



Telkom
University

Pengolahan Sinyal Digital Lanjut dan Aplikasi (PSDLA) : TTH5I3

**Pertemuan 12 : Aplikasi Filter Wiener
Oleh : Koredianto Usman**

Versi : Januari 2020

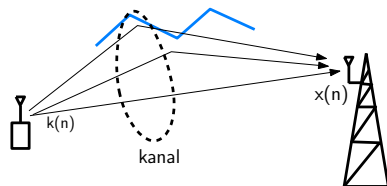
Aplikasi Filter Wiener

Pada slide 11 telah dibahas tentang cara menghitung koefien filter Wiener. Pada bagian ini akan kita dilihat aplikasi filter Wiener untuk:

- 1 Ekualisasi kanal mobile communication
- 2 Echo cancellation

Ekualisasi kanal

- 1 Pada sistem bergerak misalnya, dengan asumsi bahwa user sedang diam, maka sinyal yang dikirim dari user (MS = mobile station) ke BTS akan mengalami multipath propagation
- 2 Multipath Propagation adalah fenomena gelombang pancar melalui beberapa lintasan sebelum sampai ke penerima
- 3 Sinyal kirim $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ misalnya, akan diterima di penerima misalnya menjadi $k(n) = [0,8 \ 0,9 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1]$

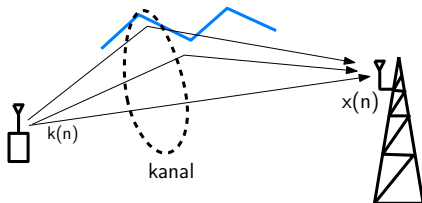


sinyal $x(n)$ berbeda dengan sinyal $k(n)$

Filter Wiener perlu dipasang di penerima
agar sinyal kembali ke semula

Ekualisasi kanal

- 1 Pada sistem bergerak misalnya, dengan asumsi bahwa user sedang diam, maka sinyal yang dikirim dari user (MS = mobile station) ke BTS akan mengalami multipath propagation
- 2 Multipath Propagation adalah fenomena gelombang pancar melalui beberapa lintasan sebelum sampai ke penerima
- 3 Sinyal kirim $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ misalnya, akan diterima di penerima misalnya menjadi $k(n) = [0,8 \ 0,9 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1 \ 1, \ 1]$



sinyal $x(n)$ berbeda dengan sinyal $k(n)$

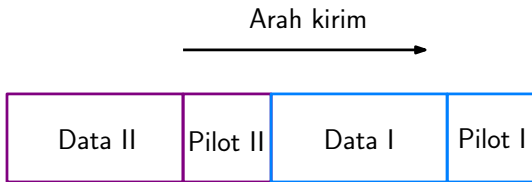
Filter Wiener perlu dipasang di penerima

Filter Wiener : Ekualisasi kanal

- 1 Oleh karena kanal mendistorsi sinyal kirim dari $k(n)$ menjadi $x(n)$
- 2 maka Filter Wiener berusaha mengembalikan $x(n)$ menjadi $k(n)$
- 3 Oleh karena itu Filter Wiener dalam kasus ini berfungsi sebagai ekualisasi kanal (menghilangkan atau mengkompensasi dampak kanal)
- 4 Oleh karena filter Wiener selalu memerlukan referensi $s(n)$ yaitu sama dengan $k(n)$
- 5 maka baik pemancar maupun penerima sudah harus satu kesepakatan dengan sinyal $k(n)$ ini.
- 6 Sinyal $k(n)$ ini diistilahkan dengan sinyal pilot.

Filter Wiener : Ekualisasi kanal

- 1 Pada prakteknya, sinyal pilot ini disisipkan di depan sinyal informasi.

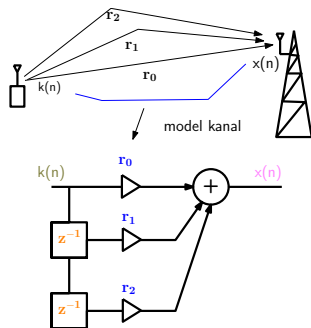


- 2 Pilot I digunakan untuk mengkompensasi kanal. Hasil kompensasi diterapkan di Data I
- 3 Pilot II digunakan untuk mengkompensasi kanal. Hasil kompensasi diterapkan di Data II
- 4 Diasumsikan bahwa kanal tidak berubah saat Pilot I dan Data I dikirim, demikian pula saat Pilot II dan Data II dikirim.

Filter Wiener : Ekualisasi kanal

Model Kanal

- 1 Kanal multipath dapat dimodelkan sebagai filter FIR dengan koefisien yang sebanding dengan nilai redaman akibat koefisien pantulan dari multipath
- 2 Delay tergantung seberapa jauh sinyal berpropagasi.
- 3 Contoh model kanal adalah seperti gambar:



Filter Wiener : Ekualisasi kanal

Model Kanal

- 1 Pada contoh model kanan di halaman sebelumnya, dimisalkan terdapat 3 lintasan (1 lintasan langsung r_0 , 2 lintasan tak langsung yaitu r_1 dan r_2)
- 2 Lintasan r_0 karena langsung, maka diasumsikan sebagai lengan langsung pada model FIR
- 3 Lintasan r_1 dengan jarak tempuh lebih jauh sehingga lebih lama, dimodelkan dengan lengan r_1 yang mengalami delay z^{-1}
- 4 Lintasan r_2 dengan jarak tempuh lebih jauh sehingga lebih lama, dimodelkan dengan lengan r_2 yang mengalami delay z^{-2}
- 5 Jika dimisalkan nilai $r_0 = 0,6$, $r_1 = 0,1$, $r_2 = 0,1$, dan sinyal kirim adalah $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$, maka sinyal terima adalah $x(n) = [0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,8]$

Filter Wiener : Ekualisasi kanal

Model Kanal

- ➊ Selanjutnya adalah, Filter Wiener harus berusaha mengembalikan maka sinyal terima adalah $x(n) = [0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,8]$ menjadi $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$
- ➋ Sinyal referensi $s(n)$ pada ekualisasi kanal adalah $s(n) = k(n)$ yaitu sinyal kirim mula-mula
- ➌ Sinyal terima menjadi input dari filter Wiener
- ➍ Perhatikan **Contoh 1** dan **Contoh 2** berikut:

Contoh 1

Sinyal pilot $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$, melalui kanal multipath orde 2 dengan $r_0 = 0,6$, $r_1 = 0,1$ dan $r_2 = 0,1$.

- 1 Tentukan sinyal terima
- 2 Jika akan digunakan filter Wiener orde 1, tentukan persamaan Wiener-Hopf
- 3 Tentukan nilai b_0 dan b_1 untuk mengkompensasi kanal!
- 4 **Jawab:**
- 5 **Pertama** perlu dihitung dulu sinyal yang sampai di sisi penerima. Dengan prinsip konvolusi, maka sinyal terima dan input dari filter Wiener adalah:

$$x(n) = [0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,8 \ 0,8 \ 0,8]$$

Contoh 1 - lanjutan

- 1 Untuk persamaan **Wiener-Hopf**, perlu dihitung dulu $r_{xx}(0)$, $r_{xx}(1)$ dan $r'_{xx}(0)$.
- 2 $r_{xx}(0) = x^T x = 0,6^2 + 0,7^2 + 0,8^2 + 0,8^2 + 0,8^2 + 0,8^2 = 3,41$
- 3 $r_{xx}(0) = x^T x = 0^2 + 0,6^2 + 0,7^2 + 0,8^2 + 0,8^2 + 0,8^2 = 2,77$
- 4 $r_{xx}(1) = x \times x(n-1) =$
 $0,6 \times 0,6 + 0,7 \times 0,7 + 0,8 \times 0,8 + 0,8 \times 0,8 = 2,7$
- 5 Cross-korelasi: $r_{xs}(0) = x^T \cdot s =$
 $0,6 \times 1 + 0,7 \times 1 + 0,8 \times 1 + 0,8 \times 1 + 0,8 \times 1 = 4,5$
- 6 Cross-korelasi: $r_{xs}(1) = x^T \cdot s(-1) =$
 $0 \times 1 + 0,6 \times 1 + 0,7 \times 1 + 0,8 \times 1 + 0,8 \times 1 = 3,7$
- 7 dengan demikian persamaan Wiener-Hopf untuk kasus orde 1 ini menjadi:

$$\begin{bmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}(1) \\ r_{xx}(1) & r'_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{xs}(0) \\ r_{xs}(1) \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 3,41 & 2,7 \\ 2,7 & 2,77 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,5 \\ 3,7 \end{bmatrix}$$

Contoh 1 - lanjutan

- 1 Dari persamaan Wiener Hopf yang terakhir,

$$\begin{bmatrix} 3,41 & 2,7 \\ 2,7 & 2,77 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,5 \\ 3,7 \end{bmatrix}$$

- 2 Maka diperoleh solusi solusi b_0 dan b_1

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,41 & 2,7 \\ 2,7 & 2,77 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 4,5 \\ 3,7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,14 \\ 0,22 \end{bmatrix}$$

- 3 dengan demikian, $b_0 = 1,14$ dan $b_1 = 0,22$ adalah koefisien filter Wiener untuk permasalahan yang dihadapi.

Contoh 2

Untuk Contoh 2 ini, harap para peserta didik dapat mengerjakannya dengan langkah-langkah yang serupa dengan **Contoh 1** sebelumnya.

Diberikan sinyal pilot $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$. Sinyal ini mengalami kanal multipath orde 2 dengan $r_0 = 0,6$, $r_1 = 0,1$ dan $r_2 = 0,1$.

- 1 Tentukan sinyal terima
- 2 Jika akan digunakan filter Wiener **orde 2**, tentukan persamaan Wiener-Hopf-nya.
- 3 Tentukan nilai b_0 dan b_1 serta b_2 untuk mengkompensasi kanal!
- 4 **Jawab:**

Contoh 2-lanjutan

Lanjutan penyelesaian Contoh 2:

Latihan Soal

- 1 Suatu sinyal $x(n) = [1 \ 3 \ 2 \ 1 \ 3 \ 2 \ 1 \ 3 \ 2]$ sebetulnya berasal dari sinyal $x(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ yang mengalami distorsi. Untuk mengembalikan sinyal semula, maka sinyal $x(n)$ dimasukkan ke filter Wiener.
- 2 Jika filter Wiener tersebut adalah orde 1, tentukan nilai koefisien filter orde 1 tersebut beserta keluaran filter!
- 3 Jika filter Wiener tersebut adalah orde 2, maka tentukan nilai koefisien filter orde 2 tersebut serta keluaran filter!
- 4 Jika filter Wiener orde 3 yang akan digunakan, tentukan koefisien filter tersebut, serta keluaran filter.
- 5 Dari contoh ini, orde filter berapa yang memberikan solusi paling baik?