

به نام خدا

\* کدینگ کانال

روشهای کدینگ کانال را می توان به دو دسته ی اصلی که دارای قابلیت تشخیص و کدهای با قابلیت تشخیص و تصحیح دسته بندی کرد.

از کدهایی که فقط قابلیت تشخیص خطا را دارند، وقتی در گیرنده خطایی تشخیص داده شود، معمولاً از فرستنده بک کانال می پرسند، بنابراین ارسال مجدد از همان حالت جاری خطا می شود.

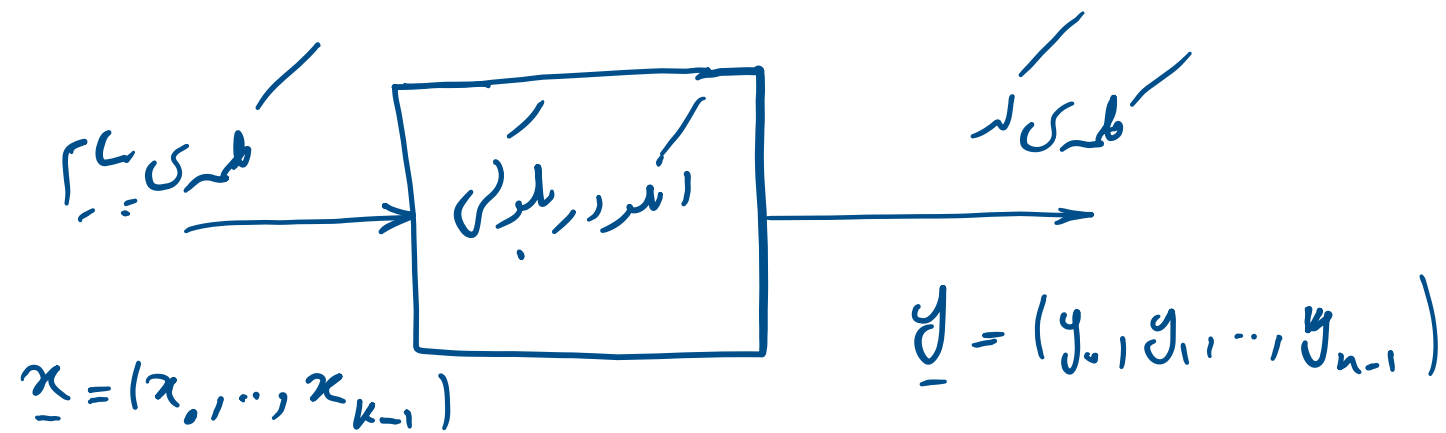
یکی از روشهای متداول این دسته که حا، کدهای ARQ هستند

Automatic Request to send

درکدهایی که تا بابت تشخیص، تصحیح خطا دارند، پس از تشخیص خطا، با استفاده از این نتایج  
کنترل شده (redundant) دیگر در جهت تصحیح خطاهای رخ داده در کدال، عملیات  
دیگر یک را انجام می دهد. البته این عملیات ممکن است باعث ناهماهنگی باشد. در طراحی این  
که ما تلاش بر این است که باید به شرایط کدال، عملکرد دیگر یک در شرایط قابل قبول  
قرار داده باشد.

این که ما این می توانیم به درستی کل که های بلندی و که های مانور نشان، درستی کرد.  
درکدهای بلندی یک کدهای پیام به جدول ۴ در جدولی اندر، بر اساس الگوریتم های تشخیص

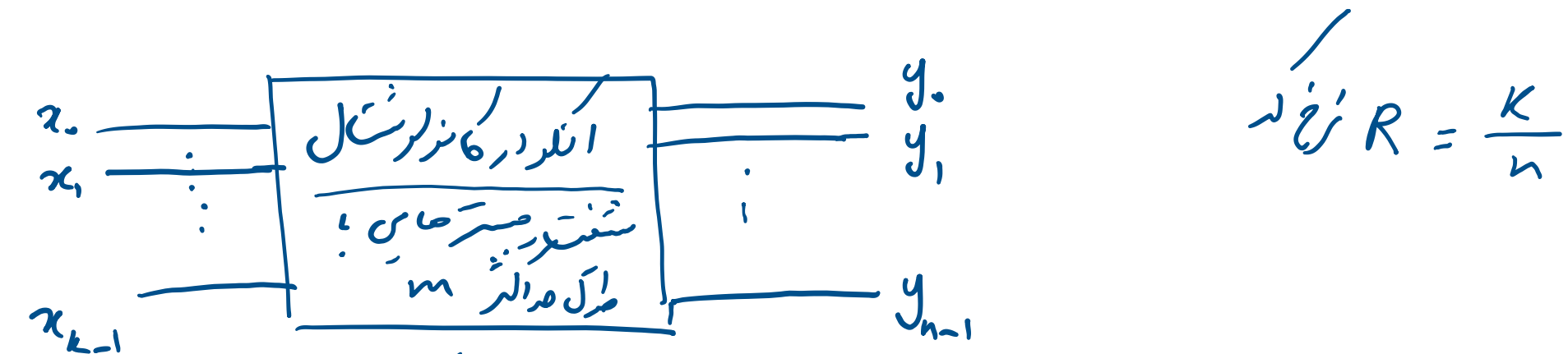
با اضافه کردن بیت‌های redundant به یک کلمه‌ی که به طول  $n$  تبدیل می‌شود.



نسبت  $R = \frac{k}{n}$  ،  $k < n$

این کدها  $C(n, k)$  خاصیت منحصوری دارند. از مثال‌های معروف کدهای بلوکی می‌توان به کدهای چرخشی، کدهای BCH، کدهای Reed-Solomon (RS) اشاره کرد.

کدهای کانزکشنال، کدهای حسند که اکثر ریم کدیند آنتا، حافظه دار است. به این  
 شکل که اندر دارای شفت جیره های  $m$  بعد از  $n$  است و  $n$  بیت ورودی را  
 بر اساس اعتدالات این شفت جیره ها به  $n$  بیت در خروجی تبدیل می کند. به این ترتیب  
 یک بیت کلمه که به بیت های ورودی قبل نیز وابسته است.



این کدها را  $C(n, k, m)$  نامش می دهیم. بیت های دقیق تر بررسی کدیند کانال در درس  
 کدیند کانال به صورت کامل مطرح می شود.

## \* مرد لاسیون (بیمتال)

همان طور که گفته شد، مرد لاسیون یک انیتر فسیل بنی مبرر های ریکتال سیم های  
نخا براتی و محو فزیس کانال است. در عملیات مرد لاسیون با در دست سلیال سرد ها،  
داریم. یکی سلیال پیام که می خداحیم به سمت لرنده ارسال کنیم و دیگری شکل موج حامل  
که برای انتقال پیام رسی کانال استناد می شود. در واقع سلیال پیام، حضور صیات  
شکل موج مانند دامن، فرکانس، فاز یا ترکیب از اینها را تعیین می کند (مرد ل می کند)  
از این جهت سلیال پیام را سلیال مرد ل می گویند و سلیال حامل را سلیال مرد ل می گویند. می گویند.

## کارکردهای مدوله‌سیرن

- سگنال یام را به شکل سرج مناسب جهت ارسال روی محله فیزیکی کانال، تقریر می‌کند. (انتقال با شراط کانال)

- انتقال مژتر: با یک مدوله‌سیرن می‌توان انتقال اطلاعات را به صورت مژتر انجام داد. به طور مثال برای انتقال داده‌های صوتی که فرکانس آنها بین  $100\text{ Hz}$  تا  $30\text{ kHz}$  است اگر بخواهیم آن‌ها را به سرجی طراعی کنیم، طول آنتن باید حداقل برابر با حجم طول سرجی که در سولفندی فرکانس مدوله‌سیرن است که حدود  $3\text{ km}$  خواهد بود. در صورتی که اگر این داده‌های صوتی را روی یک سرجی با فرکانس  $300\text{ MHz}$  مدوله‌سیرن کنیم، طول

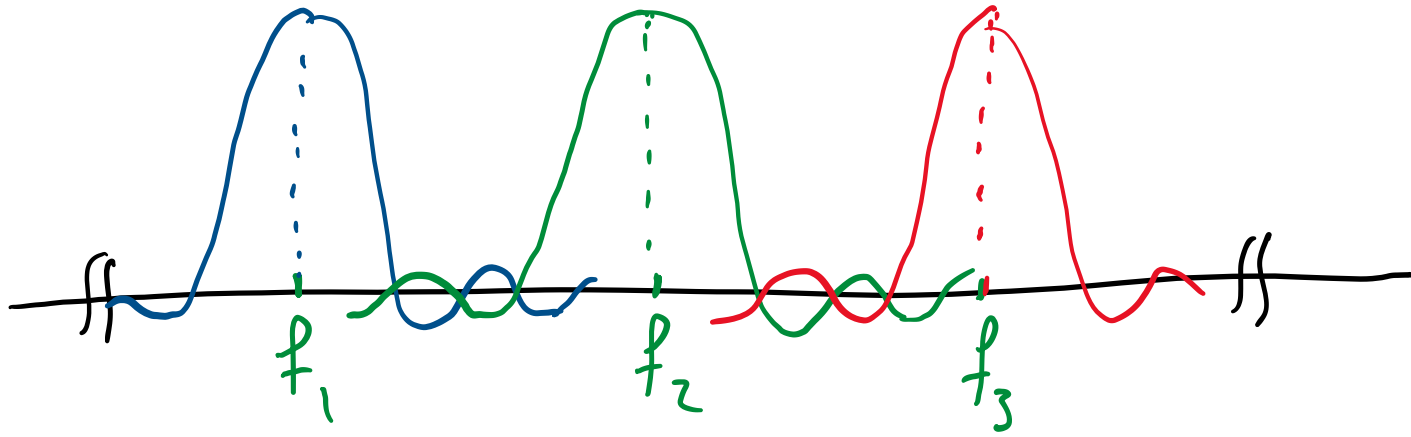
آنتن در حدود چند متر فاصله بود.

- با اشاره از مدولاسیون و مدولاسیون مناسب با وضعیت کانال، می توان تأخیری بر خرابی های کانال مانند نزدیک شدن اخل یافت کانال غلبه کرد.

- با مدولاسیون بردی فرکانس های مناسب، می توان به سبب طرحی بزرگ های RF در RF کاهش داد.

- امکان مالتی پلکس کردن. با اشاره از مدولاسیون، می توانیم پیام های مختلفی را در عرضی فرکانس در یک حجم بکنیم که بر این کار مالتی پلکس فرکانس می گیریم.

FDM : Frequency Division Multiplex



علو رہ برائے ایک سرور لائبرین، امکان دسترسی چندگانہ (Multiple Access)  
برائے کاربران مختلف نواحی سرور۔ برائے صورت کہ ایسی کاربران مختلف اپروری فرکانس  
مربوط۔ خودشان سرور کی کئی دروازہ فرکانس مصدر، ان ریم مرادار و ارسال می کنیم.

## - کمال انتقال

کمال انتقال، کتب فزیلی است که اسراج اللہ و محتامی حامل پیام بر روی آن منشر شوند  
و پیام را به دست گیرنده می فرستند. به عنوان مثال حامی از کمال انتقال می تران به بیم  
می، فیزیدری، نقاس آزاد، لایه های مختلف اتمسفر (ایرئوسفر، تروپوسفر، ... ) در آب  
استاره کرد.

به علت خصوصیات فیزیکی و محلی حریف (از این کمال)، شکل موج ارسال شده با خرابی های در بر  
خدا حد بود. از جمله این خرابی ها می تران به انداز نیزه های موجود در محیط، به داخل سندان سیم ها  
موجود در محیط، به به به های فیزیکی مانند سایه، انعکاس و پراش که می تواند منجر به محدودی

(fading) سُلّال درگیرند، بشوند، اثاث را بردارند.

علامه، راین کمال های انتقال، یک محدودیت اساسی در مورد پهنای باند در دسترس نیز بر سیم  
اعمال می کنند. حرکات انتقال کار با ترانس، ریز پهنای باند مستحق را در اختیار سیم انتقال قرار می دهد. در  
بسیاری موارد، تمام این پهنای باند نیز به طور کامل در اختیار سیم قرار نمی گیرد. محدودیت های  
تطبیق تداخل بردی سیم های مجاور (سیم های که در کابل های مجاور ارسال و دریافت  
می کنند) نیز بردی میزان در دسترس بردن پهنای باند، تأثیر گذار هستند.  
همچنین به علت اینکه پاسخ فرکانس کابل ایده آل نیست (یعنی به صورت یک پهنای باند نیست)  
همواره در عبور سُلّال از کابل، سُلّال دچار اعوجاج نیز خواهد شد.



وقتی که سیگنال مدوله شده بر روی کانال ارسال می شود به علت خصوصیات ذکر شده  
 برای کانال های مخابراتی، سیگنالی که به گیرنده می رسد یک سیگنال صدای فراطور که با زمان  
 تغییر می کند. (فرآیند صدای سیگنال صدای)

علاوه بر این تمام نویزهای ایجاد شده بر روی سیگنال نیز محموله به صورت یک فرآیند صدای  
 جمع شوند در کانال مدل سازی می شود. وجود این نویز باعث صدای شدن  
 سیگنال دریافتی می شود صدای شدن ممکن است با زمان تغییر کنند

سیگنال صدای :  $\alpha \cos(2\pi f_c t + \phi)$  کانال  $\underbrace{A \cos(2\pi f_c t + \theta)}_{\text{مداخله مدوله شده}}$   
 فرآیند صدای

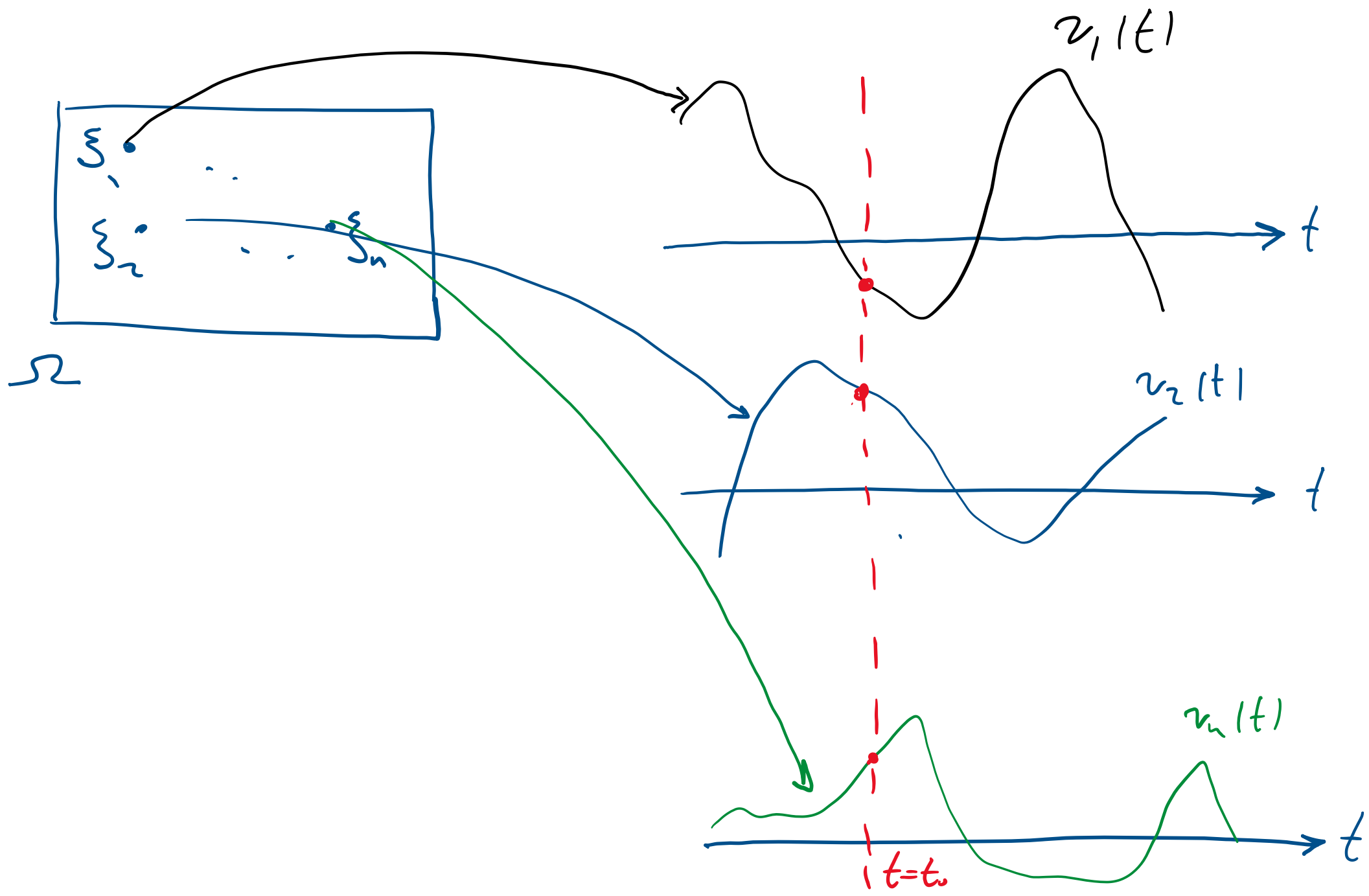
بنابرین در سیم های خازنی همواره با سلف های صاف و سرگردانیم. از این جهت در ادامه می خواهیم خصوصیات این سلف های صاف را معرفی کنیم.

آشنایی با فرکانس های صاف و برخی خصوصیات آنها

همان طور که می بینیم فرکانس های صاف، سلف های حساس به سرعت اجزای تغییر می کنند. این فرکانس های صاف را به سرعت تابعی از زمان  $t$  و نقاط فضای نمونه (انتخاب های آزمایش صاف) می سازیم. مدل سازی می کنیم

فرکانس های صاف

:  $(\omega(t))$



در واقع فرکاند مضاد، نامی است که به هر نقطه از فضای مختنه، یک تابع از زمان نسبت

می دهد. یعنی اگر در یک نقطه از فضای مختنه مانند  $q_1$  به فرکاند  $v(t; q_1)$

نگاه کنیم، یک تابع زمانی می بینیم.

$$v(t; q_1) \equiv v_1(t)$$

از طرف دیگر، اگر در یک زمان مشخص  $t = t_0$  به فرکاند مضاد  $v(t; q)$  نگاه کنیم،  
یک متغیر مضاد می بینیم. زیرا سطحی است که کدام نقطه از فضای مختنه را انتخاب کرده ایم.

$$v(t; q) \Big|_{t=t_0} \equiv v(t_0; q) \equiv v(q) \equiv \text{متغیر مضاد}$$

از این به بعد برای راحتی نوشتار، فرکانسهای  
نمایی  $\omega$  (کی استر در خطی کریم)

در ادامه به بیان برخی خصوصیات پارامترهای فرکانسهای  $\omega$  می پردازیم که در این درس  
مورد استفاده قرار می گیرند.

« میانگین فرکانسهای  $\omega$  یا امپدانسهای  $\omega$  به صورت زیر است،

$$\overline{\omega(t)} \triangleq \overline{\omega(t)} \equiv \omega(t)$$

نمایان فرکانس

نمایان فرکانس

\* برای فرآیندهای تصادفی  $v(t)$  تابع همبستگی به صورت زیر تعریف می شود،

$$R_v(t_1, t_2) \triangleq E \{ \underbrace{v(t_1)} \underbrace{v^*(t_2)} \}$$

که متغیر تصادفی لحظه‌ای  $t_1$  از فرایند  
که متغیر تصادفی لحظه‌ای  $t_2$  از فرایند

بنابراین تابع همبستگی  $R_v(t_1, t_2)$  نشان دهنده همبستگی متغیرهای تصادفی لحظات  $t_1, t_2$  از فرآیند است.

\* اگر  $R_v(t_1, t_2) = 0$  برقرار باشد، متغیرهای تصادفی لحظات  $t_1, t_2$  از فرایند  $v(t)$

$$v(t_1) \perp v(t_2)$$

برهم عمود هستند.

\* اگر متغیرهای صدای لحظات  $t_1$ ،  $t_2$  از فرآیند مستقل از هم باشند، یعنی رابطه باشیم

$$v(t_1) \perp\!\!\!\perp v(t_2)$$

اگر

$$R_v(t_1, t_2) = E \left\{ \overbrace{v(t_1)}^{V_1} \underbrace{v^*(t_2)}_{V_2} \right\} = E \{ v(t_1) \} E \{ v^*(t_2) \} \\ = \overline{v(t_1)} \overline{v^*(t_2)}$$

\* اگر در یک زمان  $t_1 = t_2 = t$  تابع همبستگی فرآیند  $v(t)$  به دست می آید.

$$R_v(t_1, t_2) \equiv R_v(t, t) = E\{v(t)v^*(t)\} = \underbrace{E\{|v(t)|^2\}}_{\overline{|v(t)|^2}}$$

$$t_1 = t_2 = t$$

$$\begin{array}{c} \equiv \\ \uparrow \\ v(t) \text{ صفتی} \end{array} E\{v^2(t)\} \equiv \overline{v^2(t)}$$

نشان دهنده قدرت لحظه‌ای سیگنال  $v(t)$  است.

- برای درخت‌های تصادفی  $v(t)$  ,  $w(t)$  تابع همبستگی متقابل به صورت زیر تعریف می‌شود

$$R_{vw}(t_1, t_2) = E \{ \underbrace{v(t_1)} \underbrace{w^*(t_2)} \}$$

✓ متغیر تصادفی لحظه  $t_2$  از فرآیند  $w(t)$   
✓ متغیر تصادفی لحظه  $t_1$  از فرآیند  $v(t)$

$R_{vw}(t_1, t_2)$  نشان دهنده همبستگی متقابل متغیرهای تصادفی لحظه‌ای  $t_1$  از فرآیند  $v(t)$  و لحظه‌ای  $t_2$  از فرآیند  $w(t)$  است.

• گاهی اوقات نیاز داریم که همبستگی متقابل درخت‌های تصادفی کنیم به صورت مثال در حالت‌هایی که سیگنال

با تدریج جمع می‌شود. نمونه  $\rightarrow \underbrace{w(t)} + \underbrace{v(t)}$  ✓ سیگنال

• برای ذخیره‌سازی  $v(t)$ ،  $w(t)$  به‌جای کار با این متقابل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_{vw}(t_1, t_2) = E \{ (v(t_1) - \overline{v(t_1)}) (w(t_2) - \overline{w(t_2)})^* \}$$

✓  
فصل بردار غلط  
→  
اسیر ریاضی

$$C_{vw}(t_1, t_2) = R_{vw}(t_1, t_2) - \overline{v(t_1)} \overline{w(t_2)}$$

(به عنوان تمرین به است. بارید)

\* اگر رابطه باشد  $v(t_1) \perp w(t_2)$  آنجا ضرایب راست.

$$R_{vw}(t_1, t_2) = E \{ v(t_1) w^*(t_2) \} = E \{ v(t_1) \} E \{ w^*(t_2) \} = \overline{v(t_1)} \overline{w(t_2)}$$

در حالت کلی، خصوصیات آماری فراآینده‌های تصادفی، با زمان تغییر می‌کند. این موضوع،  
تحلیل و بررسی و کار با فراآینده‌ها را در حالت کلی دشوار می‌کند. اما فراآینده‌هایی وجود دارند که  
تغییرات زمانی خصوصیات آماری آنها، تابع ویژگی‌های خاصی است که کار با این فراآینده‌ها  
برای ما ساده‌تر می‌کند. از بین این فراآینده‌ها، فراآینده‌های ایست در فراآینده‌های پلرید  
در بحث سیستم‌های مخابراتی، بیشترین سهم را دارند. از این جهت در ادامه به معرفی این  
فراآینده‌های پلرید می‌پردازیم.

Ergodic

۸ فرآیندهای ارگودیک

یک فرآیند تصادفی را ارگودیک می‌گوییم اگر تمام متوسط‌های آماری آن با متوسط‌های زمانی متناظر، برابر باشند.

یادآوری: متوسط زمانی

برای یک تابع زمانی  $g(t)$ ، متوسط زمانی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\langle g(t) \rangle_t = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt \equiv \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} g(t) dt$$

اگر  $g(t)$  متناوب، با دوره‌ی ثابت  $T_0$  باشد

به حد مثال اگر  $v(t)$  یک فرایند ارگودیک باشد، داریم:

$$E\{v(t)\} = \langle v(t) \rangle_t$$

$$\underbrace{E\{v^2(t)\}}_{\text{میانگین آماری}} = \underbrace{\langle v^2(t) \rangle_t}_{\text{میانگین زمانی}}$$

۵. البته بابت ترجمه به ایندکسهای آماری و فرایند از رابطه‌های کلیت مابلی تعریف است، اگر تردید  
بودن و منهدم گشته دارد. برای ایندکس بررسی‌های فرایندها، محدودتر باشد، تعادلی محدودتری  
از ارگودیک بودن نیز بیان می‌شود. مثلاً اگر یک بردن در میان لین  $nt$   
که بحث‌های دقیق‌تر آن در بررسی فرایندهای تصادفی مطرح می‌شود.

Mean Ergodic