

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

تخمین کانال مخابراتی در طیف میلیمتر با استفاده از روش سلسله
مراتبی

حسین سلیمانی¹، امین دمیا²

¹ دپارتمان مهندسی برق-دانشکده قاضی طباطبائی ارومیه- دانشگاه فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی- ایران،
hsoleimani@tvu.ac.ir

² دپارتمان مهندسی برق-دانشکده قاضی طباطبائی ارومیه- دانشگاه فنی و حرفه ای استان آذربایجان غربی- ایران،
adamya@tvu.ac.ir

چکیده

انتشار امواج در باند میلی متر به عنوان فناوری برای سیستم های ارتباطی نسل آینده موبایل می باشد که شکل دهی و آموزش پرتوها امری ضروری برای تمرکز توان ارسالی فرستنده ها و گسترش فضای پوشش ارتباطی می باشد. در این مقاله، روشی برای تخمین کاربر و تفکیک دامنه در فضای زاویه (angular domain) با استفاده از آموزش سلسله مراتبی پرتوها پیشنهاد می گردد که امکان آموزش همزمان چند پرتو تحت محدودیت تک شرطی را فراهم می کند همچنین عملکرد روش پیشنهادی و بهینه سازی کدهای غیرمتعامد مورد استفاده در طرح های پیشنهادی را به صورت تئوری مورد آنالیز قرار می گیرد. با طراحی مناسب، روش پیشنهادی می تواند تقریباً همان عملکرد پرتو دهی کامل را دارد اما روش پیشنهادی نصف یا کمتر از زمان مصرف پرتو دهی کامل زمان نیاز دارد. روش پیشنهادی باعث کاهش زمان آموزش می شود همچنین نتایج شبیه سازی اثربخشی و بهبود عملکرد طرح پیشنهادی را نشان می دهد.

واژه های کلیدی

تخمین کانال، سیستم های نسل پنجم موبایل، روش سلسله مراتبی.

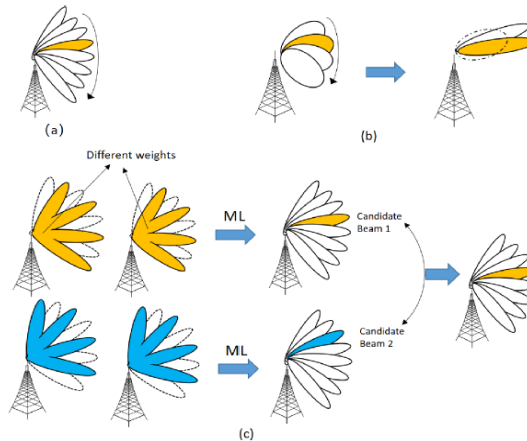
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

که در شکل 2 (ب) نشان داده شده است، BS بیم ها با پهنایی بزرگ را فعال کرده تا جهت کاربر را شناسایی کند و سپس با توجه به بازخورد UE به تدریج دامنه جهت UE را کاهش می دهد تا زمانی که بیم باریک بهینه را انتخاب کند. با این وجود، تحت این طرح های جستجوی سلسله مراتبی، فرآیند پیدا جهت UE در دامنه های مختلف پرتو گسترده به اشتراک گذاشته شود. به طور کلی، BS برای هر UE همین مراحل را به طور جداگانه انجام دهد، که هزینه بر می باشد. اگرچه جستجوی سلسله مراتبی به میزان قابل توجهی زمان آموزش پرتو را نسبت به جستجوی جامع کاهش می دهد.

راه حل محبوب این است که از اندازه گیری های بیم های عریض برای تخمین باریک بهره برداری کرد [14]، [15]. با این حال، از آنجا که این کارها از بیم های زیر بهینه با بازدهی کم برای اندازه گیری استفاده می کند، عملکرد آموزش پرتو اغلب مستعد ابتلا به نویز و اثر چند جوابی است. علاوه بر این، آموزش پرتو کمکی یادگیری ماشین نیز یک راه حل عملی برای تصمیم گیری بهینه پرتو ارائه می دهد [16] - [18].



شکل 2- تصاویر از طرح های مختلف پرتو دهی. (الف) جستجوی جامع: BS به طور متوالی همه پرتوها را یکی یکی فعال می کند و کاربر پرتو بهینه را انتخاب می کند. (ب) جستجوی سلسله مراتبی: BS ابتدا پرتوهای عریض را فعال کرده و سپس به پرتوها باریکتر تمرکز می کند. (ج) طرح پیشنهادی: پرتوها را به چندین گروه تقسیم می کنیم و پرتوهای ادغام شده با وزن های مختلف را برای چندین بار ارسال می کند. UE ابتدا پرتو بهینه کاندیدا را در هر گروه انتخاب می کند، و سپس تمام پرتوهای کاندیدا را برای انتخاب پرتوی بهینه مقایسه می کند

1.1. بیان مساله

آنتن های برای یک سیستم مخابراتی که BS و کاربر به ترتیب به N_R و N_T آنتن آرایه ای مجهز هستند که از نوع آنتن های آرایه ای یکنواخت خطی یکنواخت (ULA) با فاصله عناصر نیم طول موج می باشند. ماتریس کانال $H \in \mathbb{C}^{N_R \times N_T}$ ترکیبی از یک مسیر دید مستقیم LoS و P مسیر غیر مستقیم (NLoS) است [22] همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است، که به صورت زیر بیان می شود یک کانال چند مسیره با یک گیرنده در نظر می گیریم، به طوری که

$$H = \sum_{p=1}^{P+1} \alpha_p H_p \quad (1)$$

جایی که $H_1 \in \mathbb{C}^{N_R \times N_T}$ نشان دهنده مسیر LoS است و $H_p \in \mathbb{C}^{N_R \times N_T}, 2 \leq p \leq P = 1$ مسیرهای

NLoS می باشند و $\alpha_p \in \mathbb{C}, p = 1, \dots, P + 1$ مقادیر مختلط به دست آمده از محیط های واقعی مختلف می باشند
 θ_p^{AoA} و θ_p^{AoD}

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

به ترتیب به عنوان زاویه خروج و زاویه ورود از p امین مسیر p -th می باشند، پس H_p را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$H_p = \sqrt{N_T N_R} a(N_R, \theta_p^{AoD}) a^H(N_T, \theta_p^{AoA}) \quad (2)$$

که $a(N, \theta) \in \mathbb{C}$ بردار پاسخ آنتن را برای N امین آرایه با زاویه آزیموت θ نشان می دهد، که از رابطه زیر به دست می آید

$$a(N, \theta) = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 e^{-i\pi \cos \theta} \dots e^{-i(N-1)\pi \cos \theta}]^T \quad (3)$$

به طور کلی، اجزای چند مسیری دارای تراکم زاویه ای هستند، به عنوان مثال، AoD های مسیره های NLoS به AoD مسیر LoS

نزدیک هستند. θ_{AS} گسترش زاویه ای را نشان می دهد، تراکم زاویه ای را می توان به صورت زیر بیان کرد

$$|\theta_p^{AoD} - \theta_1^{AoD}| \leq \theta_{AS}, p = 2, 3, \dots, P + 1. \quad (4)$$

با استفاده از مدل کانال mmWave بالایی، انتقال دیتا را می توان به صورت زیر فرموله کرد

مانند

$$y = \sqrt{\gamma} w^H H f s + w^H n \quad (5)$$

که در آن $s \in \mathbb{C}$ سمبل های ارسالی با توان γ می باشد، $f \in \mathbb{C}^{N_T \times 1}$ با $\|f\|_2 = 1$ نشان دهنده بردار بیم فرمینگ پرتو

در فرستنده و $w \in \mathbb{C}^{N_R \times 1}$ با $\|w\|_2 = 1$ نشان دهنده بردار بیم فرمینگ پرتو در فرستنده و $n \in \mathbb{C}^{N_R \times 1}$ بردار

نویز سفید گاوسی در UE است و در نهایت \mathcal{Y} اطلاعات دریافتی می باشد.

2.1. روش پیشنهادی

علامت گذاری کانال موثر $h_{eff} = w^H H f s$ ، (5) را می توان به صورت زیر نوشت

$$y = \sqrt{\gamma} h_{eff} + \hat{n} \quad (6)$$

که در آن \hat{n} معادل نویز می باشد و $|h_{eff}|^2$ موثر را می توان به عنوان گین بیم فرمینگ در نظر گرفت.

از لحاظ تئوری، تجزیه مقادیر منفرد SVD، بهترین بردارهای بیم فرمینگ فرستنده و گیرنده، به ترتیب توسط بردارهای منفرد

راست و چپ ماتریس کانال H ارائه می شوند [23]. به طور خاص، بگذارید SVD کانال $H = U \Lambda V^H$ باشد و مقادیر

منفرد به صورت نزولی مرتب شده باشند.

در روش آموزش بیم فرم، BS و UE به طور مشترک بردارهای مناسب f و w را برای دستیابی به گین مطلوب بیم فرمینگ می تواند

به صورت فرموله شود

$$\{f^*, w^*\} = \operatorname{argmin}_V (\|w^H U \Lambda V^H f\|_2^2) \quad (7)$$

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

از لحاظ تئوری، تجزیه مقدرهای منفرد سپس بهترین بردارهای بیم فرم $f^* = V(:, 1)$ و $w^* = U(:, 1)$ می باشند. با این حال، تخمین کامل کانال، یعنی ماتریس کانال H ، به اطلاعات پایلوت بالا نیاز دارد. بنابراین، در طرح های موجود، برآورد کانال فقط برای کانال موثر پس از شکل دهی انجام می شود. از این رو آموزش پرتو مبتنی بر کتاب کد برای تسهیل کاربرد عملی شکل باریکه قبل از برآورد کانال معرفی شده است. به طور دقیق تر، f و w از مجموعه دیتا بیس های از پیش تعریف شده استفاده می گردد. از آنجا که کتاب کد گسسته تبدیل فوریه DFT پرکاربردترین دیتابیس است، بنابراین در این مقاله کد DFT را به عنوان دیتا بیس در نظر می گیریم. در استاندارد DFT بدون نمونه برداری بیش از حد، تعداد بردارهای متعامد برابر با تعداد آنتن هایی که کل فضای زاویه ای را پوشش می دهد، برابر است. کتاب کد DFT را می توان به صورت زیر بیان کرد.

$$F = \left\{ a(N_T, \theta_k^T) \middle| \cos \theta_k^T = \frac{2k - 1 - N_T}{N_T}, k = 1, 2, \dots, N_T \right\} \quad (8)$$

$$W = \left\{ a(N_R, \theta_k^R) \middle| \cos \theta_k^R = \frac{2k - 1 - N_R}{N_R}, k = 1, 2, \dots, N_R \right\} \quad (9)$$

فلوچارت 3 طرح پیشنهادی با استفاده از بازخورد چندگانه را استخراج می کند. به طور کلی، BS به آنتن های آرایه ای مجهز است که برای انتخاب بیم لازم است. در طرح جستجوی جامع BS، آموزش پرتو در سمت BS برای $|w|$ بار تکرار می شود و در هر زمان BS بیم متفاوت برای دریافت استفاده می کند. در طرح جستجوی تعاملی، BS ابتدا فقط یک آنتن را فعال می کند تا آموزش پرتوی جانبی BS را انجام دهد، و سپس BS پرتو بهینه را اصلاح می کند و آموزش پرتو کناری UE را انجام می دهد، که این بدان معنی است که می توان هنگام تمرکز بر آموزش پرتوی سمت BS، پرتو فرعی UE را ثابت دانست، مشکل بهینه سازی آموزش پرتو را حل نمود.

3.1 نتایج

در این بخش روشهای پیشنهادی تخمین کانال جهت بررسی رفتار الگوریتم پیشنهادی در مراحل مختلف ارزیابی می شود. در این مثال، ما یک زیرساخت متوالی برای تبادل اطلاعات بین همکاری دو ایستگاه پایه و موبایل فرض کرده ایم. برای ساده تر کردن بحث، $N_t = 32$ و $N_r = 4$ را در نظر می گیریم که تعداد آنتن های BS برابر است. از این رو، ما ساختار ULA برای هر دو طرف

گیرنده و فرستنده قرار می دهیم. در آنالیز شبیه سازی، آنتن ها به طور مساوی با $d = \frac{\lambda}{2}$ قرار گرفته اند. زوایای ورود و عزیمت به طور یکنواخت در فاصله $[-\pi, \pi]$ در حال حاضر مسیرهای رندم توزیع می شوند با استفاده از [6] تولید می شوند. کانال انتخاب شده از مدل استاندارد [6] در شبیه سازیها استخراج می شود.

تکنیک های پیشنهادی با میانگین خطای مربع MSE با واحد dB در برای تعداد مراحل ارزیابی می شوند

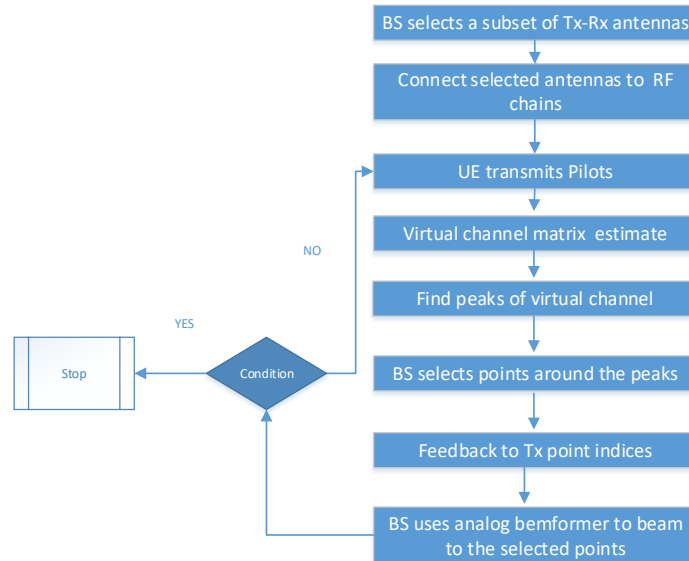
$$MSE = \mathbb{E}(10 \log_{10} |F\hat{V} - H|) \quad (10)$$

شکل 4 مراحل MSE در مقابل تعداد مراحل در 20 dB سیگنال به نویز نشان می دهد. با افزایش تعداد مرحله، عملکرد MSE بهبود می یابد.

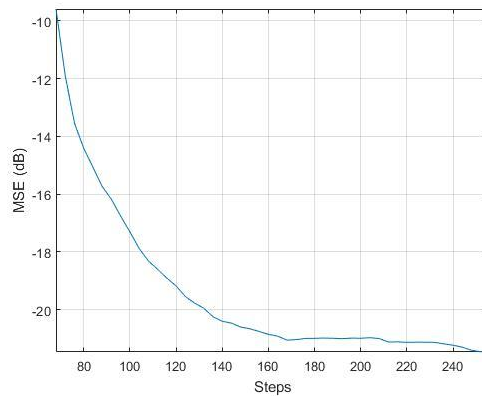
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل 3- فلوچارت الگوریتم پیشنهادی



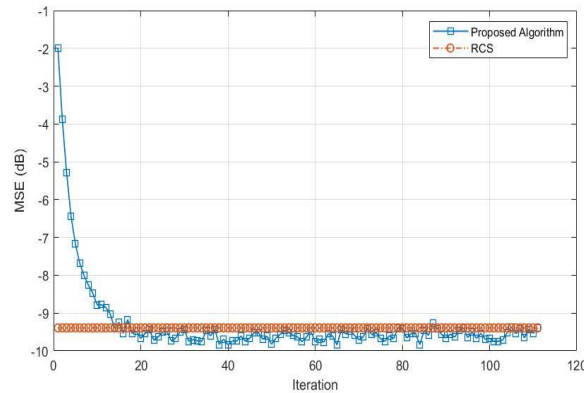
شکل 4 - MSE در مقابل تعداد مراحل (مرحله = 6) وقتی اندازه fft دو برابر آنتن باشد.

شکل 5 نمایش عملکرد الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با بهترین الگوریتم پیشنهادی در مقاله [4, 6] می باشد شکل فوق نشان می دهد که الگوریتم در 16 مرحله به نتیجه RCS می رسد این نشان میدهد مدل پیشنهادی 16 زنجیره RF و مبدل دیجیتال به آنالوگ نیاز دارد که نسبت به RCS که نیاز به 116 RF نیاز دارد خیلی ارزان تر و با پیچیدگی کمتر خواهد بود.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل 5- MSE در مقابل تعداد مراحل با استفاده از روش پیشنهادی و روش RCS مقاله [4] باشد.

2. جداول و شکلها

در این یک روش با پیچیدگی کمتر برای سیستم‌های مخابراتی نسل 5 و فرکانس بالا ارائه گردید. روش پیشنهادی از روش دیجیتال و آنالوگ ترکیبی در فرستنده و گیرنده استفاده می‌کند و نسبت به روش‌های موجود در منابع ارزان‌تر و سریعتر ولی با همان دقت می‌باشد. بنابراین نتایج نشان داده شده برای روی کانال استاندارد گروه 3GPP نشان می‌دهد که روش انتخابی از عملکرد قابل قبولی برخوردار است.

منابع

- [1] Patent US20130272263A1 Hierarchical channel sounding and channel state information feedback in massive mimo systems (2013).
- [2] Patent US20130028341A1 Combining baseband processing and radio frequency beam steering in wireless communication systems (2013).
- [3] US20100214169A1 Beamforming training for functionally-limited apparatuses (2010).
- [4] Soleimani, H., De Donno, D., & Tomasin, S. mm-Wave channel estimation with accelerated gradient descent algorithms. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018(1), 272. (2018).
- [5] A. F. Molisch, V. V. Ratnam, S. Han, Z. Li, S. L. H. Nguyen, L. Li, and K. Haneda, "Hybrid beamforming for massive MIMO: A survey," IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 9, pp. 134–141, 2017.
- [6] Technical report, 5G; study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (3GPP TR 38.901 version 14.3.0 release 14) (2018)
- [7] Soleimani, H., De Prada, H. D., & Tomasin, S. Fast Initial Access for mm-Wave 5G Systems with Hybrid Beamforming Using On-line Statistics Learning. IEEE Communications Magazine, 2018(1), 272. (2019).