



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

# MSc – Önállólaboratórium 2

Transzformált tartománybeli adaptív szűrők vizsgálata

KONZULENS

Orosz György

Az adaptív szűrőkről általában:

- Hangolhatók (változtathatók a szűrőegyütthetők)
- Alkalmazás:
  - rendszer identifikáció
  - aktív zajcsökkentés
  - visszhang csökkentés
  - vonaljavítás

Különböző algoritmusok léteznek a szűrőegyütthetők változtatására.

Cél:

1. A különböző adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása.
  - LMS
  - NLMS
  - FxLMS
2. Az FxLMS konvergenciájának felgyorsítása.

# Az adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása

## Az LMS algoritmus

- $H$  ismeretlen rendszer
- $H$ -t identifikáljuk a  $W$ -vel

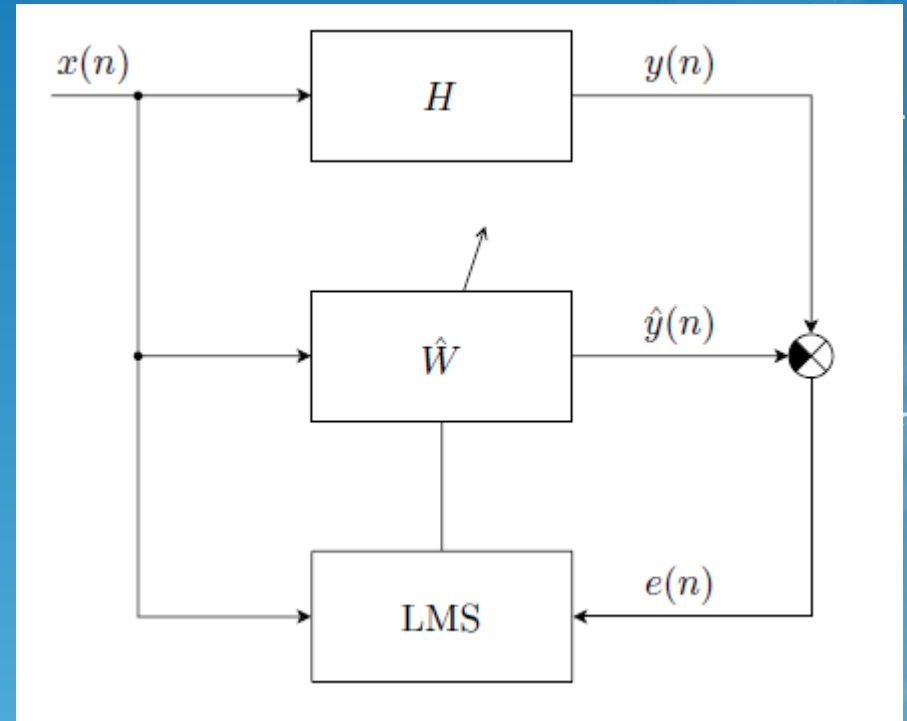
$$e(n) = y(n) - \mathbf{W}^T(n)\mathbf{X}(n)$$

$N$  az  $X(n)$  ablak szélessége

$$\mathbf{X}(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-N+1)]$$

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + 2\mu e(n)\mathbf{X}(n)$$

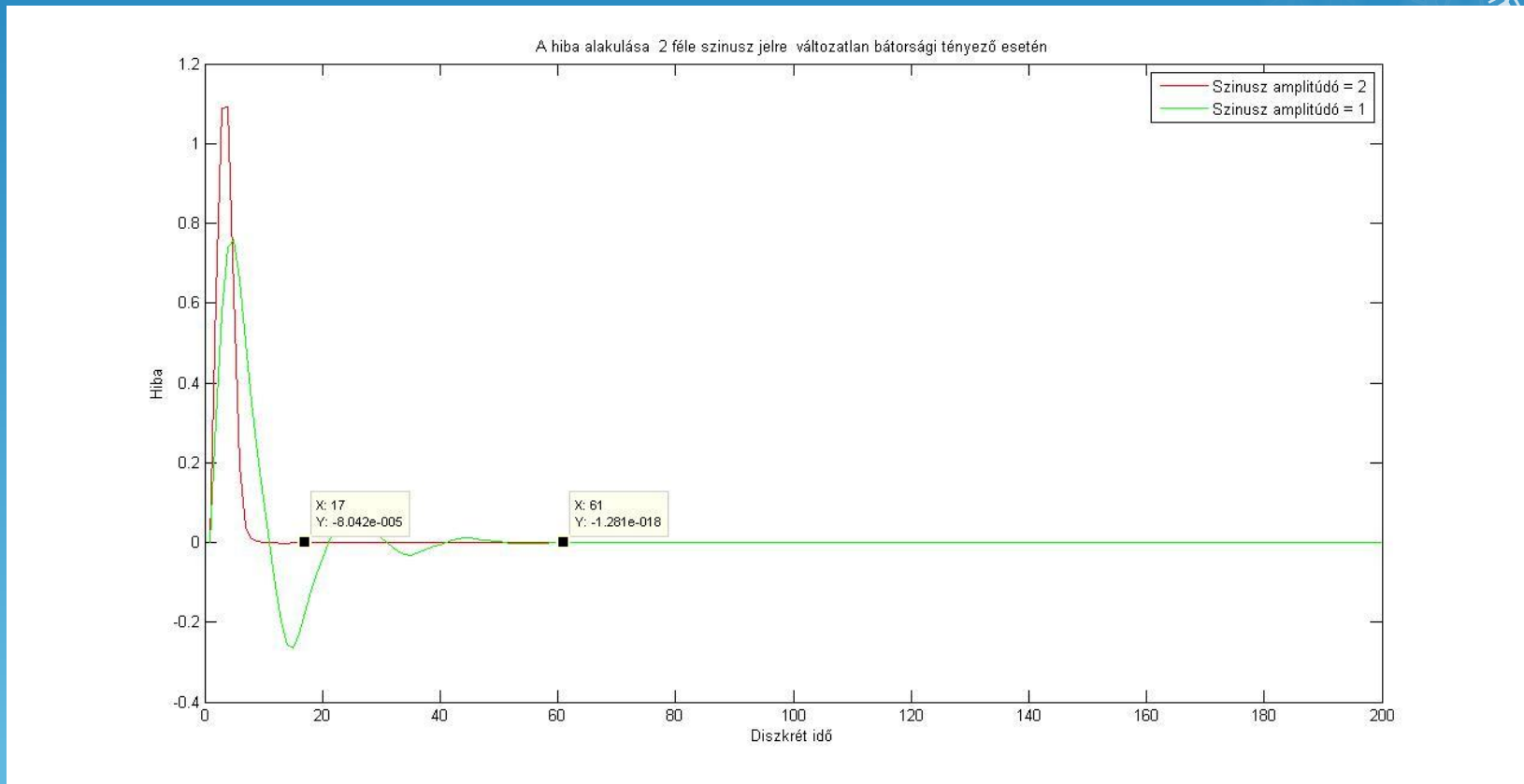
$\mu$ : bátorsági tényező



# Az adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása

## Az LMS algoritmus

Hibája: A beállítás sebessége függ a bejövő jel teljesítményétől.



# Az adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása

## Az NLMS algoritmus

- $H$  ismeretlen „doboz”
- $H$ -t identifkáljuk a  $W$ -vel

$$e(n) = y(n) - \mathbf{W}^T(n)\mathbf{X}(n)$$

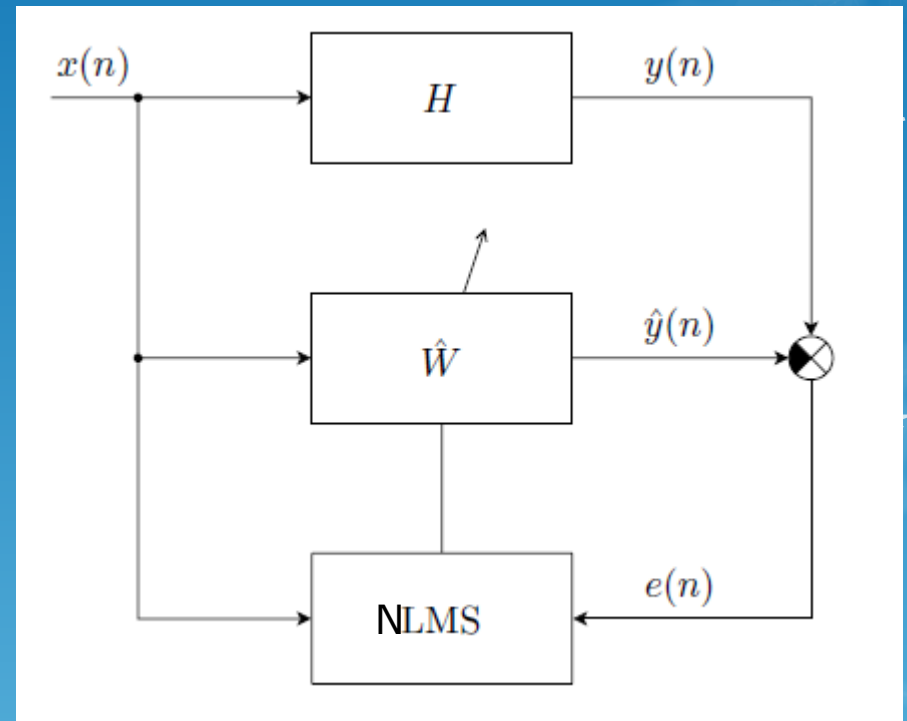
$N$  az  $X(n)$  ablak szélessége

$$\mathbf{X}(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-N+1)]$$

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + \frac{\mu}{\alpha + \mathbf{X}^T(n)\mathbf{X}(n)} e(n)\mathbf{X}(n)$$

$\mu$ : bátorsági tényező

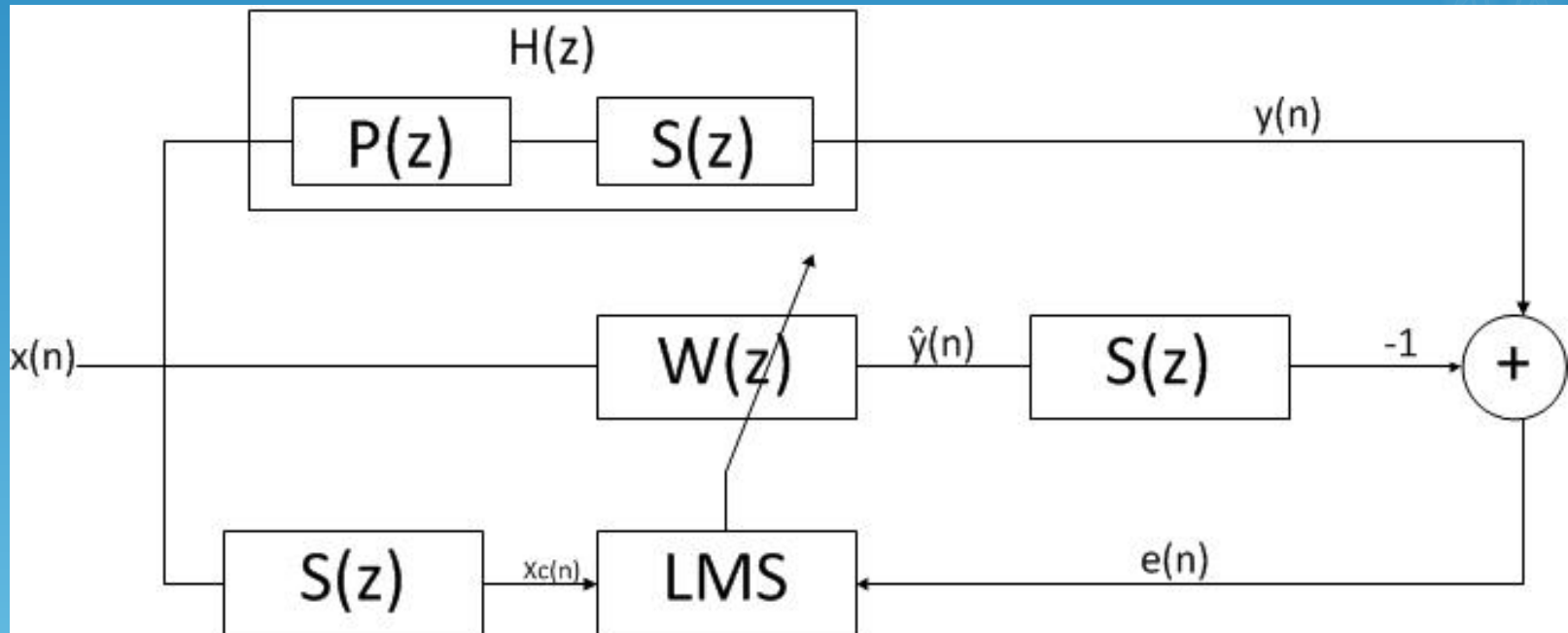
$\alpha$ : regularizációs konstans



# Az adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása

## Az FxLMS algoritmus

Az adaptív szűrő és a különbség képző közt fizikailag jelen van egy másodlagos átvitel.  
Ezt veszi figyelembe.

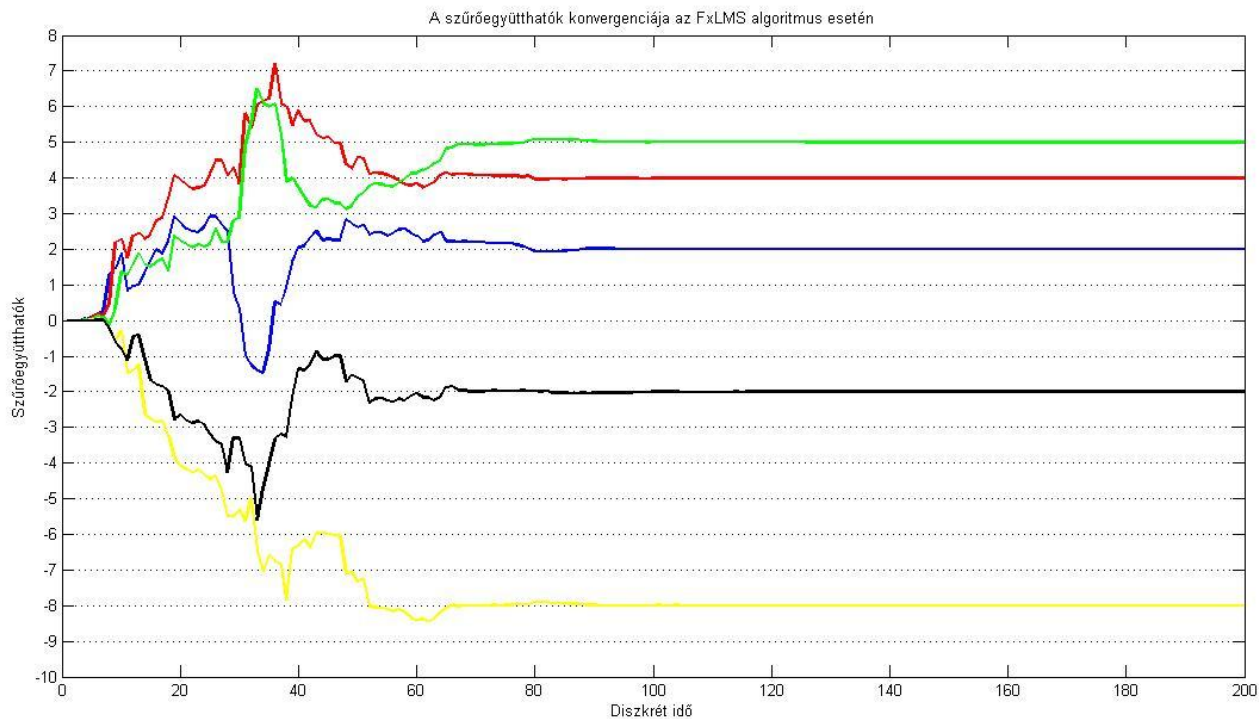


# Az adaptív szűrő algoritmusok kipróbálása

## Az FxLMS algoritmus

$$P = [2 \ 4 \ 5 \ -8 \ -2]$$

$$S = [3 \ 5 \ 6 \ -10 \ -20]$$



# Az FxLMS algoritmus gyorsítása



## Három módszer

1. Szorzás az autokorrelációs mátrix inverzével.
2. A bejövő jel fehérítése.
3. DFT alkalmazása, csatornánként NLMS.



# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

## 1. Szorzás az autokorrelációs mátrix inverzével.

Az  $X_c$  jel autokorrelációs mátrixának meghatározása.

$$\mathbf{R} = \mathbf{U}\mathbf{\Lambda}\mathbf{U}^{-1}$$

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + 2\mu e(n)\mathbf{X}(n)$$



$$\mathbf{V}(n+1) = (\mathbf{I} - 2\mu\mathbf{\Lambda}) \mathbf{V}(n)$$

$\mathbf{\Lambda}$ : diagonális

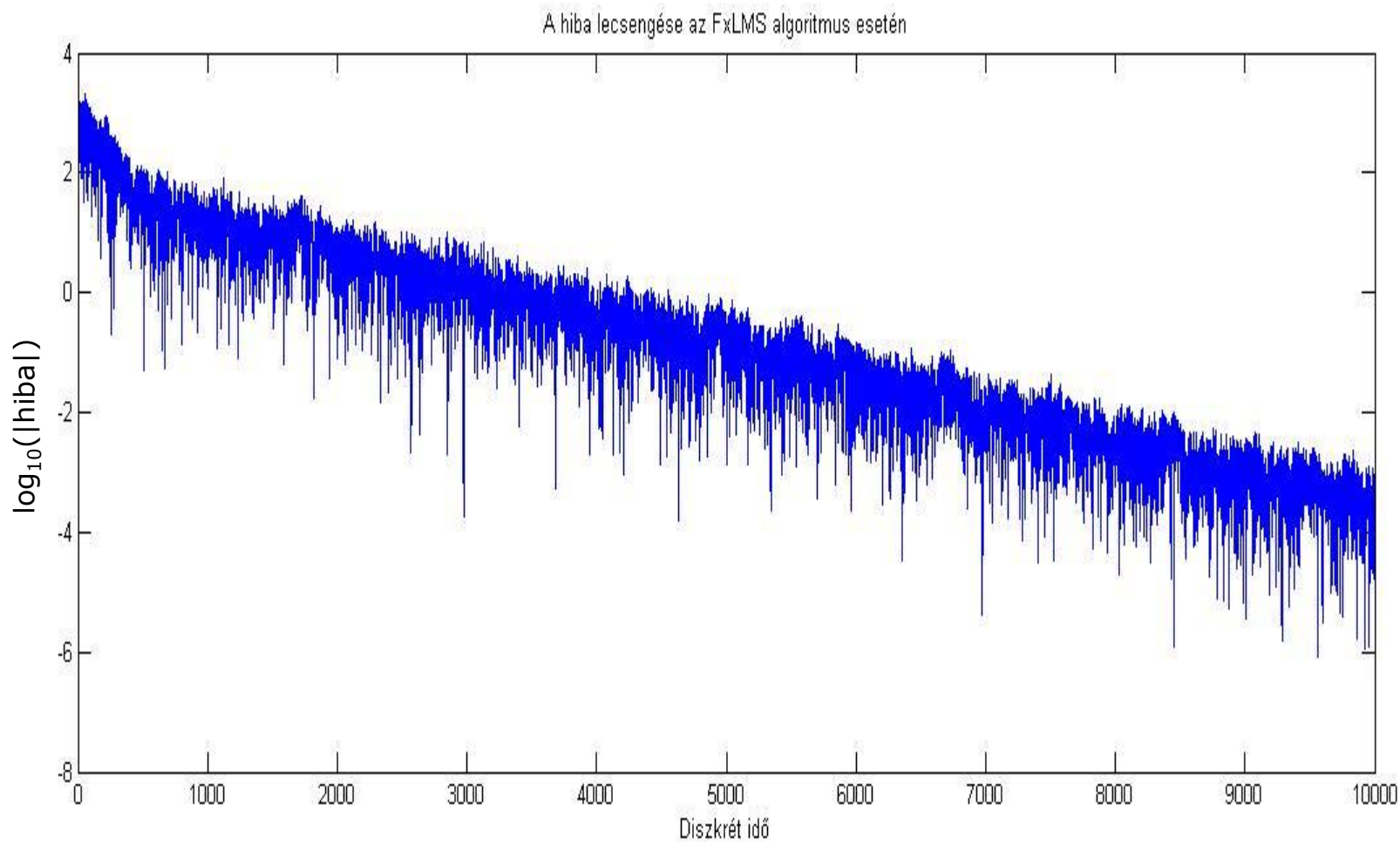
$\mathbf{V}(n)$ : Az n-edik időpillanatban a szűrőegyütthetők eltérése az ideálistól.

A szűrőegyütthetők konvergenciáját az autokorrelációs mátrix sajátértékei határozzák meg.

# Az FxLMS algoritmus gyorsítása



## 1. Szorzás az autokorrelációs mátrix inverzével.



# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

1. Szorzás az autokorrelációs mátrix inverzével.

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + 2\mu e(n)\mathbf{X}(n)$$

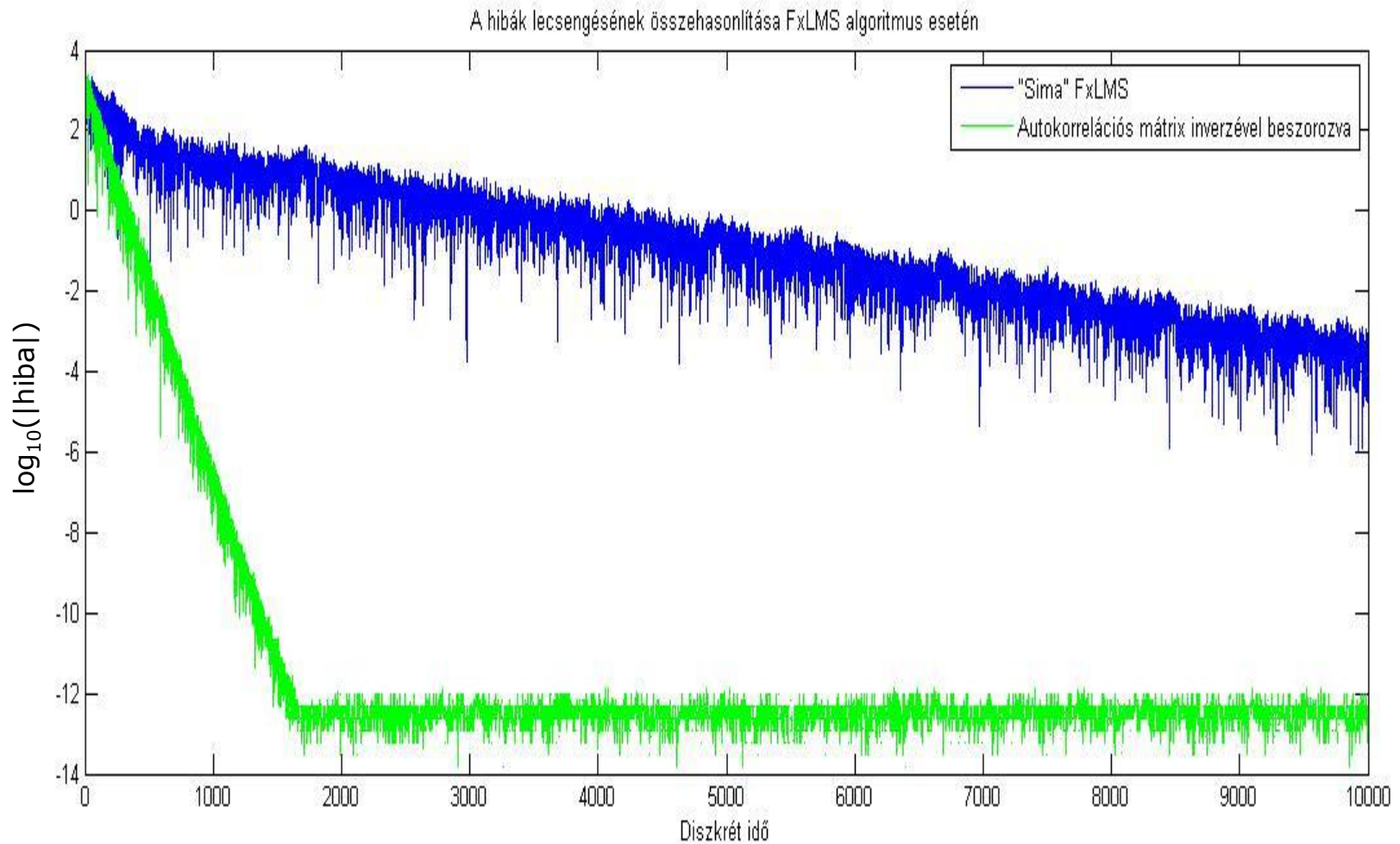


$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + 2\mu e(n)\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X}(n)$$

# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

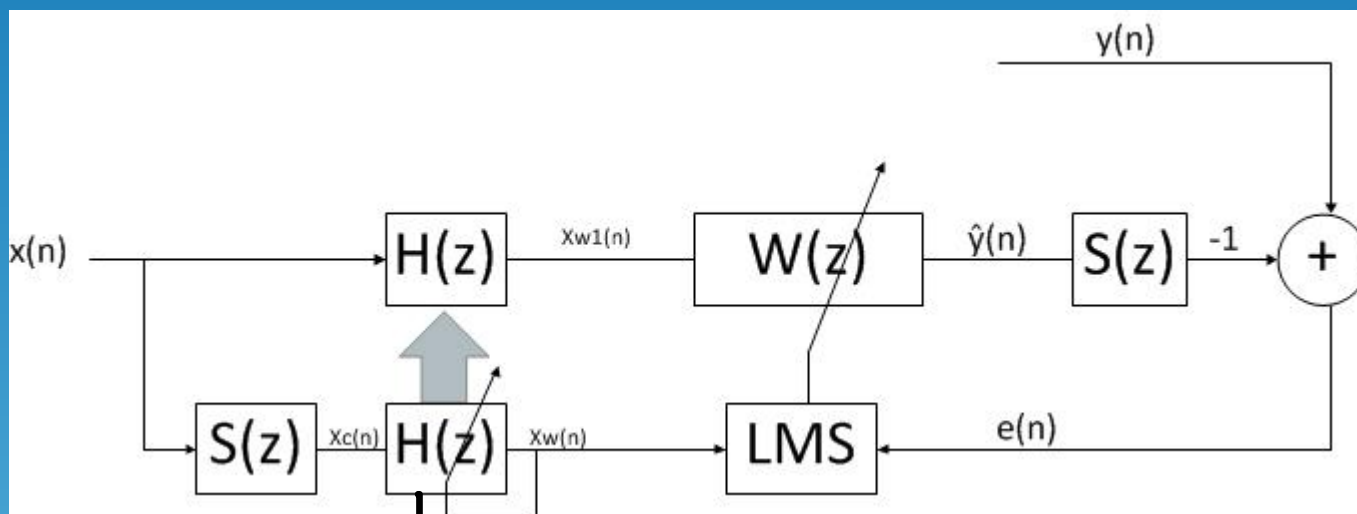


## 1. Szorzás az autokorrelációs mátrix inverzével.



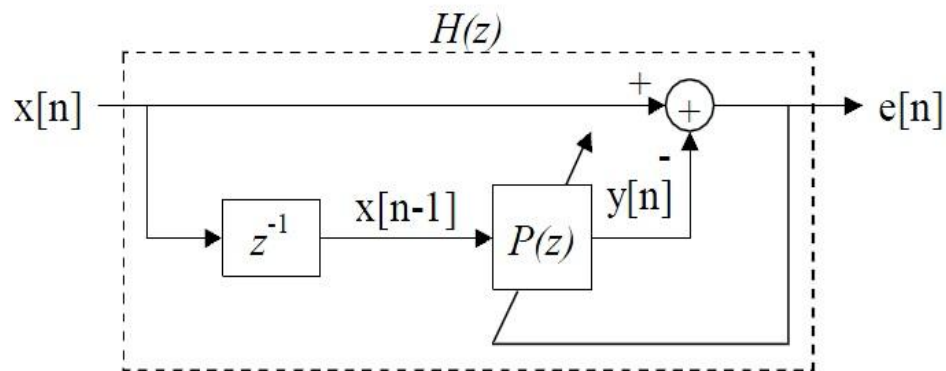
# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

## 2. A bejövő jel fehérítése



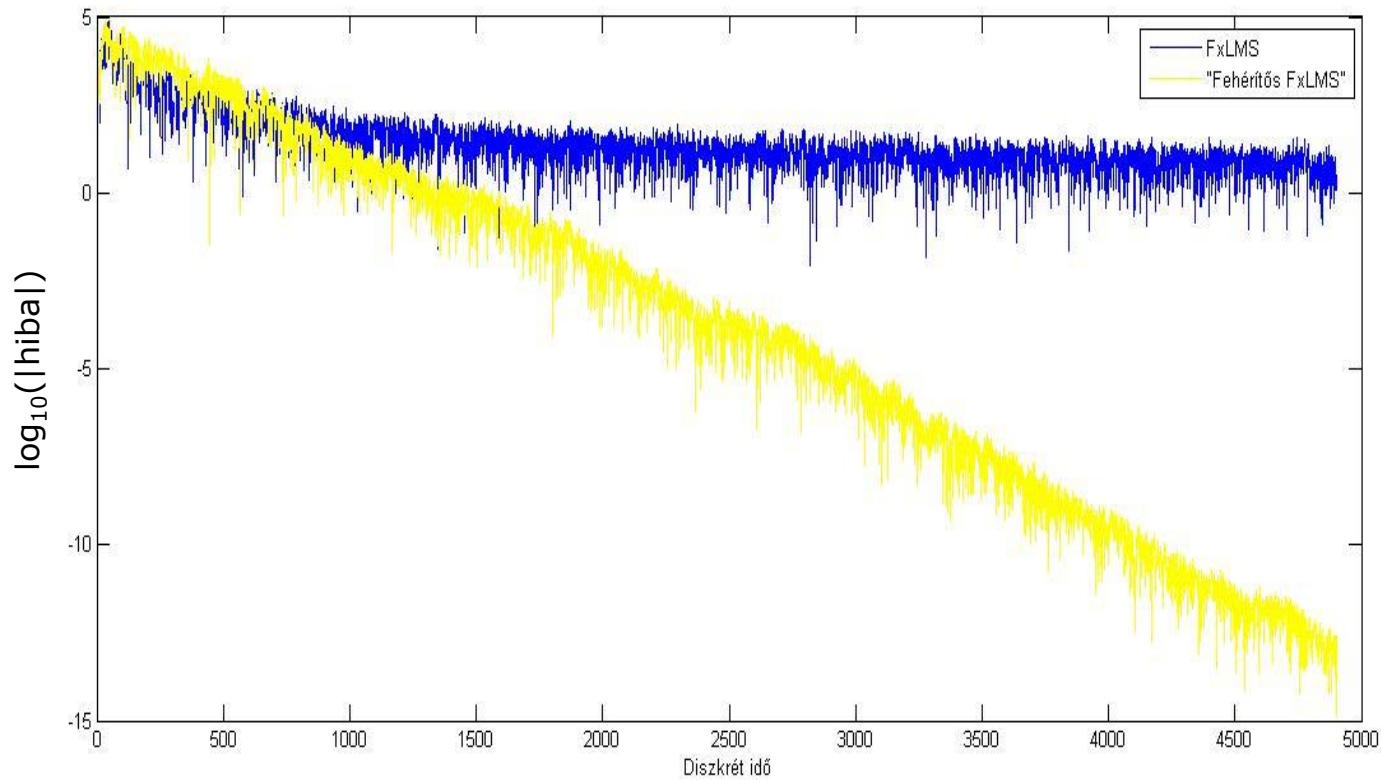
Fehérítő szűrő

$$\mathbf{V}(n+1) = (\mathbf{I} - 2\mu\mathbf{\Lambda}) \mathbf{V}(n)$$



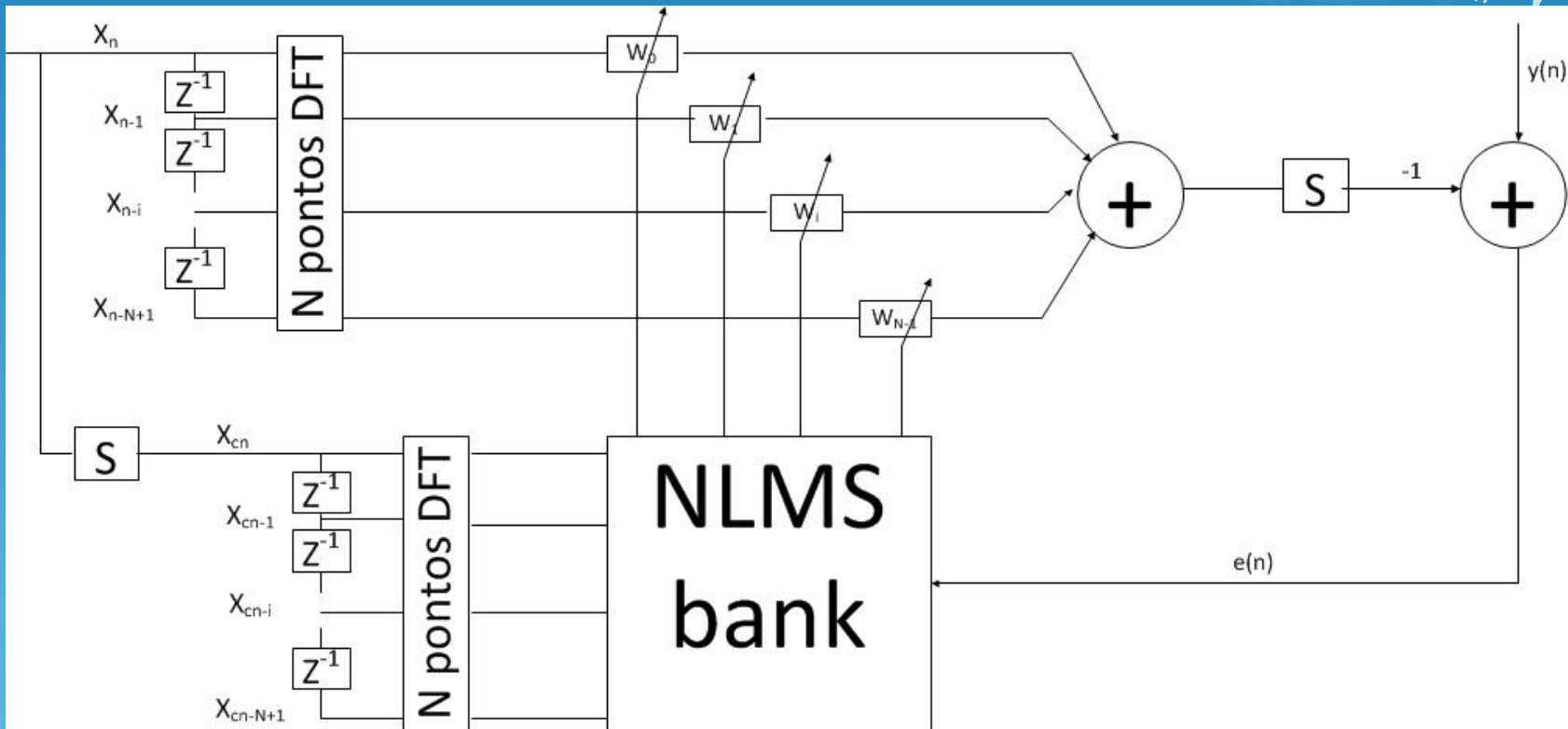
# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

## 2. A bejövő jel fehérítése



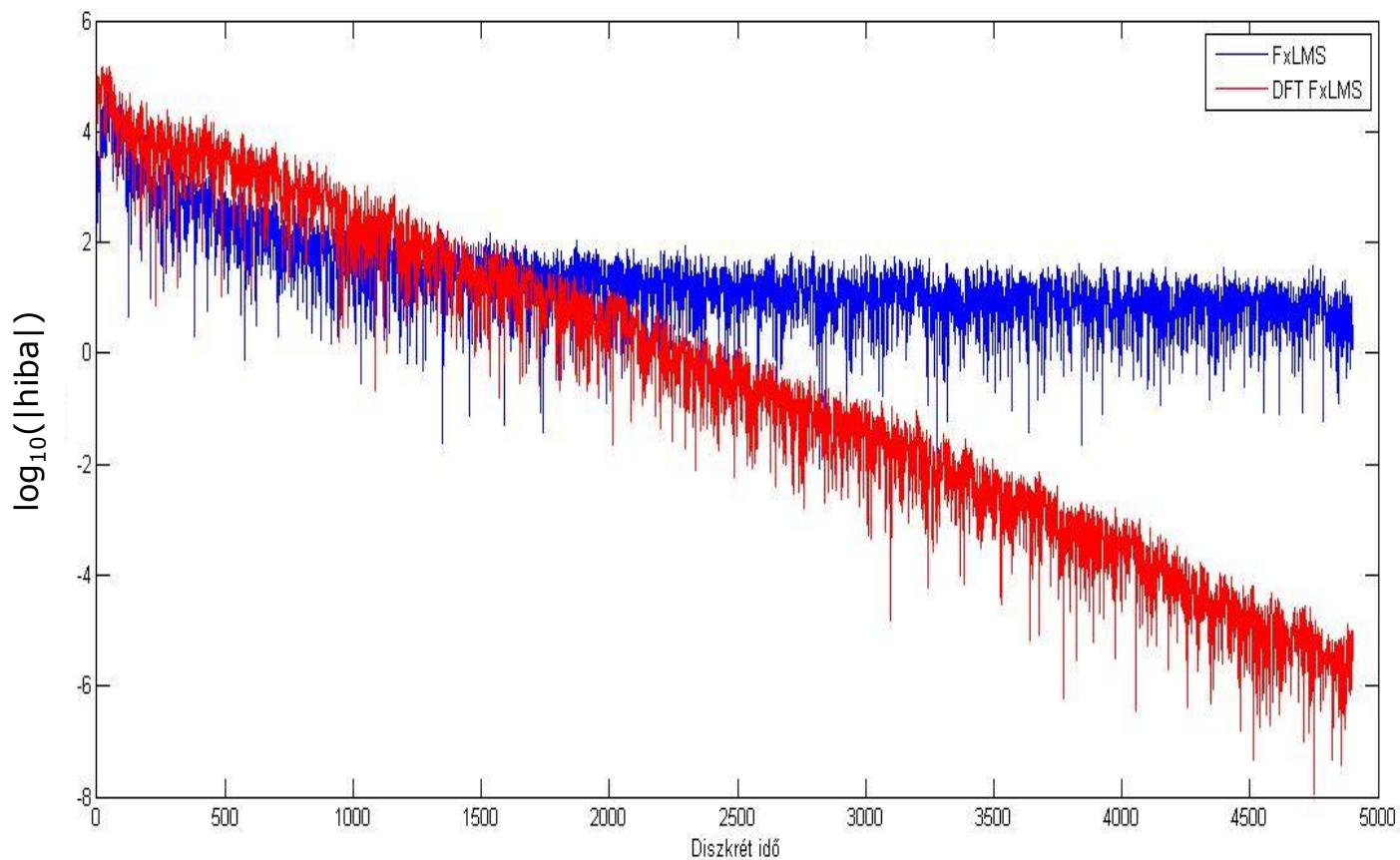
# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

## 3. DFT alkalmazása, csatornánként NLMS



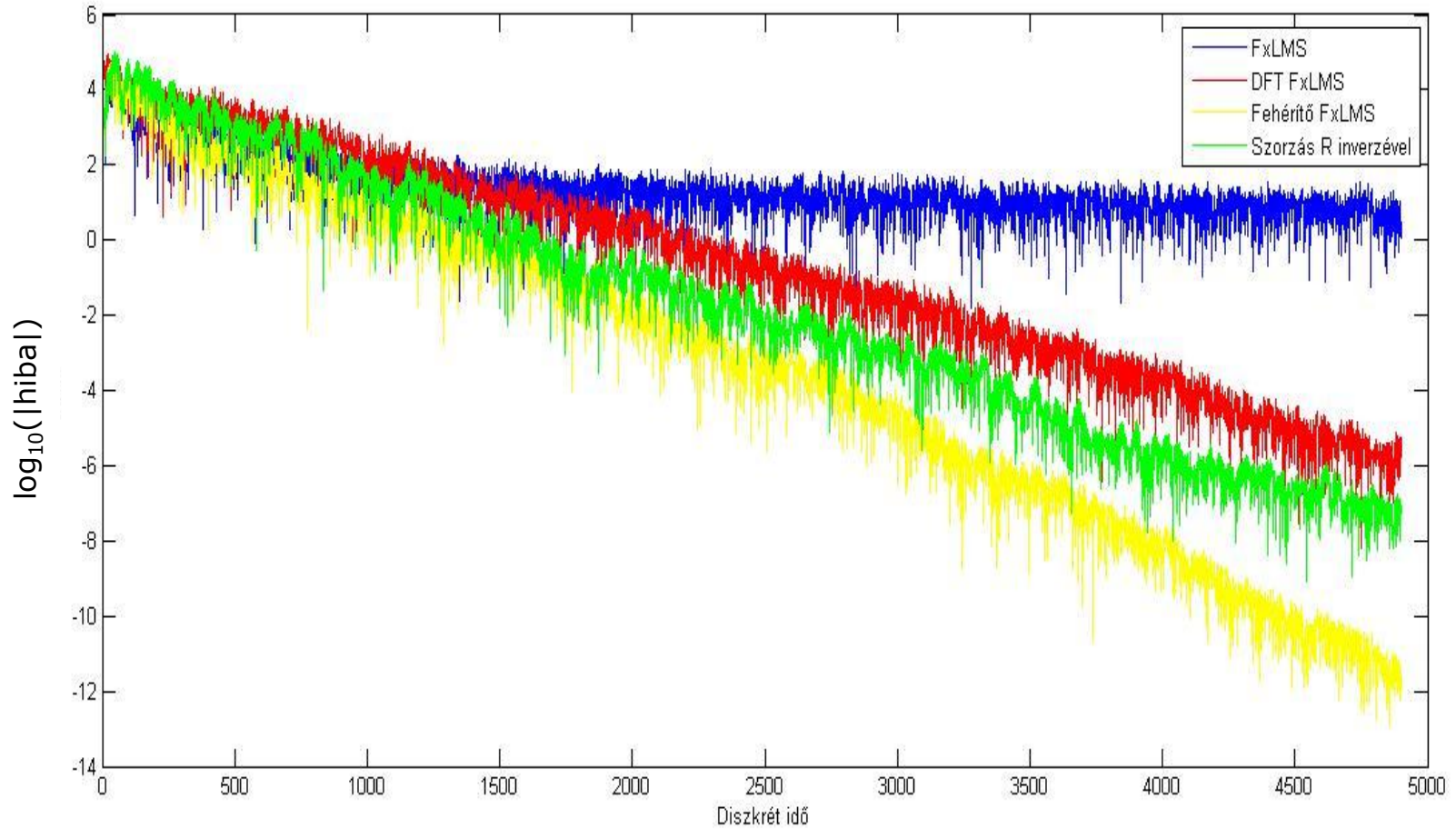
# Az FxLMS algoritmus gyorsítása

## 3. DFT alkalmazása, csatornánként NLMS





# Összefoglalás



**Köszönöm a figyelmet!**

