پیش کدگذاری در سطح سمبل با کمک شبکه عصبی و بر اساس موقعیت کاربر

دانشجو: **فاطمه صالحی**

استاد راهنما: **مریم صباغیان**

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

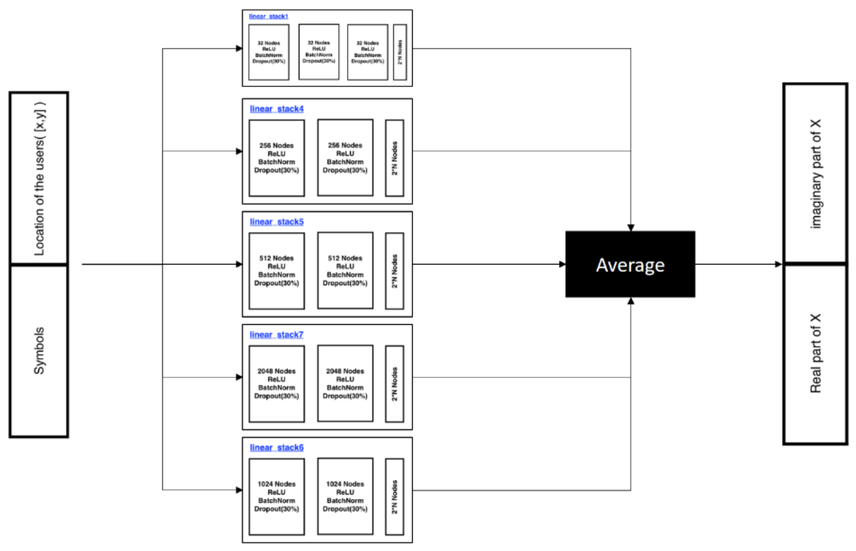
جهت پیش کدگذاری سمبل در سیستم‌های بی سیم نیاز داریم وضعیت کانال را بدانیم، اما تخمین زدن کانال ممکن است مشکلاتی از جمله کاهش پهنای باند و افزایش پیچیدگی سیستم را به همراه داشته باشد. برای ساده‌تر کردن این فرآیند، فقط از موقعیت کاربران نسبت به آنتن‌های فرستنده استفاده می‌کنیم که عملکرد سیستم را بهبود می‌بخشد. در این تحقیق، یک ایستگاه پایه با ۱۲ آنتن و ۱۲ کاربر در اطراف آن مدلسازی شده است. سپس کانال بین هر کاربر و ایستگاه شبیه‌سازی می‌شود و پیش کدگذاری CI انجام می‌شود. سپس اطلاعات مکانی و سیگنال‌های پیش کدگذاری شده به عنوان مجموعه داده آموزشی ذخیره می‌شوند. به‌علاوه، برای جمع‌آوری مجموعه داده آزمایشی، همین فرآیند بر روی ۲۰ هزار فاصله زمانی انجام می‌شود. در نهایت، به دنبال ساختار شبکه‌های عصبی هستیم که بتوانند پیش کدگذاری را آموزش ببینند. هدف اصلی این تحقیق ساده‌سازی و بهبود عملکرد سیستم‌های بی سیم است و استفاده از شبکه‌های عصبی می‌تواند سرعت پیش کدگذاری را افزایش دهد.

روش پیشنهادی

یک سامانه مختصات اقلیدسی سه بعدی برای توصیف مکان‌های دستگاه پایه به صورت $(0، y_{AP}، H_0)$ و کاربر n ام به صورت $(x_n، y_n، 0)$ استفاده میکنیم. لازم به ذکر است که همه به واحد متر (m) اندازه‌گیری می‌شوند، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است. دستگاه پایه با M آنتن با یک آرایه خطی یکنواخت (ULA) تجهیز شده است. فرض می‌کنیم که N کاربر به صورت تصادفی در یک منطقه به مساحت $D \times D\ m^2$ پخش شده‌اند، به طوری که چهار رأس آن در موقعیت‌های افقی $(xs + D، D)$ و $(xs، D)$، $(xs + D، 0)$، $(xs، 0)$ قرار دارند. مدل کانال رایسیان را طوری در نظر می‌گیریم تا دارای هر دو اجزای خط دید (LoS) و بدون خط دید (NLoS) باشد.

برای شبیه سازی این طرح پیشنهادی از برنامه متلب استفاده میکنیم تا داده آموزشی که دارای ۸۰ هزار دسته، و داده تستی که دارای ۲۰ هزار دسته میباشد را تهیه کنیم.

ساختار شبکه را با الهام گیری از هیستوگرام سیگنال های پیش کد شده در داده آموزش و قضیه حد مرکزی به شکل زیر تعریف میکنیم:

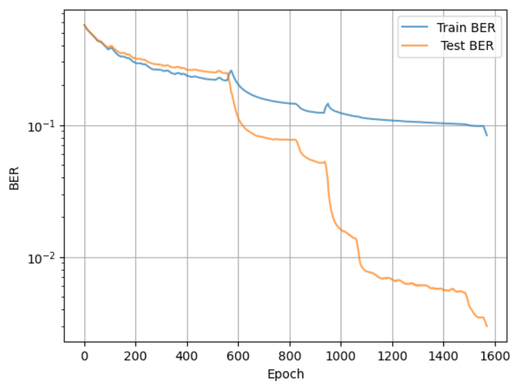


برای پیاده سازی فرآیند یادگیری، داده های آموزش را به دسته های ۴۰۰۰ تایی تقسیم میکنیم و از تابع حداقل میانگین خطا (MSE) و بهینه ساز Adam جهت بهینه کردن وزن های شبکه عصبی استفاده میکنیم. لازم به ذکر است که برداری که تابع MSE بر آن اعمال میشود، همانطور که در شکل زیر دیده میشود، شامل قسمت حقیقی و موهومی سیگنال پیش کد شده، و قسمت حقیقی و موهومی سمبل ها است.

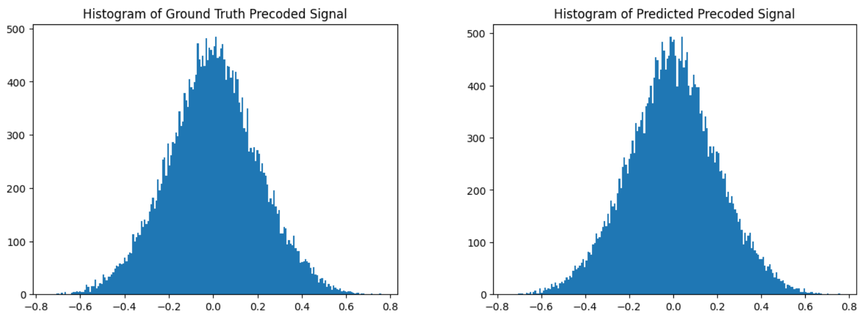
Real part of symbols	imaginary part of symbols	Real part of X	imaginary part of X

نتایج

با توجه به تصویر زیر، پس از ۱۶۰۰ epoch از آموزش شبکه عصبی بر روی داده ها، به نرخ خطا بیت (BER) ۰.۰۸ برای داده آموزش و ۰.۰۰۲۸ برای داده تست دست یافته ایم که اثبات کننده این نکته است که میتوان صرفا با تکیه بر موقعیت کاربر و بدون نیاز به تخمین کانال ها به BER پایین دست یافت. این امر نشان می‌دهد که شبکه عصبی آموزش دیده، توانایی تشخیص و کاهش خطاهای بیت را دارد و باعث می‌شود که ارتباط بیسیم با کیفیت بهتر و بهره‌وری برای کاربران فراهم شود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که استفاده از شبکه‌های عصبی در این حوزه می‌تواند بهبود قابل توجهی را در عملکرد سیستم‌های ارتباطی بیسیم به ارمغان آورد.



توقع داشتیم که داده خروجی ساختار پیشنهاد شده، توزیع نرمال(گوسی) داشته باشد. همانطور که در تصویر پایین مشاهده میشود، هیستورگرام خروجی شبکه عصبی شبیه توزیع نرمال است؛ همچنین میتوان دید که توزیع سیگنال پیش بینی شده به توزیع سیگنال پیش کدینگ هدف بسیار نزدیک میباشد.



جمع بندی

در این تحقیق، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار متلب، یک طرح را شبیه‌سازی کرده‌ایم تا داده‌های آموزش و آزمون را برای آموزش شبکه عصبی جمع‌آوری کنیم. سپس با استفاده از قضیه حد مرکزی، ساختار شبکه عصبی را با توزیع نرمال برای خروجی آن تعیین کردیم. در مرحله بعد، شبکه عصبی را با استفاده از داده‌ها و ساختار تعیین شده آموزش دادیم و وزن‌های شبکه را بهینه‌سازی کردیم. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از شبکه‌های عصبی در سیستم‌های ارتباطی بیسیم می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد این سیستم‌ها به همراه داشته باشد، که این بهبود کیفیت و بهره‌وری ارتباطات بیسیم را برای کاربران ارتقا می‌دهد.

کاربرد های صنعتی: استفاده از اطلاعات موقعیت کاربران به جای کانال‌ها، بسیار مفید است زیرا این اطلاعات می‌توانند به صورت مستقیم از طریق سیستم موقعیت یابی دریافت شوند. این روش نوآورانه باعث می‌شود که پیچیدگی و محاسبات مورد نیاز در فرآیند پیش‌کدینگ کاهش یابد و عملکرد سیستم بهبود یابد.

مراجع اصلی

1. A. Li, D. Spano, J. Krivochiza, S. Domouchtsidis, C. G. Tsinos, C. Masouros, S. Chatzinotas, Y. Li, B. Vucetic, and B. Ottersten, “A tutorial on interference exploitation via symbol-level precoding: Overview, state-of-the-art and future directions,” IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 22, no. 2, pp. 796–839, 2020

2. D. Tse and P. Viswanath, Fundamentals of wireless communication. Cambridge university press, 2005.