

(شبیه ساز Convolutional Code برای اصلاح خطای بیت‌ها در تصاویر MNIST)

۱-۱ مقدمه

یکی از روش‌های پایه در ارتباط دیجیتال برای اصلاح خطاهای رخداده در کانال‌های نویزی، استفاده از کدهای کانولوشنال (Convolutional Codes) است. این کدها با اضافه کردن بیت‌های چک به پیام اصلی، امکان تشخیص و اصلاح خطای فراهم می‌کنند. در این گزارش، با استفاده از کد کانولوشنال با نرخ $\frac{2}{1}$ و طول حافظه (constraint length) 5 و دیکدینگ soft-decision Viterbi، عملکرد این کدها روی تصاویر دیتابس MNIST شبیه‌سازی شده است.

هدف از این شبیه‌سازی:

- بررسی تاثیر کد کانولوشنال بر کاهش Bit Error Rate (BER) در حضور نویز.
- مقایسه تعداد خطاهای قبل و بعد از دیکدینگ.

۱-۲ دیتابست و پیش‌پردازش

- از دیتابست MNIST استفاده شد که شامل تصاویر 28×28 پیکسل از ارقام دست‌نویس ۰ تا ۹ است.
- برای مثال، ۱۰ تصویر از مجموعه تست انتخاب شد.
- هر تصویر به بیت تبدیل شد: هر پیکسل ۸ بیت \rightarrow تصویر $28 \times 28 \rightarrow 8 \times 784 = 6272$ بیت.
- تمام ۱۰ تصویر $\rightarrow 62720$ بیت برای پردازش.

۱-۳ روش کار

الف) کد گذاری (Encoding)

- از Convolutional Code با نرخ $\frac{2}{1}$ و constraint length = 5 استفاده شد.
- Generator polynomials:
 - $G_1 = 11111$
 - $G_2 = 10101$
- هر بیت ورودی $\rightarrow 2$ بیت خروجی تولید شد، با استفاده از جمع ماژولوی ۲ بیت‌های انتخاب شده.

ب) شبیه‌سازی نویز

- نویز به صورت تصادفی روی بیت‌ها اعمال شد با احتمال خطأ ۰/۰۱.
- این شبیه‌سازی نشان‌دهنده تاثیر کanal نویزی است.

ج) دیکدینگ (Decoding)

- از Viterbi Decoder soft-decision استفاده شد:
- بیت‌های دریافت‌شده به مقادیر -۱/+۱ تبدیل شدند.
- مسیر با کمترین فاصله اقلیدسی نسبت به بیت‌های دریافت‌شده انتخاب شد.
- هدف: بازسازی پیام اصلی و کاهش خطاهای ایجاد شده در کanal.

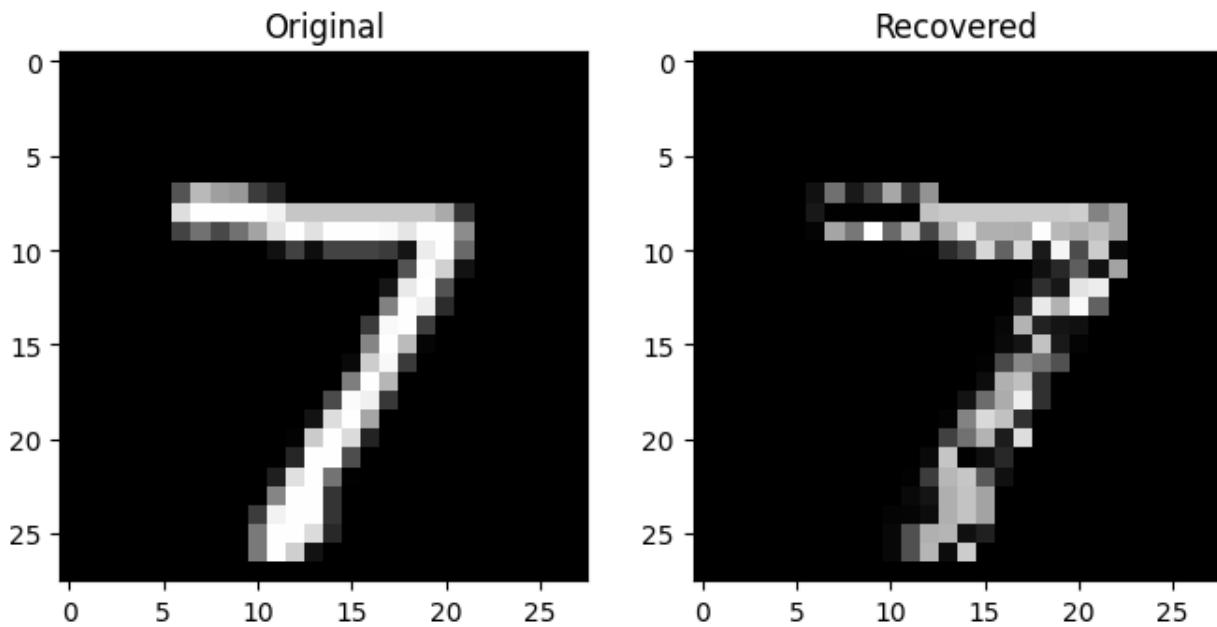
۱-۵ نتایج

جدول یک) نتایج

شاخص	تعداد بیت‌ها
کل بیت‌ها	62720
خطا قبل از دیکدینگ	11680 ($\approx 18.6\%$)
خطا بعد از دیکدینگ	5619 ($\approx 9\%$)

۱-۵-۱ تحلیل نتایج:

- قبل از دیکدینگ، حدود ۱۸.۶٪ بیت‌ها به دلیل نویز تغییر کرده بودند.
- بعد از دیکدینگ با کد کانولوشنال Viterbi soft-decision، تعداد بیت‌های اشتباه به حدود ۹٪ کاهش یافت.
- این نشان می‌دهد که کد کانولوشنال حدود نصف خطاهای را اصلاح کرده است.



شکل یک) تصاویر قبل و بد از کد گذاری و دی کدینگ

۱-۶ جمع بندی

- استفاده از Convolutional Code با constraint length 5 و soft-decision Viterbi.
- توانست BER را تقریباً نصف کند و عملکرد خوبی در اصلاح خطاهای بیت‌ها نشان داد.
- نتایج نشان می‌دهد که: افزایش constraint length باعث افزایش قدرت اصلاح خطای شود.
- Soft-decision دقیق دیکدینگ را بهبود می‌بخشد.
- برای کاهش بیشتر BER، می‌توان از نرخ پایین‌تر کد(1/3)، Interleaving یا کدهای پیشرفته‌تر مانند LDPC و Turbo استفاده کرد.
- کانولوشنال کدها ابزار بسیار موثری برای کاهش خطای بیت‌ها هستند و حتی در تصاویر بزرگ مانند MNIST نیز توانایی اصلاح خطای را به خوبی نشان می‌دهند.
- این شبیه‌سازی یک نمونه عملی از کاربرد کانولوشنال کدها در ارتباطات دیجیتال و ذخیره‌سازی اطلاعات حساس به خطای است.