

به نام خدا

در ادامه سیگنال $s(t)$ با سیگنال معادل پهن‌بند $s_e(t)$ را از یک
کانال فیلتر با پاسخ فرکانس معادل پهن‌بند $c(t; \tau)$ عبور دهیم. با عبور این
سیگنال از کانال، سیگنال معادل پهن‌بند $r_e(t)$ را در خروجی کانال خواهیم داشت،

$$r_e(t) = s_e(t) * c(t; \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\tau; t) s_e(t - \tau) d\tau$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} c(f; t) s_e(f) e^{j2\pi ft} df$$

فیلتر پهن‌بند

T : بازه زمانی شکل برای سیگنال $s_e(t)$

W : پهنای باند سیگنال

$$r_e(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{C(f; t)}_{\text{تابع انتقال متغیر با زمان کانال}} s_e(f) e^{j2\pi f t} df$$

تابع انتقال متغیر با زمان کانال

باید توجه داشته باشیم که فیدبک سیگنال به علت تغییرات زمانی $C(f; t)$ رخ می‌دهد.
فرکانس‌های نزدیک به فرکانس ناگزیر به آن کانال یک می‌ماند و به علاوه فیدبک است.
زیرا متوسط یا ممتد تأخیر (ح) که فرد را در (f, t) نشان می‌دهد، وابسته است.

نویسند: فرکانس نازین (ISZ, اخو جی داریم):

Frequency selective

$$\begin{cases} W \gg (\Delta f)_c \\ T \ll T_m \end{cases}$$

Flat: نویس نازین (ISZ, اخو جی)

non-Frequency narrowband selective قابل صرف نظر است

$$\begin{cases} W \ll (\Delta f)_c \\ T \gg T_m \end{cases}$$

می خواهیم بدینهم اگر کانال فرکانس نازین باشد، خروجی کانال به صورت خالص درد.

$$r_e(t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(f; t) s_e(f) e^{j2\pi ft} df$$

ما بر حسب آنکه کانال فرکانس ناگزیر است، تمام مؤلفه‌های فرکانسی سیگنال $s_e(t)$ یافت و شغیت‌های مبدی آن در کانال سواچه می‌شوند، بنابراین می‌توان نوشت:

$$r_e(t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(f; t) s_e(f) e^{j2\pi ft} df$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{c(0; t)} s_e(f) e^{j2\pi ft} df$$

چون لغت و شغیت‌های در تمام فرکانس مبدی است

$$= c(0; t) \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} s_e(f) e^{j2\pi ft} df}_{s_e(t)}$$

$$= c(0; t) s_e(t) \\ = \alpha(t) e^{j\varphi(t)} s_e(t)$$

بنابرین درگاههای فرکانس ناگزین، نمی توان مسیری مختن را از سلفیدل در ماضی استخراج کرد.

$$r_e(t) = \alpha(t) e^{j\varphi(t)} s_e(t)$$

فقط می توان گانل را باید افت رسیفت فاز مدل کرد. به طر مثال اگر $C(t)$ یک فرآیند نویسی مختل باشد، آنگاه $\alpha(t)$ دارای توزیع رلی و $\varphi(t)$ دارای توزیع یکنواخت فواصله بود.

در ادامه می خواهیم آهسته بردن یا سریع بردن تخمیرات زمان گانل را بررسی کنیم. می دانیم که آهسته بردن یا سریع بردن با توسعه به تراج $R_c(t)$ و $S_c(\lambda)$ معین می شود.

به عبارت دیگر با B_d ، $(\Delta t)_c$ زمان حدیسی کانال

$$B_d \approx \frac{1}{(\Delta t)_c}$$

کانال با تغییرات زمانی آهسته دارای B_d کوچک و $(\Delta t)_c$ بزرگ است. بزرگ بودن Δt_c

نسبت به W ، T میسر می شود یعنی

$$\begin{cases} T \ll (\Delta t)_c \\ W \gg B_d \end{cases}$$

کانال آهسته (slow fading)

$$\left(T \approx \frac{1}{W} , B_d \approx \frac{1}{(\Delta t)_c} \right)$$

$$\begin{cases} T \gg (\Delta t)_c \\ W \ll B_d \end{cases}$$

کانال سریع (fast fading)

در ادامه می‌خواهیم بدانیم یک کانال کت چه شرایطی حرکاتش ناگزین را حسه است و در این صورت خروجی کانال به چه صورت خواهد بود.

شرط فرکانس ناگزین بودن

$$\begin{cases} W \ll (hf)_c \\ T \gg T_m \end{cases} \quad (1)$$

شرط آهسته بودن کانال

$$\begin{cases} T \ll (hf)_c \\ W \gg B_d \end{cases} \quad (2)$$

برای یک کانال فرکانس ناگزین را حسه

$$T_m B_d \ll 1$$

$T_m B_d$ را فاکتور گسترش کانال می گویند.

در حالت کلی

$$T_m B_d < 1 \quad \therefore \text{under spread}$$

$$T_m B_d > 1 \quad \therefore \text{over spread}$$

T_m ← multipath spread
 B_d ← Doppler spread

* در صورت کانالهای فرکانس ناگزین رسیدیم به خودی کانال به صورت زیر قابل بیان است

$$r_e(t) = \alpha(t) e^{j\varphi(t)} s_e(t) \quad 0 \leq t \leq T$$

اگر که آل فرکانس تا لاین را حسه باشد، غرضی که آل راسی تزان به صورت زیر نوشت.

$$r_e(t) = \alpha e^{j\varphi} s_e(t) \quad \tau \leq t < \infty$$

تکلیف رضی این گونه سیم ها به راحتی امکان پذیر است. برای مثال آنا لیز احتمال خطای این سیم ها راس تزان به صورت زیر انجام داد،

$$P_e = E_{\alpha, \varphi} \{ P(e | \alpha, \varphi) \}$$

اگر که آل فیدینگ به اندازه کافی حسه باشد، راس تزان φ را بدست خوبی بگیرد و در این صورت پیاده سازی گیرنده محدودتر به سادگی امکان پذیر است.

در این صورت رابطه احتمال خطا به صورت زیر خلاصه بود،

$$P_e = E_{\alpha} \{ P(e|\alpha) \}$$

به طور مثال برای سیستم BPSK داریم (با نویز AWGN)

$$P(e|\alpha) = Q(\sqrt{2\gamma_b}) \quad , \quad \gamma_b = \frac{\alpha^2 E_b}{N_0}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_e &= E_{\alpha} \{ P(e|\alpha) \} = E_{\alpha} \{ Q(\sqrt{2\gamma_b}) \} \\ &= \int Q(\sqrt{2\gamma_b}) P_{\gamma_b}(\gamma_b) d\gamma_b \end{aligned}$$

اگر α دارای توزیع رانلی باشد، آنگاه α^2 دارای توزیع

فرانک-ریس مختلط $c(o; t) = x + jy =$, $\alpha = \sqrt{x^2 + y^2}$

$\Rightarrow \alpha$ دارای توزیع رانلی

$\Leftarrow x^2 + y^2 = \alpha^2$ دارای توزیع χ^2 با دو درجه آزادی

بنابراین $\gamma_b = \frac{\alpha^2 \epsilon_b}{N_0}$ دارای توزیع χ^2 با دو درجه آزادی است ،

$P(\gamma_b) = \frac{1}{\bar{\gamma}_b} e^{-\frac{\gamma_b}{\bar{\gamma}_b}}$, $\bar{\gamma}_b = \frac{\epsilon_b}{N_0} E(\alpha^2)$

$$\Rightarrow P_e = \int P(e|r_b) p_{r_b}(r_b) dr_b \underset{\substack{\uparrow \\ \text{BPSK}}}{=} \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}_b}{1 + \bar{\gamma}_b}} \right) \quad \text{BPSK}$$

باردند مشبه $\Rightarrow$
$$\begin{cases} P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}_b}{2 + \bar{\gamma}_b}} \right) & \text{BFSK} \\ P_e = \frac{1}{2(1 + \bar{\gamma}_b)} & \text{DPSK (عدم صحت به } \varphi) \end{cases}$$

اثر به بی ثباتی از BFSK با حد در استفاده کنیم، باردند مشبه داریم

$$P(e|r_b) = \frac{1}{2} e^{-\frac{\gamma_b}{2}} \Rightarrow P_e = \frac{1}{2 + \bar{\gamma}_b} \quad \begin{matrix} \text{non-Coherent} \\ \text{BFSK} \end{matrix}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{ll} \text{BPSK} & : P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}_b}{1 + \bar{\gamma}_b}} \right) \\ \text{BFSK} & : P_e = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}_b}{2 + \bar{\gamma}_b}} \right) \\ \text{DPSK} & : P_e = \frac{1}{2(1 + \bar{\gamma}_b)} \\ \text{non-Coh. BFSK} & : P_e = \frac{1}{2 + \bar{\gamma}_b} \end{array} \right.$$

برای $\bar{\gamma}_b \gg 1$ تقریبهای زیر را خلاصه داشت.

$$P_e = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1}{4\bar{\gamma}_b} & \text{BPSK} \\ \frac{1}{2\bar{\gamma}_b} & \text{BFSK, DPSK} \\ \frac{1}{\bar{\gamma}_b} & \text{non-Coh BFSK} \end{array} \right.$$

که کل فرکانس ناگزین داشته
در صورت نزدیک نویسی

در حالتی که فقط نزدیک لوسی جمع شوند، داشته باشیم، دیدیم که شب خود را احتمال حفظ به صورت
نمایی متناسب با $\frac{1}{\lambda}$ است. در حالتی که دقتی فیدبک فرکانس ناگزیرین داشته داریم،
شب خود را متناسب با $\frac{1}{\lambda}$ است. (یعنی شب افق کمتر شده است)

در مکانهای فیدبک باید به دنبال راههای برای بهبود عملکرد باشیم.

یکی از راههای که در ادامه به آن می پردازیم، تنوع را بررسی (Diversity) (اصطلاحی) است.

تنگناهای رابردستی در کانال فزیند

علت افت کارایی در کانالهای فزیند این است که در زمانهای استیصال دریانوی دچار گوشه‌گیری
می‌شود در زمان زحمت احتمال خطا به شدت افزایش می‌یابد. در نتیجه در کل کارایی سیستم کاهش
می‌یابد. ایده اصلی رابردستی این است که بتوانیم استیصال را از طریق کانالهای مستقلی که هرگز
برسانیم. اگر ما کانال مستقل داشته باشیم، می‌توانیم هزینه‌ای که برای کانالهای دچار گوشه‌گیری
شده، از استیصال دریانوی سایر کانالها کم کنیم. می‌دانیم که احتمال گوشه‌گیری تمام کانالها به صورت
همزمان، در این روش خیلی کمتر از زمانی است که فقط از یک کانال استفاده کنیم.

احتمال کوششگی ب کانال فیدبک $P = \leq$

احتمال کوششگی L کانال مستقل به صورت حُرزان $P^L =$

$$P^L < P$$

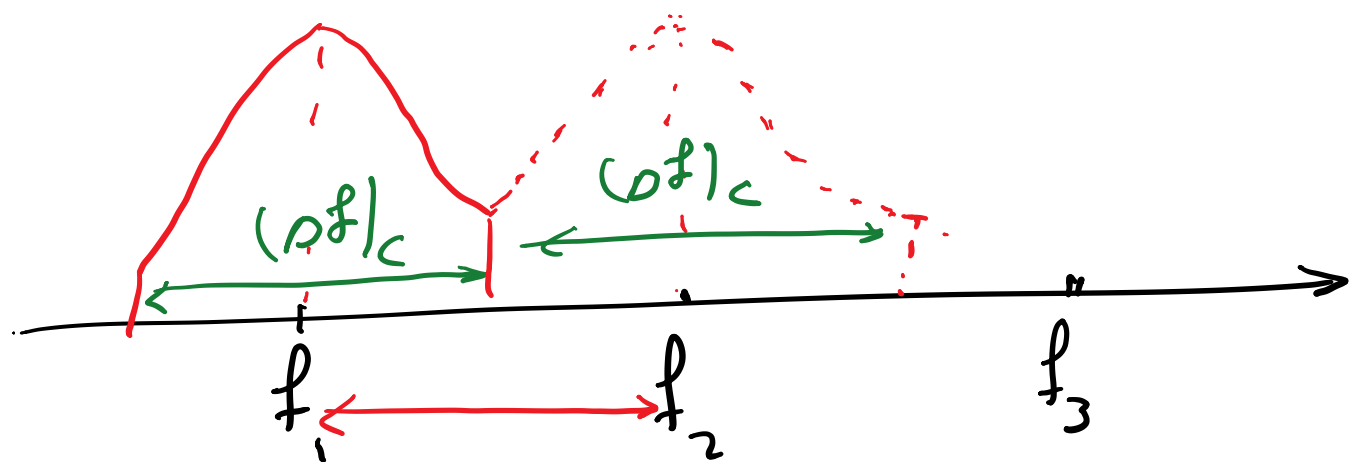
راهای متعددی وجود دارد که با یک آنا می توان L سگنال فید شده مستقل به گیرنده رساند.
این راهی را می توان به چهار گروه کلی زیر تقسیم بندی کرد.

۱- دایورسیتی فرکانسی (Frequency Diversity)

در این روش کپی های سگنال ردی L کاپی (اصل) کتل برای گیرنده فرستاده می شود. برای

اگر این ۲ سیگنال روی کانال‌های مستقل ارسال شوند باید فاصله بین کدورها برقرار باشد
 $(\Delta f)_c$ باشد.

مستقل بودن سیگنال‌های فرستاده $\Rightarrow$



$$f_2 - f_1 \geq (\Delta f)_c$$

۲- رابریستی زمانی (Time Diversity)

در این روش کپی‌های مختلف سیگنال را در بازه‌های زمانی مختلف به سمت گیرنده ارسال می‌کنیم.

برای اینکه $\frac{1}{2}$ کانال ایجاد شده در این حالت، مستقل باشند باید فاصله بین بازه های زمانی
کادر، بزرگتر مساوی $\frac{1}{2}$ (Dt) باشد. به این ترتیب $\frac{1}{2}$ سیگنال فید شده مستقل به لرزه
می رسد.

۳- رانندگی مکانی (Space Diversity)

در این روش از آنتن های متعدد برای ارسال دریافت (با هر دو طرف) استفاده می شود.
برای اینکه کانال های ایجاد شده، مستقل باشند، باید فاصله بین آنتن ها از $\frac{1}{2}$ باشد.

(RAKE receivers)

۴- استفاده از گیرنده های RAKE

یکی روش دیگر برای رسیدن به دایورسیته، روشی است که برای سیگنال های پهن باند استفاده می شود.
در این حالت، کانال چندین برای سیگنال ارسال فرکانس نرین است و کمی های تأخیر داری
از سیگنال ارسال در سیگنال دریافتی ظاهر می شود. گیرنده RAKE، گیرنده ای است که
با استخراج این کمی های تأخیر دار، دایورسیته را درگیرنده ایجاد می کند.

کانال فرکانس نرین
(۵f) >> W

در این صورت مسیرهای مختلف سیگنال ارسال قابل استخراج از روی سیگنال دریافتی خواهد بود.

اگر سیگنال باند سیگنال برابر W باشد، کمترین تأخیر قابل تنظیم در سیگنال دریافتی برابر فاصله بود با

$\frac{1}{W}$. از طرف دیگر، سیر صید سری کانال برابر T_m در نظر گرفته شده، بنابراین مقدار

کپی های قابل استخراج روی این کانال برابر فاصله بود $\frac{T_m}{(\frac{1}{W})} = T_m W$

بنابراین گیرنده RAKE سبب بهره حراصی می تواند به حربه دایورسی $L = T_m W$ برای سگنال های پهن باند، برسد.

$L = T_m W \approx \frac{W}{(\Delta f)_c}$
↑
 $T_m \approx \frac{1}{(\Delta f)_c}$
مستقل = حربه دایورسی = مقدار کپی های

در ادامه می فرماییم محکم گردید سیستم دایررسی از رتبه ۷ را بررسی کنیم. در این حالت ۷ کانال
دایررسی برای ارسال سگنال در نظر می گیریم. فرض می کنیم که کپی های یک سگنال بردی این
۷ کانال به سمت گیرنده ارسال می شوند. این ۷ کانال مستقل از هم و دارای مدیند خفاش
تأثیرین واکهست در نظر گرفته می شوند. اگر آینه های مدیند بردی این ۷ کانال، توانا
مستقل هستند. نیز این ۷ کانال اینر توانا در گوسی سفید از نظر سیگنل
تأثیر این ساختار کلی زیر برای بد سیستم دایررسی فرایم داشت.

