

(شبیه سازی مدولاسیون (APSK)

۱-۱ مقدمه

در سیستم های ارتباطی دیجیتال، داده ها هنگام ارسال در کانال های نویزی ممکن است دچار خطا شوند. یکی از روش های موثر برای انتقال امن و مقاوم داده ها، استفاده از مدولاسیون APSK (Amplitude Phase Shift Keying) است. با نگاشت داده ها روی حلقه های با دامنه و فاز متفاوت، توانایی بیشتری در مقابله با نویز نسبت به مدولاسیون های ساده تر دارد. در این شبیه سازی، مدولاسیون ۱۶-APSK-روی دیتابست واقعی MNIST اعمال شد تا عملکرد سیستم در شرایط نویزی و میزان خطای بیت (BER) بررسی شود.

۱-۲ آماده سازی دیتابست

- ما از MNIST استفاده کردیم که تصاویر دست نویس اعداد ۰ تا ۹ است.
- هر تصویر 28×28 پیکسل است و هر پیکسل ۸ بیت دارد (۰ تا ۲۵۵).
- ابتدا تصاویر را به یک بردار باینری طولانی تبدیل کردیم.
- مثال: هر تصویر $\rightarrow 784 \text{ پیکسل} \times 8 \text{ بیت} = 6272 \text{ بیت}$
- این بیتها همان «پیام» ما هستند که قرار است ارسال شود.

۱-۳ مدولاسیون APSK

- یک روش مدولاسیون است که داده ها را روی حلقه های با دامنه متفاوت و فاز های متفاوت نگاشت می کند.
- در شبیه سازی ما از 16-APSK استفاده کردیم:
- حلقه: داخلی (۴ نماد) و خارجی (۱۲ نماد)
- هر گروه ۴ بیتی از پیام \rightarrow یک نماد \rightarrow APSK مشخص می شود که روی کدام حلقه و با چه فازی قرار گیرد.

- هدف: تبدیل بیت‌ها به سیگنال‌های پیچیده (complex) که قابل ارسال روی کانال باشند.
- بیت‌ها به نقاطی روی یک صفحه مختصات (In-phase / Quadrature) تبدیل می‌شوند.

۴-۱ شبیه سازی کانال AWGN

- کanal واقعی نویز دارد، برای شبیه‌سازی از AWGN (Additive White Gaussian Noise) استفاده شد.
 - نویز هم به قسمت In-phase و هم به Quadrature اضافه شد.
 - نتیجه: هر نماد APSK در صفحه مختصات کمی جایه‌جا شد، یعنی هنگام دریافت ممکن است با نمادهای دیگر اشتباه گرفته شود.
- به زبان ساده: مثل این است که روی یک هدف نشانه گرفته‌ایم، اما باد کمی تیر را منحرف کرده است.

۵-۱ دمودولاسیون APSK

- وظیفه دمودولاسیون: تشخیص نزدیک‌ترین نماد به سیگنال دریافت‌شده و تبدیل آن به بیت‌های اصلی.
- الگوریتم:

 - فاصله هر نماد دریافت‌شده تا تمام نقاط ممکن APSK را محاسبه می‌کنیم.
 - نزدیک‌ترین نماد انتخاب می‌شود.
 - نماد انتخاب‌شده → بیت اصلی بازسازی می‌شود.

نتیجه: تا حد امکان خطاهای ایجاد شده توسط نویز اصلاح می‌شوند.

۶-۱ محاسبه BER (Bit Error Rate)

- بیت‌های بازسازی شده با بیت‌های اصلی مقایسه می‌شوند.
- درصد بیت‌های اشتباه \rightarrow BER

مثال:

62720 بیت پردازش شد

11680 بیت قبل از دمدولاسیون اشتباه → به دلیل نویز

5619 بیت بعد از دمدولاسیون اشتباه APSK → توانست حدود نصف خطاهای را اصلاح کند

۱-۷ نمایش نتایج

تصویر اصلی VS تصویر بازیابی شده: تقریباً شبیه هستند، اما ممکن است نویز اندکی روی پیکسل‌ها باقی مانده باشد.

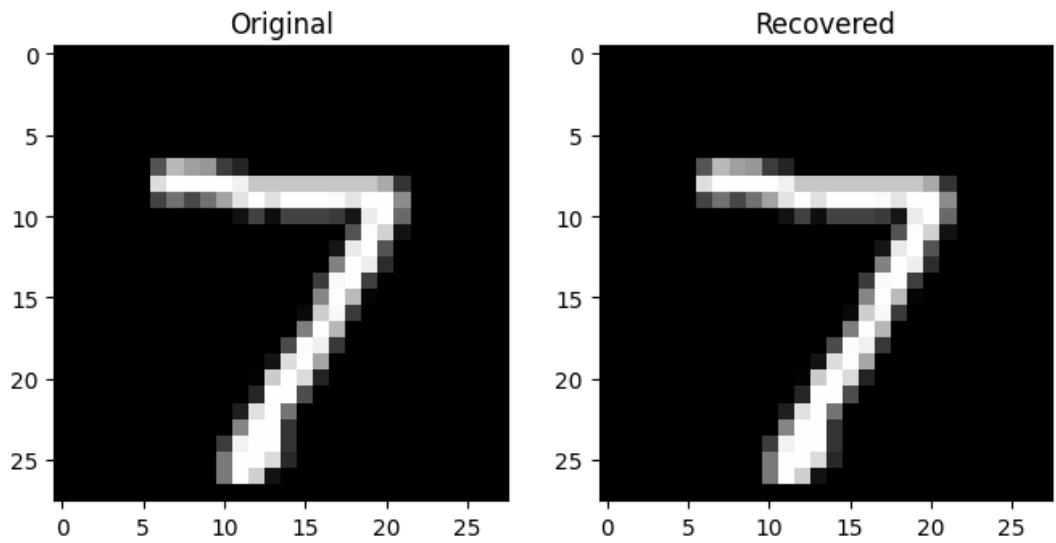
Constellation diagram:

نقاط آبی → نمادهای ارسال شده

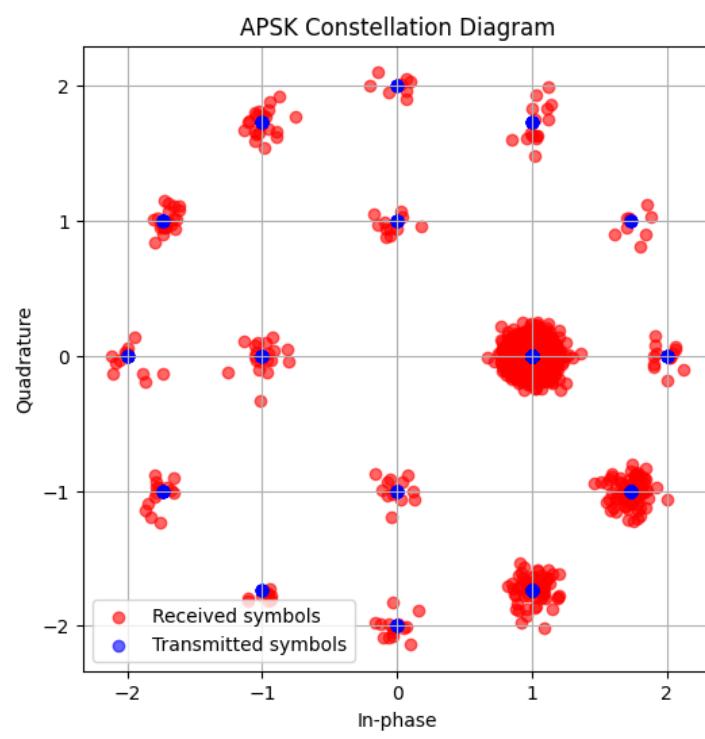
نقاط قرمز → نمادهای دریافت شده بعد از نویز

هر چقدر نقاط قرمز نزدیک نقاط آبی باشند → دمدولاسیون دقیق‌تر

به زبان ساده: نمودار constellation مانند نقشه‌ای است که نشان می‌دهد چقدر سیگنال‌ها بعد از نویز منحرف شدند و APSK توانست آنها را به درستی برگرداند.



شکل یک) تصویر اصلی در سمت راست و تصویر باز یابی شده در سمت چپ



شکل ۲) دیاگرام مدولاسیون APSK

۸-۱ جمع بندی عملکرد

- Bit → APSK symbol → Channel → Noisy symbol → Bits •
- اجازه می‌دهد بیت‌ها روی حلقه و فاز کدگذاری شوند → توانایی بهتر در مقابل نویز. •
- دمولاسیون سعی می‌کند نزدیک‌ترین نماد را پیدا کند → بخشی از خطاهای اصلاح می‌شود. •
- کاهش می‌یابد، ولی تمام خطاهای اصلاح نمی‌شوند → به دلیل نویز زیاد یا تشابه نمادها. •