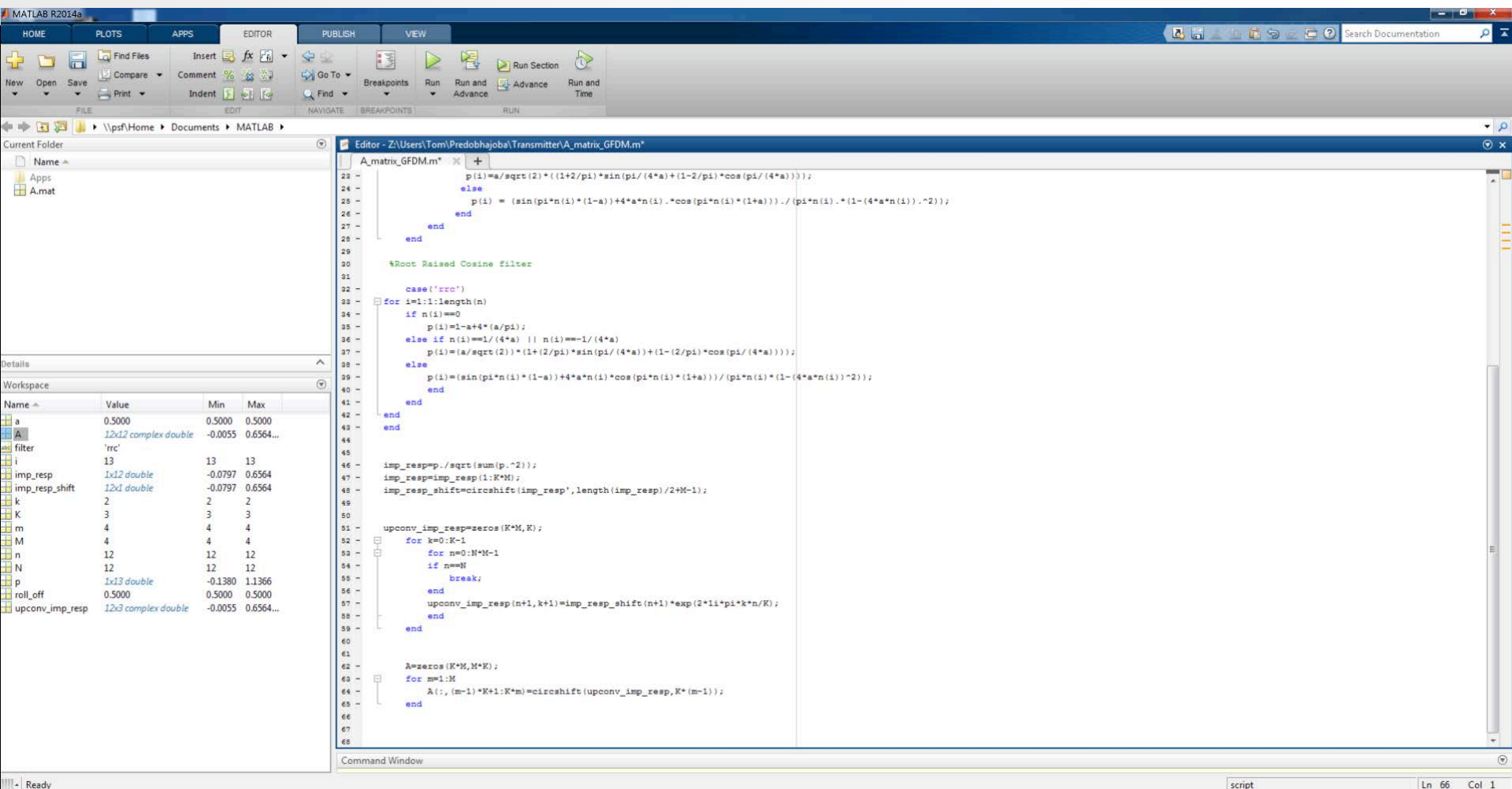
```

Command Window

Ready script Ln 36 Col 44



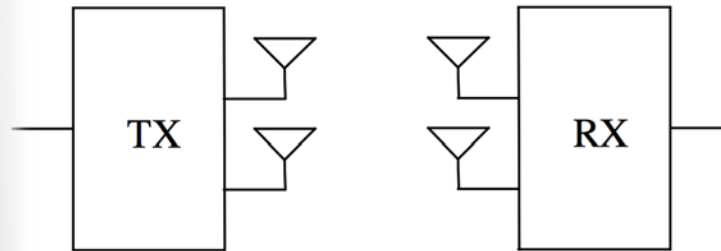
# GFDM



The image shows the MATLAB R2014a environment. The main window displays a script named 'A\_matrix\_GFDM.m'. The code defines a function for calculating the GFDM matrix  $A$  based on parameters  $a$ ,  $M$ , and  $N$ . It includes a 'Root Raised Cosine filter' section and uses nested loops to calculate the matrix elements. The workspace window on the left shows the current state of variables.

```
23 p(i)=a/sqrt(2)*((1+2/pi)*sin(pi/(4*a))+1-2/pi)*cos(pi/(4*a));
24 else
25     p(i) = (sin(pi*n(i)*(1-a))+4*a*n(i).*cos(pi*n(i)*(1+a)))/(pi*n(i).*(1-(4*a*n(i)).^2));
26 end
27 end
28 end
29
30 %Root Raised Cosine filter
31
32 case('rrc')
33 for i=1:length(n)
34     if n(i)==0
35         p(i)=1-a+4*(a/pi);
36     else if n(i)==1/(4*a) || n(i)==-1/(4*a)
37         p(i)=(a/sqrt(2))*(1+(2/pi)*sin(pi/(4*a))+1-2/pi)*cos(pi/(4*a));
38     else
39         p(i)=(sin(pi*n(i)*(1-a))+4*a*n(i).*cos(pi*n(i)*(1+a)))/(pi*n(i).*(1-(4*a*n(i)).^2));
40     end
41 end
42 end
43 end
44
45 imp_resp=1/sqrt(sum(p.^2));
46 imp_resp=imp_resp(1:K*M);
47 imp_resp_shift=circshift(imp_resp,length(imp_resp)/2+M-1);
48
49
50
51 upconv_imp_resp=zeros(K*M,K);
52 for k=0:K-1
53     for n=0:N*M-1
54         if n==N
55             break;
56         end
57         upconv_imp_resp(n+1,k+1)=imp_resp_shift(n+1)*exp(2*i*pi*k*n/K);
58     end
59 end
60
61
62 A=zeros(K*M,M*K);
63 for m=1:M
64     A(:,(m-1)*K+1:K*m)=circshift(upconv_imp_resp,K*(m-1));
65 end
66
67
68
```

| Name            | Value                | Min     | Max       |
|-----------------|----------------------|---------|-----------|
| a               | 0.5000               | 0.5000  | 0.5000    |
| A               | 12x12 complex double | -0.0055 | 0.6564... |
| filter          | 'rrc'                |         |           |
| i               | 13                   | 13      | 13        |
| imp_resp        | 1x12 double          | -0.0797 | 0.6564    |
| imp_resp_shift  | 12x1 double          | -0.0797 | 0.6564    |
| k               | 2                    | 2       | 2         |
| K               | 3                    | 3       | 3         |
| m               | 4                    | 4       | 4         |
| M               | 4                    | 4       | 4         |
| n               | 12                   | 12      | 12        |
| N               | 12                   | 12      | 12        |
| p               | 1x13 double          | -0.1380 | 1.1366    |
| roll_off        | 0.5000               | 0.5000  | 0.5000    |
| upconv_imp_resp | 12x3 complex double  | -0.0055 | 0.6564... |



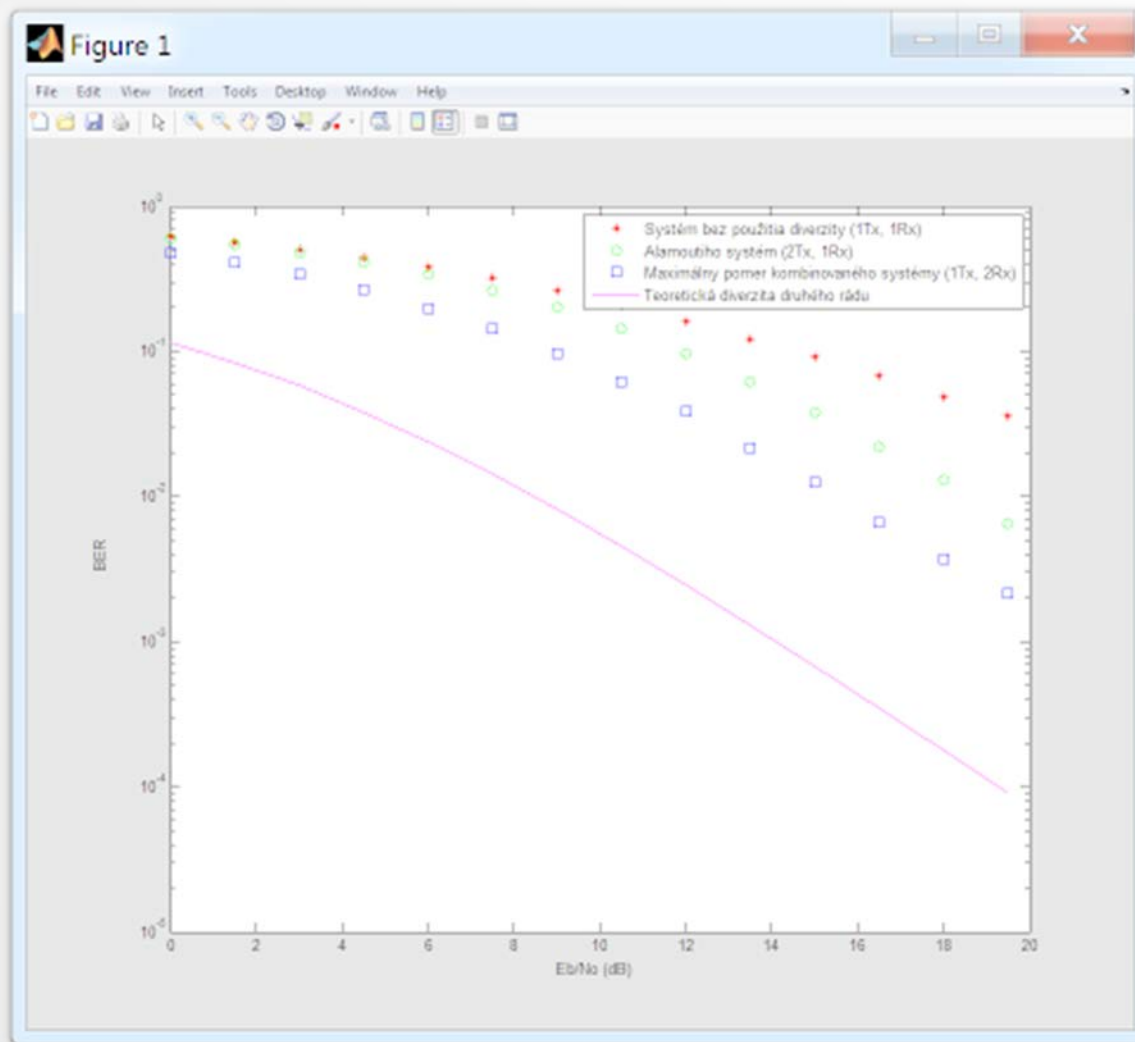
- MIMO predstavuje novú oblasť prenosu dát bezdrôtovým kanálom.
- Systémy, ktoré na prenos používajú sústavu viacerých vysielačích a prijímacích antén.
- Existuje niekoľko konfigurácií z hľadiska počtu použitých antén
  - SISO, SIMO, MISO, MIMO

- V

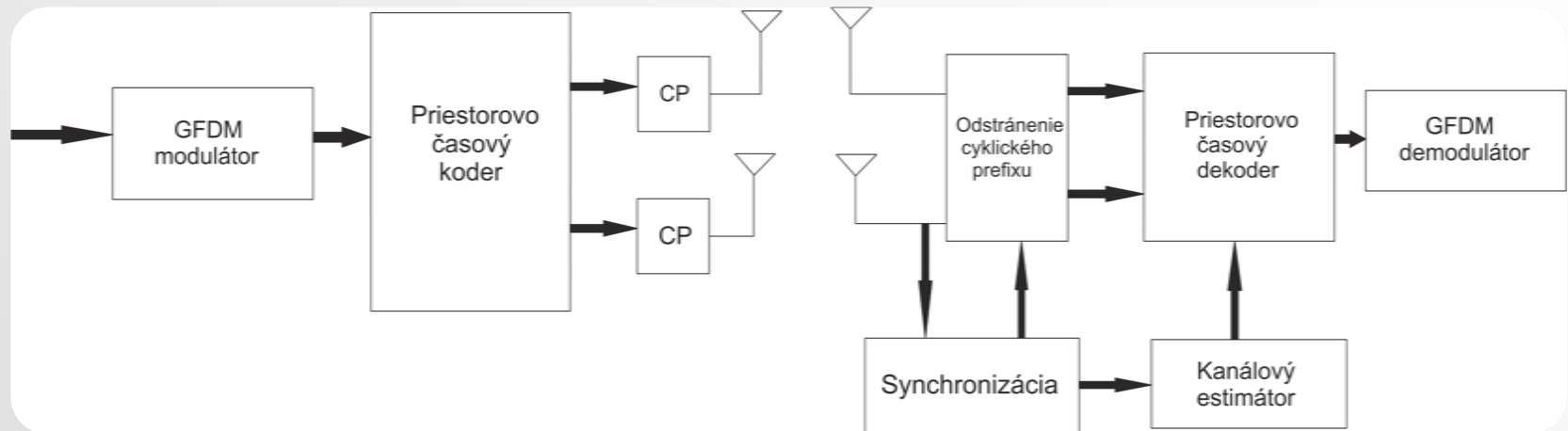
lov.

- Typy diverzít:
  - Časová diverzita
  - Frekvenčná diverzita
  - Priestorová diverzita
  - Kombinácia
- Najjednoduchším typom časovo-priestorových kódov sú STBC kódy.

# MIMO STBC



## ▪ Návrh schémy



- STBC GFDM je zaujímavou možnosťou pre využitie v 5G. Mobilných komunikačných sieti s využitím flexibility GFDM a diverzitou priestorovo časového kódovania.

- V tomto semestri sme naštudovali technológiu GFDM a taktiež MIMO s využitím priestorovo časovej diverzity, vykonali sme návrh pre využitie priestorovo časovej diverzity v GFDM a začali s programovou implementáciou.
  
- V ďalšom semestri chceme dokončiť programovú implementáciu a teoretický rozbor práce.

Týmto by som chcel pod'akovať vedúcemu mojej diplomovej práce a hlavne môjmu konzultantovi pánovi Ing. Lukášovi Sendreiovi za jeho neoceniteľnú pomoc s prácou, rady a hlavne pevne nervy.

Veľmi pekne Vám d'akujem a taktiež d'akujem komisii za jej pozornosť.

Vd'aka.