

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

۱-۱ مقدمه

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

هدف از این شبیه‌سازی:

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

۱-۲ دیتاست و پیش‌پردازش

- از دیتاست 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 $2/1$ و $\text{constraint length} = 5$ استفاده شد.
- Generator polynomials:
- $G_1 = 11111$
- $G_2 = 10101$
- هر بیت ورودی $\rightarrow 2$ بیت خروجی تولید شد، با استفاده از جمع مازولوی ۲ بیت‌های انتخاب‌شده.

ب) شبیه‌سازی نویز

- نویز به صورت تصادفی روی بیت‌ها اعمال شد با احتمال خطا 0.01 .
- این شبیه‌سازی نشان‌دهنده تاثیر کانال نویزی است.

ج) دیکدینگ (Decoding)

- از Viterbi Decoder با soft-decision استفاده شد:
- بیت‌های دریافت‌شده به مقادیر $-1/+1$ تبدیل شدند
- مسیر با کمترین فاصله اقلیدسی نسبت به بیت‌های دریافت‌شده انتخاب شد.
- هدف: بازسازی پیام اصلی و کاهش خطاهای ایجادشده در کانال.

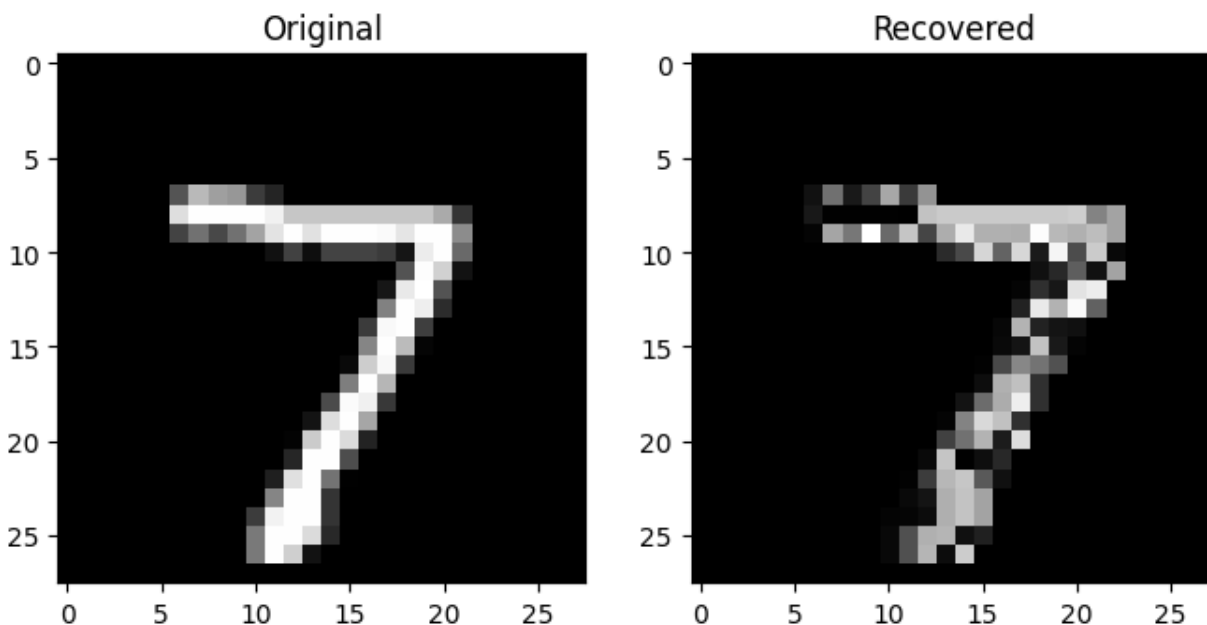
۱-۵ نتایج

جدول یک (نتایج

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

۱-۵-۱ تحلیل نتایج:

- قبل از دیکدینگ، حدود 18.6% بیت‌ها به دلیل نویز تغییر کرده بودند.
- بعد از دیکدینگ با کد کانولوشنال و Viterbi soft-decision، تعداد بیت‌های اشتباه به حدود 9% کاهش یافت.
- این نشان می‌دهد که کد کانولوشنال حدود نصف خطاها را اصلاح کرده است.



شکل یک (تصاویر قبل و بعد 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 خطا می‌شود.
- Soft-decision دقت دیکدینگ را بهبود می‌بخشد.
- برای کاهش بیشتر BER، می‌توان از نرخ پایین‌تر کد (1/3)، Interleaving یا کدهای پیشرفته‌تر مانند Turbo و LDPC استفاده کرد.
- کانولوشنال کدها ابزار بسیار موثری برای کاهش خطای بیت‌ها هستند و حتی در تصاویر بزرگ مانند MNIST نیز توانایی اصلاح خطا را به خوبی نشان می‌دهند.
- این شبیه‌سازی یک نمونه عملی از کاربرد کانولوشنال کدها در ارتباطات دیجیتال و ذخیره‌سازی اطلاعات حساس به خطا است.