

MSK dan GMSK

Dr. Risanuri Hidayat

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Minimum-Shift Keying (MSK) adalah salah satu jenis modulasi *frequency-shift keying* dengan perubahan fase yang kontinyu. Modulasi ini dipakai dalam berbagai aplikasi komunikasi. Salah satu varian modulasi MSK, yaitu Gaussian Shift Keying Minimum (GMSK), sangat populer karena digunakan dalam sistem telekomunikasi seluler GSM.

0. 1. Alasan Menggunakan Minimum Shift Keying, MSK

Data biner mengandung transisi yang tajam pada perpindahan bit "1" ke "0" atau sebaliknya. Hal ini berpotensi menciptakan bidang frekuensi yang sangat lebar, sampai berjarak yang sangat jauh dari pembawa. Pada sistem komunikasi radio, setiap kanal radio dibatasi lebar bidangnya, sehingga bidang yang sangat lebar akan menjadi masalah. Bidang frekuensi yang lebarnya melebihi aturan menyebabkan gangguan pada saluran di sebelahnya.

Dalam skema MSK logika bit 1 dan 0 tidak dinyatakan dengan gelombang pulsa persegi panjang, tetapi dengan setengah siklus gelombang sinus. Masing-masing logika nol dan satu menggunakan setengah gelombang sinus, dengan indeks modulasi 0.5. Persamaan matematis modulasi MSK diuraikan sebagai berikut:

$$s(t) = D_{genap} \cdot \cos\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \cdot \cos(\omega_c t) + D_{ganjil} \cdot \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \cdot \sin(\omega_c t)$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

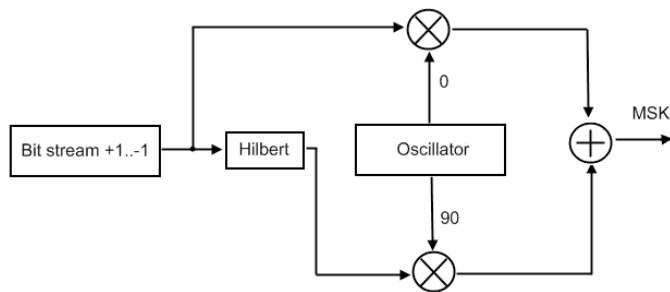
$$m = \Delta f * T$$

$$\Delta f = |f_{logika\ 1} - f_{logika\ 0}|$$

$$T = \frac{1}{bitrate}$$

$$2\pi f = \frac{\pi}{2T} \Rightarrow f = \frac{1}{4T}$$

Skema blok modulasi MSK digambarkan pada Gbr 1. Transformasi Hilbert berfungsi untuk menggeser isyarat sebesar 90° .

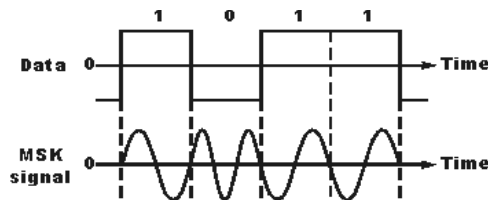


Gbr 1

Masalah ini dapat diatasi menggunakan tapis. GMSK adalah salah satu varian modulasi MSK yang menggunakan tapis seperti ini. Tetapi tapis (LPF) menyebabkan transisi bit data menjadi kurang tajam. Semakin tinggi tingkat penapisan maka ketajaman transisi bit semakin berkurang dan lebar bidang bit data juga semakin berkurang. Dengan GMSK, perubahan fase pembawa tidak terjadi secara mendadak (diskontinyu),

namun secara gradual sehingga isyarat gelombang pembawa masih berupa fungsi kontinyu. Gbr 2 memperlihatkan isyarat dengan modulasi MSK.

Ketika sebuah isyarat dimodulasi secara MSK, maka perubahan fase selalu terjadi secara kontinyu. Hal ini terjadi karena perubahan fase pada transisi logika satu dan logika nol selalu terjadi pada setengah data rate. Hal ini dapat dinyatakan dalam indeks modulasi, yang selalu bernilai sama dengan 0,5.



Gbr 2. Isyarat menggunakan modulasi MSK

Modulasi GMSK banyak digunakan dalam aplikasi komunikasi radio, karena meng-efisienkan penggunaan spektrum isyarat komunikasi. Saat ini teknologi seluler GSM yang mempunyai lebih dari 3 miliar pelanggan, masih setia menggunakan modulasi GMSK ini.

0. 2. Prinsip Dasar GMSK

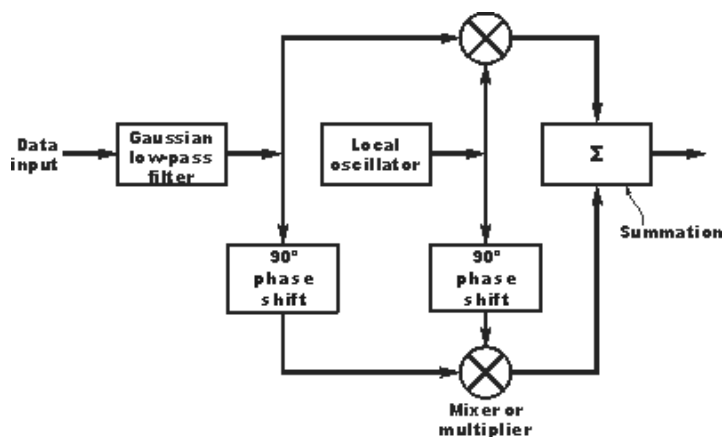
Cara kerja modulasi GMSK didasarkan pada MSK, yaitu berupa *frequency-shift keying* dengan perubahan fase secara kontinyu. Salah satu masalah dalam PSK dan FSK adalah bahwa lebar bidang isyarat termodulasi mempunyai bidang frekuensi yang sangat lebar, hingga jauh keluar dari pembawa. Hal ini disebabkan perubahan fase / frekuensi yang terjadi secara diskontinyu. Untuk mengatasi hal inilah maka MSK dan turunannya GMSK digunakan.

0. 3. Pembangkitan Modulasi GMSK

Ada dua cara utama untuk membangkitkan GMSK. Pertama dengan menapis isyarat data (bit) menggunakan tapis Gaussian dan kemudian mengirimkan hasilnya ke modulator frekuensi (FSK), dengan indeks modulasi sama dengan 0,5. Cara ini sangat sederhana namun memiliki

kelemahan, yaitu bahwa indeks modulasi harus persis sama dengan 0,5. Dalam praktek, cara ini sangat sulit untuk direalisasikan karena masalah penyimpangan komponen yang tidak dapat diatur secara persis tepat.

Cara kedua menggunakan modulator kuadratur. Istilah *Quadrature* berarti bahwa fase sinyal dibagi menjadi empat kuadran. Modulator *Quadrature* juga dikenal sebagai modulator IQ, karena menggunakan jalur I yang akan dimodulasi dengan isyarat cosinus pembawa, dan jalur Q yang dimodulasi dengan isyarat sin pembawa. Dengan cara ini indeks modulasi dapat dipertahankan pada 0,5 tepat tanpa perlu pengaturan atau penyesuaian. GMSK melewati isyarat ke sebuah Tapis Pelewat Rendah sebelum dimasukkan ke carrier. Tapis yang digunakan adalah Tapis Gaussian. Tapis ini harus memiliki cut-off tajam, lebar bidang yang sempit dan mempunyai tanggapan impuls tanpa *overshoot*. Skema blok modulasi MSK digambarkan pada Gbr 3.



Gbr 3.

0. 4. Keuntungan modulasi GMSK

Penggunaan modulasi GMSK untuk sistem komunikasi radio akan meningkatkan efisiensi spektral. Selain itu modulasi GMSK dapat diperkuat menggunakan penguat non-linear tanpa terdistorsi. Hal ini karena tidak ada unsur isyarat yang dibawa sebagai variasi amplitudo. Keuntungan

ini sangat penting untuk pemancar portabel kecil, seperti pada teknologi seluler. Penguat non-linear lebih efisien dalam hal input daya DC yang dikonversi menjadi isyarat RF. Ini berarti bahwa konsumsi daya untuk output jauh lebih sedikit, dan berarti menghemat konsumsi baterai; faktor yang sangat penting untuk ponsel.

Keuntungan lain modulasi GMSK adalah bahwa modulasi bukan berupa variasi amplitudo. Ini berarti bahwa modulasi ini kebal terhadap terhadap derau. Sebagian besar derau berbasis pada amplitudo.

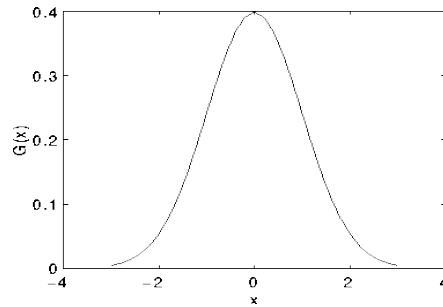
0. 5. Tapis Gaussian

Mirip dengan tapis merata, tapis Gaussian akan menghaluskan isyarat namun tetap mempertahankan tepi yang lebih baik daripada tapis merata dasar. Tapis Gaussian mempunyai bobot lebih besar untuk posisi di tengah (saat ini) dan bobot mengecil seiring dengan bertambahnya jarak, sebagaimana menurut rumus Gaussian. Dengan kontribusi seperti ini, maka isyarat tepi dapat dipertahankan.

Tapis Gaussian diimplementasikan menggunakan prinsip konvolusi, yaitu operasi konvolusi terjadi antara isyarat masukan (bit data) dengan tapis yang berupa vektor. Vektor konvolusi pada tapis Gaussian berupa vektor dengan distribusi Gaussian. Untuk Tapis Gaussian 1-D nilai tapis tunggal didefinisikan sebagai

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

σ adalah standar deviasi. Diasumsikan bahwa distribusi memiliki rerata nol (berpusat pada garis $x = 0$). Distribusi ini diilustrasikan pada Gbr 3.



Gbr 3.

0. 6. Transformasi Hilbert

Transformasi Hilbert dari sebuah fungsi u dapat dianggap sebagai konvolusi (t) dengan fungsi $h(t) = 1 / (\pi t)$. Karena $h(t)$ tidak dapat diintegralkan, maka konvolusi tidak konvergen. Namun demikian, Hilbert transform didefinisikan menggunakan nilai Cauchy utama (disimbolkan dengan p.v.). Hilbert transform dari sebuah fungsi $u(t)$ dinyatakan dengan persamaan:

$$H(u)(t) = \text{p.v.} \int_{-\infty}^{\infty} u(\tau) h(t - \tau) d\tau = \frac{1}{\pi} \text{p.v.} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{u(\tau)}{t - \tau} d\tau$$

Atau, dengan mengubah variabel, integral principal value dapat dituliskan secara eksplisit sebagai:

$$H(u)(t) = -\frac{1}{\pi} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{\varepsilon}^{\infty} \frac{u(t + \tau) - u(t - \tau)}{\tau} d\tau.$$

Transformasi Hilbert di dalam modulasi MSK dan GMSK ini dipakai untuk menggeser fase sebesar 90° .

Tabel Transformasi Hilbert

e^{jt}	$-je^{jt}$
e^{-jt}	je^{-jt}
$\cos(t)$	$\sin(t)$

Daftar Pustaka:

1. Ian Poole, Gaussian Minimum Shift Keying, <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>, Nov 2014
2. ____, FSK, GFSK, MSK, GMSK and some other modes, <http://signals.radioscanner.ru/info/item68/>
3. Frank R. Kschischang, The Hilbert Transform, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, October 22, 2006, <http://www.comm.utoronto.ca/frank/papers/hilbert.pdf>, Nov 2014