



Telkom
University

Pengolahan Sinyal Digital Lanjut dan Aplikasi (PSDLA) : TTH5I3

**Pertemuan 14 : Aplikasi Filter LMS
Oleh : Dr. Koredianto Usman**

Versi : Juni 2020

Pendahuluan

Pada slide 13 Telah dibahas tentang teknik pada filter LMS, khususnya tentang update bobot. Pada bagian ini akan kita bahas tentang penerapan filter LMS untuk ekualisasi kanal.

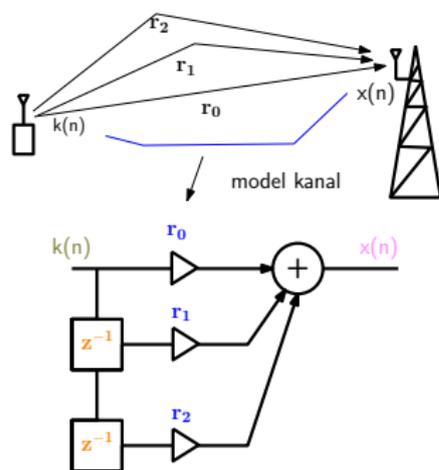
Pendahuluan

- 1 Ekualisasi kanal telah dibahas pada filter Wiener
- 2 Secara prinsip, teknik yang digunakan sama yaitu menggunakan sinyal pilot.
- 3 Sinyal pilot ini dianggap diketahui baik oleh pengirim mau pun penerima.
- 4 Pada sisi penerima, sinyal pilot, berperan sebagai sinyal referensi $\mathbf{s(n)}$

Kanal

Model Kanal telah dibahas pada slide 12, dan perlu disampaikan lagi di sini:

- 1 Kanal multipath dapat dimodelkan sebagai filter FIR
- 2 Delay tergantung seberapa jauh sinyal berpropagasi.
- 3 Contoh model kanal adalah seperti gambar:



Contoh Kanal

Berikut ini adalah contoh proses konvolusi kanal

- 1 Diketahui sinyal kirim adalah $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$
- 2 Jika dimisalkan nilai kanal adalah: $r_0 = 0,6$, $r_1 = 0,1$,
 $r_2 = 0,1$ atau secara matriks dituliskan sebagai:
 $r(n) = [0,6 \ 0,1 \ 0,1]$
- 3 Maka sinyal terima $x(n)$ adalah konvolusi dari $k(n)$ dan $r(n)$
- 4 $x(n) = k(n)*r(n) = r(n)*k(n) = [0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,8 \ 0,2 \ 0,1]$
- 5 Sinyal $x(n)$ kemudian dimasukkan ke filter LMS
- 6 Koefisien pada LMS perlu diupdate sedemikian sehingga keluaran filter sedekat mungkin dengan sinyal referensi
 $s(n) = k(n)$
- 7 Untuk mengilustrasikan keseluruhan proses kita lihat ilustrasi pada slide berikut.

Contoh 1

Contoh ini sudah pernah diberikan pada Slide 12. Kali ini kita akan selesaikan dengan Filter LMS. Sinyal pilot $k(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$, melalui kanal multipath orde 2 dengan $r_0 = 0,6$, $r_1 = 0,2$ dan $r_2 = 0,1$.

- 1 Tentukan sinyal terima
- 2 Jika ekualisasi dilakukan dengan LMS orde 1 dengan bobot

$$\text{awal } \mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 3 $\mu = 0,1$
- 4 **Tentukan:**
- 5 Sinyal terima
- 6 Keluaran LMS setiap iterasi
- 7 Error pada setiap iterasi

Contoh 1-lanjutan01

Jawab:

- 1 Pertama** perlu dihitung dulu sinyal yang sampai di sisi penerima. Dengan prinsip konvolusi, maka sinyal terima dan input dari filter Wiener adalah:

$$x(n) = [0,6 \ 0,8 \ 0,9 \ 0,9 \ 0,3 \ 0,1]$$

- 2 Pada awal iterasi** (iterasi $n = 0$), telah dipilih:

$$\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 3 Nilai $\mu = 0,1$**
- 4 Sinyal referensi $s(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1]$, sehingga $s(0) = 1$**
- 5 Untuk iterasi $\mathbf{n=0}$:**
- 6 Keluaran filter adalah $y(0) = b_0x(0) = -1 \times 0,6 = -0,6$**
- 7 Error $e(0) = s(0) - y(0) = 1 - (-0,6) = 1,6$**

Contoh 1-lanjutan02

- 8 Terdapat error sebesar 1,6, maka bobot filter perlu diupdate untuk iterasi $n=1$:

$$9 \quad \mathbf{b}_1 = \mathbf{b}_0 + \mu e_0 \mathbf{x}_0 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} + 0,1 \times 1,6 \times \begin{bmatrix} x(0) \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} + 0,1 \times 1,6 \times \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,096 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,904 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 10 dengan demikian diperoleh bobot baru: $\mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} -0,904 \\ 0 \end{bmatrix}$

- 11 Untuk iterasi $n=1$, maka input $x(1) = 0,8$, dan bobot

$$\mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} -0,904 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 12 Sehingga diperoleh keluaran (gambar filter sebagai patokan)
 $y(1) = b_0 x(1) + b_1 x(0) = -0,904 \times 0,8 + 0 \times 0,6 = -0,7232$

- 13 Error $e(1) = s(1) - y(1) = 1 + 0,7232 = 1,7232$

Contoh 1-lanjutan03

- 14 Dengan nilai-nilai ini, maka update bobot untuk iterasi $n=2$ adalah:

$$15 \quad \mathbf{b}_2 = \mathbf{b}_1 + \mu e_1 \mathbf{x}_1 = \begin{bmatrix} -0,904 \\ 0 \end{bmatrix} + 0,1 \times 1,7232 \times \begin{bmatrix} 0,8 \\ 0,6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,766 \\ 0,138 \end{bmatrix}$$

- 16 dengan demikian diperoleh bobot baru: $\mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} -0,766 \\ 0,138 \end{bmatrix}$

- 17 Untuk iterasi $n=2$, maka input $x(2) = 0,9$, dan bobot

$$\mathbf{b}_2 = \begin{bmatrix} -0,766 \\ 0,138 \end{bmatrix}$$

- 18 Sehingga diperoleh keluaran (gambar filter sebagai patokan)
 $y(2) = b_0 x(2) + b_1 x(1) = -0,766 \times 0,9 + 0,1344 \times 0,8 = -0,582$

- 19 Error $e(2) = s(2) - y(2) = 1 + 0,582 = 1,582$

Contoh 1-lanjutan03

20 Dengan error $e(2) = 1,582$

21 maka update bobot untuk iterasi $n=3$ adalah:

$$22 \quad \mathbf{b}_3 = \mathbf{b}_2 + \mu e_2 \mathbf{x}_2 = \begin{bmatrix} -0,766 \\ 0,1344 \end{bmatrix} + 0,1 \times 1,582 \times \begin{bmatrix} 0,9 \\ 0,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,62 \\ 0,26 \end{bmatrix}$$

23 demikian perhitungan ini dapat dilanjutkan untuk iterasi berikutnya.

Contoh 1-lanjutan04

Sebagai resume dari proses yang telah dilakukan

- 1 Sinyal $\mathbf{k}(\mathbf{n})$ mengalami distorsi oleh kanal menjadi sinyal $\mathbf{x}(\mathbf{n})$
- 2 LMS melakukan pemiltaran dengan bobot awal

$$\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 3 Nilai $\mu = 0, 1$
- 4 dengan setting ini, maka diperoleh sinyal keluaran:
 $\mathbf{y} = [-0, 6 \quad -0, 7232 \quad -0, 582 \quad \dots]$
- 5 Sinyal error adalah: $\mathbf{e} = [1, 6 \quad 1, 7232 \quad 1, 582 \quad \dots]$
- 6 Terlihat bahwa gerakan error cukup lambat untuk menuju 0
- 7 Untuk mempercepat turunnya error, maka orde filter dapat ditingkatkan, dan nilai konstanta adaptasi μ dapat diperbesar.

Latihan 1

- 1 Lanjutkan proses pada contoh sebelumnya sampai dengan iterasi $n=3$, berapa nilai keluaran $y(3)$, $e(3)$ dan nilai \mathbf{b}_4

.....

Latihan 3

- 1 Ulangi latihan seperti contoh ilustrasi, namun sekarang

gunakan filter orde 2, dengan bobot awal $\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

dan $\mu = 0, 1$

.....

Latihan 3

- 1 Ulangi latihan seperti contoh ilustrasi, dengan gunakan filter orde 1, dengan bobot awal $\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$ dan $\mu = 1$ (10 kali dari nilai μ sebelumnya)
.....

Latihan Soal

LMS akan efektif jika diterapkan menggunakan komputer. Buatlah program komputer menggunakan OCTAVE, untuk menghitung bobot update, sinyal keluaran, dan sinyal error. Plot sinyal keluaran dan sinyal error tersebut. Untuk Case program, gunakan kondisi berikut:

- 1 sinyal referensi adalah $s(n) = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$
- 2 Kanal $r(n) = [0, 3 \ -0, 1]$
- 3 LMS orde 1 dengan bobot awal $\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$ dan $\mu = 1$