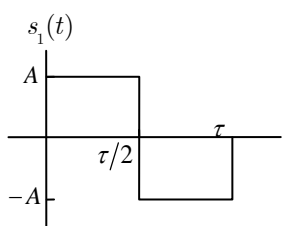
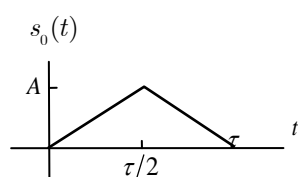




مهندسی برق	گروه آموزشی	فنی و مهندسی	دانشکده
21-767-12-16	کد درس	تئوری پیشرفته مخابرات	نام درس
۱۲۰۰-۱۰۰۰	ساعت امتحان	۹۲/۰۳/۱۸	تاریخ امتحان
۲ ساعت	مدت پاسخگویی	علی اصغر سلطانی فرانی	استاد درس
کارشناسی ارشد	مقطع تحصیلی	برق، مخابرات	رشته تحصیلی
	شماره دانشجویی		نام و نام خانوادگی

توجه: کلیه ی پاسخ ها باید همراه با استدلال باشد. آنچه در کتاب یا کلاس اثبات شده نیازی به اثبات ندارد؛ فقط اشاره به مورد کافی است. نمودارها را با دقت و همراه با اندازه گذاری رسم کنید. نوشتن پاسخ ها با مداد اشکالی ندارد. نام خود را روی برگه ی سوالات بنویسید و همراه با پاسخننامه تحویل دهید. برای چرکنویس می توانید قسمتی از هر صفحه از پاسخننامه را با کشیدن خط جدا (نه پاره) کنید و مورد استفاده قرار دهید.



مسئله ۱- یک سیستم مخابراتی دیجیتال برای ارسال ارقام متساوی الاحتمال 0 و 1 صادره از منبع از طریق کانال AWGN، به ترتیب از دو سیگنال $s_0(t)$ و $s_1(t)$ (شکل روبرو) استفاده می کند.

الف) نشان دهید که دو سیگنال مورد نظر متعامدند.

ب) شکل موج سیگنال های پایه و نمایش هیأت برداری دو سیگنال را مشخص و رسم کنید.

ج) احتمال خطای گیرنده ی بهینه را بر حسب τ ، N_0 و A بدست آورید.

د) با ثابت نگهداشتن $s_0(t)$ ، شکل سیگنال $s_1(t)$ را چنان تغییر دهید که با همان انرژی، خطای گیرنده ی بهینه کمترین مقدار ممکن شود.

ه) با ثابت نگهداشتن $s_0(t)$ ، شکل سیگنال $s_1(t)$ را چنان تغییر دهید که با همان احتمال خطای بهینه، میانگین انرژی ارسالی کمینه شود.

و) در بند (ه) بلوغ دیگرام گیرنده ی بهینه را با استفاده از تنها یک فیلتر منطبق و یک نمونه بردار رسم کنید. پاسخ ضربه ی فیلتر و لحظه ی نمونه برداری را مشخص کنید.

ز) در بند (ج) با فرض $N_0 = 10^{-8}$ و $A = 1$ ، حد اکثر آهنگ ارسال (بیت بر ثانیه) برای آن که خطا از 10^{-6} کمتر شود چقدر است؟ برای راحتی محاسبات می توانید از نامساوی $Q(x) < e^{-x^2/2}$ استفاده کنید.

مسئله ۲- در این مسئله ارسال پیام های صادر شده از یک منبع با آهنگ R bit/sec از طریق یک کانال AWGN با پهنای باند $W = 4kHz$ مورد بررسی قرار می گیرد. تعداد سیگنال های متعامد قابل ارسال در واحد زمان را $D = 2W$ و ماکزیمم انرژی هر بعد را E_N فرض کنید.

الف) از هیأت سیگنالینگ باینری (رئوس ابرمکعب) و کد تصادفی استفاده می کنیم. یک کرانه ی بالا برای بیت R با فرض

$$E_N/N_0 = 1.906$$

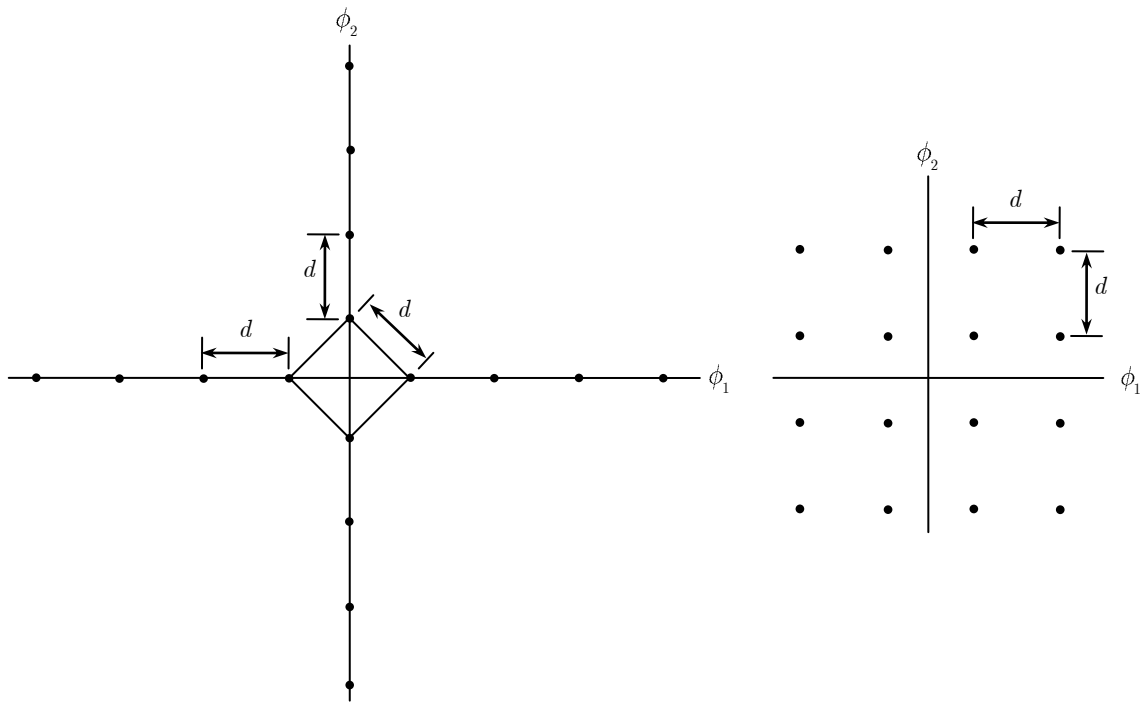
دلخواه کاهش داد.

ب) کرانه ی بالای R در بند (الف) را در صورتی که محدودیتی برای استفاده از نوع سیگنالینگ نداشته باشیم بدست آورید.

ج) کرانه ی بالای R در بند (الف) را در صورتی که محدودیتی برای استفاده از نوع سیگنالینگ نداشته باشیم و کاهش میانگین احتمال خطای کمینه با افزایش N مقید به فرم نمایی نباشد، بدست آورید.

د) پاسخ بند (الف) را در صورتی که از هیأت سیگنالینگ چهار سطحی (به جای باینری) استفاده شود بدست آورید. فرض کنید چهار سطح هر بعد هم فاصله و هم شانس باشند.

ه) نتایج دو بند (الف) و (د) را با هم مقایسه کنید. کدامیک از دو هیأت بهتر عمل می کند. برای نسبت سیگنال به نویزهای بالا (شرایط کم نویزی) کدامیک بهتر است؟ با استدلال پاسخ دهید.



- مسأله ۳-** شکل بالا دو هیأت مختلف ۱۶ تایی موسوم به 16-QAM را نشان می دهد. هر ۱۶ سیگنال را متساوی احتمال و کانال مورد استفاده را AWGN فرض کنید. در هر دو هیأت فاصله‌ی بین دو سیگنال همسایه‌ی نزدیک d فرض می شود.
- الف)** احتمال خطای گیرنده‌ی بهینه برای هیأت مربعی (سمت راست شکل) را بدست آورید. $P(E)$ را بر حسب پارامتر p با تعریف $p \triangleq Q(d/\sqrt{2N_0})$ بدست آورید و تا حد ممکن ساده کنید.
- ب)** برای همان هیأت، یک کرانه‌ی بالا برای $P(E)$ با در نظر گرفتن تنها همسایگان نزدیک هر سیگنال بدست آورید و نشان دهید که این کرانه‌ی بالا فاصله‌ی زیادی با مقدار دقیق آن که در بند (ب) بدست آورده‌اید ندارد.
- ج)** به طور مشابه یک کرانه‌ی بالا برای هیأت دوم (سمت چپ شکل) بدست آورید. این دو هیأت را از نظر عملکرد احتمال خطا با یکدیگر مقایسه کنید. کدامیک خطای کمتری دارد و چرا؟
- د)** دو هیأت را از نظر میانگین انرژی با یکدیگر مقایسه کنید. کدامیک انرژی میانگین بیشتری دارد؟

فرمول‌های زیر ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

$$R_0 = -\log_2 \left(\frac{1+x}{2} \right), \quad x \triangleq e^{-\frac{E_N}{N_0}}$$

برای هیأت سیگنال باینری (رئوس ابرمکعب):

$$R_0 = -\log_2 \left(\frac{1 + \frac{3}{2}y + y^4 + \frac{1}{2}y^9}{4} \right),$$

$$y \triangleq e^{-\frac{E_N}{9N_0}}$$

برای هیأت سیگنال چهار سطحی با سطوح هم فاصله و هم شانس:

$$R_0^* = \frac{1 + z - \sqrt{1+z^2} + \ln \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1+z^2} \right)}{2 \ln 2},$$

$$z \triangleq \frac{E_N}{N_0}$$

$$C_N = \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + 2 \frac{E_N}{N_0} \right)$$

موفق باشید.