Vol. 2, No. 5, Apr-Jun 2024, (13-23)

Journal of Applied Research in Electrical, Computer and Energy Systems (JARECE)

نشریه تحقیقات کاربردی در برق ، کامپیوتر و سیستم های انرژی

دوره ۲، شماره ۵، بهار ۱۴۰۳ (۲۳-۱۳)

journal homepage: https://jarece.ir/

استفاده از ماهواره‌های با توان عبوردهی بالا (High-Throughput Satellites – HTS) در ارتباطات ماهواره‌ای پخش مستقیم (Direct Broadcast Satellite – DBS) به منظور افزایش ظرفیت انتقال داده و بهبود کیفیت ویدئو، به ویژه برای محتوای با وضوح بالا مانند K 4 وK8

مهران حسین زاده دیزج[1] ، شاهد چهردوست شیشوان[2]

[1] دکتری برق-الکترونیک،دانشگاه آزاد تهران مرکز، meh.hosseinzadehdizaj@iauctb.ac.ir

[2] دکتری برق-الکترونیک،دانشگاه آزاد تهران مرکز،sh.chehrdoust@iau.ir

چکیده

ماهواره‌های با توان عبوردهی بالا (HTS) با افزایش ظرفیت انتقال داده و بهبود کیفیت ویدئو، به‌ویژه برای محتوای با وضوح بالا مانند K 4 وK8، نقش کلیدی در ارتباطات ماهواره‌ای دارند. این ماهواره‌ها با بهره‌گیری از فناوری‌هایی نظیر پرتوی نقطه‌ای و باندهای فرکانسی بالاتر(باند Ka و V)از طیف موجود به صورت بهینه‌تری استفاده می‌کنند. افزایش ظرفیت انتقال داده به پخش‌کنندگان امکان ارسال داده‌های بیشتر با سرعت بالاتر را می‌دهد، که این امر به بهبود شفافیت و کیفیت تصاویر و افزایش پایداری خدمات منجر می‌شود. به‌ویژه در مناطق پرجمعیت یا مناطقی با تقاضای بالا، این بهبود اهمیت ویژه‌ای دارد. استفاده از HTS می‌تواند کیفیت ویدئو را تا 25 تا 30 درصد بهبود دهد، که نشان‌دهنده اهمیت این فناوری در بهینه‌سازی پهنای باند و ارتقای کلی خدمات در ارتباطات ماهواره‌ای است.

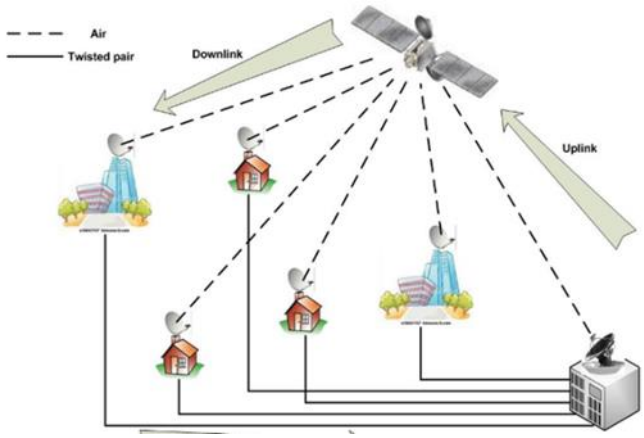
واژه‌های کلیدی: HTS, DBSماهواره،رزولوشن بالا

.

1. مقدمه

سامانه ماهواره‌ای پخش مستقیم (DBS) یک سیستم ارتباط ماهواره‌ای است که برای انتقال سیگنال‌های تلویزیونی و رادیویی مستقیماً به خانه‌های مشترکین طراحی شده است. این سیستم از طریق ارسال امواج رادیویی با فرکانس بالا از یک ماهواره در مدار زمین‌ثابت به آنتن‌های کوچک بشقاب‌مانندی که در محل مشترکین نصب شده‌اند، عمل می‌کند. این سیگنال‌ها سپس توسط یک جعبه مبدل به محتوای صوتی و تصویری تبدیل می‌شوند که به تلویزیون متصل است. استفاده از ماهواره‌های زمین‌ثابت به DBS امکان می‌دهد پوشش مداومی را در یک منطقه وسیع فراهم کرده و به پخش‌کنندگان این امکان را بدهد تا مجموعه گسترده‌ای از برنامه‌ها، از جمله تلویزیون با وضوح بالا (HDTV) و خدمات درخواستی را به تعداد زیادی از بینندگان به‌طور هم‌زمان ارائه دهند. فناوری پشت DBS پیچیده است و از باندهای فرکانس بالا مانند باند Ku و باند Ka استفاده می‌کند که نرخ انتقال داده بالایی دارند و کمتر در معرض تداخل سیگنال‌های زمینی قرارمی‌گیرند[1].

سیستم‌های DBS چندین مزیت دارند، از جمله قابلیت دسترسی به مناطق دورافتاده‌ای که ممکن است زیرساخت‌های پخش کابلی یا زمینی در آنها وجود نداشته باشد، که آن را به ابزاری اساسی برای اطمینان از دسترسی گسترده به خدمات تلویزیونی تبدیل می‌کند. علاوه بر این، پیشرفت‌های فناوری درDBS ، مانند توسعه ماهواره‌های با ظرفیت بالا(HTS) ، ظرفیت آن را بیشتر بهبود بخشیده و امکان پخش محتوای بسیار با وضوح بالا مانند 4 Kو 8 Kرا فراهم کرده است. با این حال، DBSبدون چالش نیز نیست. کیفیت خدمات ممکن است تحت تأثیر شرایط جوی، مانند بارش شدید باران، که می‌تواند باعث تضعیف سیگنال شود (پدیده‌ای که به "تضعیف باران" معروف است) قرار گیرد. علیرغم این چالش‌ها، DBSهمچنان یک بخش حیاتی از اکوسیستم جهانی پخش است و به میلیون‌ها خانوار دسترسی به مجموعه متنوعی از برنامه‌های تلویزیونی را ارائه می‌دهد [2].

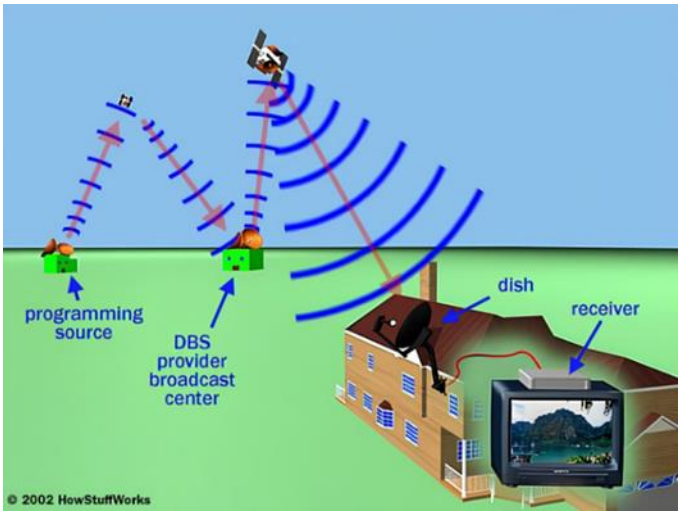


شکل DBS:1

ماهواره پخش مستقیم (DBS) یک فناوری است که برای انتقال سیگنال‌های تلویزیونی و رادیویی مستقیماً به خانه‌های مصرف‌کنندگان از طریق ماهواره‌ها استفاده می‌شود. این سیستم با بهره‌گیری از ماهواره‌های زمین‌ثابت عمل می‌کند؛ ماهواره‌هایی که در ارتفاع حدود ۳۶،۰۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارند. این ماهواره‌ها بر فراز خط استوا مستقر شده و همزمان با چرخش زمین به دور آن می‌چرخند، به‌طوری‌که موقعیت ثابتی نسبت به یک منطقه جغرافیایی خاص حفظ می‌کنند. این موقعیت ثابت به ماهواره‌ها اجازه می‌دهد تا پوشش مداومی بر مناطق وسیع ارائه دهند، که برای ارائه مطمئن خدمات تلویزیونی و رادیویی ضروری است[3] .

2. نحوه کارکردDBS

1) **تولید محتوا و ارسال به بالا** :فرآیند با تولید محتوای تلویزیونی و رادیویی توسط پخش‌کنندگان آغاز می‌شود. این محتوا سپس با استفاده از استانداردهای فشرده‌سازی مختلف، مانند MPEG-4 یاH.265 ، فشرده و کدگذاری می‌شود تا حجم داده‌های لازم برای انتقال کاهش یابد. پس از آماده‌سازی محتوا، آن را به یک مرکز ارسال به بالا، که به آن ایستگاه زمینی نیز گفته می‌شود، ارسال می‌کنند. در اینجا، آنتن‌های بزرگ پارابولیک برای ارسال سیگنال‌ها به ماهواره استفاده می‌شوند. سیگنال‌ها به صورت امواج رادیویی با فرکانس بالا، معمولاً در باند Ku (۱۸-۱۲ گیگاهرتز) یا باند Ka (۴۰-۲۶٫۵ گیگاهرتز) ارسال می‌شوند که به دلیل توانایی حمل حجم بالای داده در فواصل طولانی، برای پخش مناسب هستند.[4]
2) **انتقال ماهواره‌ای** :پس از دریافت سیگنال‌های ارسالی، ماهواره آنها را با استفاده از ترانسپوندرهای onboard تقویت می‌کند. این ترانسپوندرها دستگاه‌های الکترونیکی هستند که سیگنال‌ها را دریافت، تقویت و دوباره به زمین ارسال می‌کنند. ترانسپوندرهای ماهواره به گونه‌ای تنظیم شده‌اند که در باندهای فرکانسی خاصی عمل کنند، تا اطمینان حاصل شود که سیگنال‌های ارسالی با یکدیگر تداخل ندارند. سپس ماهواره این سیگنال‌های تقویت شده را به سمت زمین هدایت می‌کند، جایی که توسط دیش‌های ماهواره‌ای مشترکین دریافت می‌شوند.[5]
3) **دریافت و پایین‌آوری سیگنال** :دیش‌های ماهواره‌ای، که معمولاً بین ۴۵ سانتی‌متر تا ۱ متر قطر دارند، در محل مشترکین نصب می‌شوند. این دیش‌ها به‌طور دقیق به سمت ماهواره تنظیم شده‌اند تا سیگنال‌های پایین‌آمده را دریافت کنند. شکل دیش به تمرکز سیگنال‌های ضعیف بر روی یک مولفه الکترونیکی به نام مبدل پایین‌برنده نویز کم (LNB) کمک می‌کند که در نقطه کانونی دیش نصب شده است LNB .سیگنال‌های دریافتی را تقویت کرده و آنها را به باند فرکانسی پایین‌تر) معمولاً باندL ، ۹۵۰-۲۱۵۰ مگاهرتز (تبدیل می‌کند که پردازش آن برای دستگاه‌های الکترونیکی مصرفی آسان است.[6]
4) **کدگشایی و نمایش سیگنال** :سیگنال‌های تقویت‌شده و پایین‌آورده شده سپس از طریق یک کابل کواکسیال به یک جعبه ست‌تاپ (STB) در داخل خانه مشترک ارسال می‌شوند STB .سیگنال‌ها را با استفاده از کلیدهای رمزگشایی مناسب کدگشایی می‌کند، زیرا بسیاری از خدمات DBS بر اساس اشتراک و رمزگذاری شده‌اند تا از دسترسی غیرمجاز جلوگیری شود. سپس STB سیگنال‌های دیجیتال را به فرمت قابل نمایشی بر روی صفحه تلویزیون، مانندHDMI ، تبدیل می‌کند. علاوه بر این، STBممکن است ویژگی‌هایی مانند راهنمای برنامه الکترونیکی(EPG) ، ضبط ویدئویی دیجیتال (DVR) و خدمات تعاملی را بسته به ارائه‌دهنده خدمات ارائه دهد .[7]
5) **ملاحظات جوی** :یکی از چالش‌های فنی در DBS پدیده‌ای به نام "تضعیف باران" است که در آن بارش شدید می‌تواند سیگنال را تضعیف کرده و منجر به قطع موقت خدمات شود. این تضعیف به این دلیل اتفاق می‌افتد که سیگنال‌های با فرکانس بالا که توسط DBS استفاده می‌شوند، می‌توانند توسط قطرات آب در جو جذب شوند. برای کاهش این مشکل، سیستم‌های DBS با قدرت سیگنال اضافی (که به آن حاشیه لینک می‌گویند) طراحی شده‌اند تا در شرایط جوی نامساعد، خسارات احتمالی جبران شود. برخی سیستم‌ها همچنین تکنیک‌های اصلاح خطا را برای حفظ یکپارچگی سیگنال به کار می‌برند.[8]



شکل ۲: عملکردDBS

3. سیستم ماهواره‌های با ظرفیت بالا(HTS)

ماهواره‌های با ظرفیت بالا (HTS) نمایانگر پیشرفتی چشمگیر در فناوری ماهواره‌ای هستند که برای ارائه نرخ‌های انتقال داده بسیار بالاتر نسبت به ماهواره‌های سنتی طراحی شده‌اند HTS .با استفاده از چندین پرتو نقطه‌ای به جای یک پرتو وسیع برای پوشش سطح زمین به این هدف دست می‌یابند. این رویکرد امکان استفاده مجدد از فرکانس‌ها در پرتوهای مختلف را فراهم می‌آورد و به‌طور قابل‌توجهی ظرفیت کلی ماهواره را افزایش می‌دهد.[9]

4.نحوه کارکردHTS

- **پرتوهای نقطه‌ای** :بر خلاف ماهواره‌های سنتی که از پرتوهای وسیع برای پوشش مناطق بزرگ استفاده می‌کنند، HTSاز پرتوهای نقطه‌ای متعدد استفاده می‌کنند که باریک‌تر و متمرکزتر هستند. هر پرتو نقطه‌ای یک منطقه جغرافیایی کوچکتر را پوشش می‌دهد و به ماهواره این امکان را می‌دهد که از همان طیف فرکانسی چندین بار در مناطق مختلف استفاده کند. این استفاده مجدد از فرکانس‌ها، عاملی کلیدی در افزایش ظرفیت HTS است.[10]
- **باندهای فرکانسی** HTS :معمولاً در باند Ka (۲۶٫۵–۴۰ گیگاهرتز) و گاهی در باند Ku (۱۲–۱۸ گیگاهرتز) عمل می‌کنند که پهنای باند بیشتری نسبت به باند C (۴–۸ گیگاهرتز) که توسط ماهواره‌های سنتی استفاده می‌شود، فراهم می‌کند. باند Ka به‌ویژه از نرخ داده بالاتری پشتیبانی می‌کند و آن را برای ارائه خدمات پهن باند ایده‌آل می‌سازد.[11]
- **طراحی بار مفید** :بار مفید یک HTS به گونه‌ای طراحی شده است که بتواند حجم بسیار بیشتری از داده‌ها را مدیریت کند. این بار شامل ترانسپوندرها و پردازنده‌های پیشرفته‌ای است که می‌توانند نرخ بالای داده را به‌طور مؤثری مدیریت کنند. این طراحی به HTS این امکان را می‌دهد که برنامه‌های داده‌محور مانند اینترنت پرسرعت، پخش ویدیو و انتقال داده‌های کلان را پشتیبانی کند.[12]
- **بخش زمینی** :بخش زمینی یک سیستم HTS شامل ترمینال‌های کاربری و ایستگاه‌های دروازه است. ترمینال‌های کاربری معمولاً کوچک‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر هستند به دلیل طبیعت متمرکز پرتوهای نقطه‌ای. ایستگاه‌های دروازه

ارتباط برگشتی به اینترنت یا سایر شبکه‌های زمینی را مدیریت کرده و داده‌ها را از ترمینال‌های کاربری از طریق ماهواره به شبکه جهانی هدایت می‌کنند.[13]

5. کاربردهایHTS

- **خدمات اینترنت پرسرعت** HTS :به‌طور گسترده‌ای برای ارائه دسترسی به اینترنت پرسرعت در مناطق دورافتاده یا underserved که زیرساخت‌های زمینی در آنها وجود ندارد، استفاده می‌شود. ظرفیت بالای HTS به ارائه‌دهندگان خدمات این امکان را می‌دهد که اینترنت پهن‌باند را به مصرف‌کنندگان، کسب‌وکارها و سازمان‌های دولتی در مناطق روستایی و ایزوله ارائه دهند.
- **اتصالات در پرواز** :یکی از کاربردهای برجستهHTS ، ارائه اتصالات اینترنتی در پروازهای تجاری است. خطوط هوایی از HTS برای ارائه دسترسی به اینترنت پرسرعت به مسافران در طول پرواز استفاده می‌کنند که تجربه سفر را بهبود بخشیده و امکان اتصال مداوم در ارتفاعات بالا را فراهم می‌آورد.
- **ارتباطات دریایی** :فناوری HTS همچنین برای ارتباطات دریایی حیاتی است و به کشتی‌ها و سکوهای فراساحلی این امکان را می‌دهد که در حین دریا، اتصالات اینترنت پرسرعت را حفظ کنند. این اتصال برای ناوبری، ایمنی، رفاه خدمه و کارایی عملیاتی در صنعت دریایی ضروری است.
- **شبکه‌های سازمانی** :کسب‌وکارهایی که دارای مکان‌های توزیع‌شده هستند، اغلب به HTS برای اتصال دفاتر دورافتاده خود وابسته‌اند، به‌ویژه در مناطقی که اتصالات زمینی نامعتبر یا غیرقابل‌دسترس هستند HTS .یک لینک پایدار و با ظرفیت بالا برای ارتباطات داده، صدا و ویدئو فراهم می‌کند که از عملیات حیاتی کسب‌وکار پشتیبانی می‌کند.
- **بازیابی پس از بحران و ارتباطات اضطراری** :در صورت بروز بلایای طبیعی یا سایر بحران‌ها که در آن شبکه‌های زمینی ممکن است آسیب دیده یا تحت فشار قرار گیرند، HTSمی‌تواند ارتباطات حیاتی را فراهم کند. ظرفیت و قابلیت اطمینان بالای HTS آنها را برای هماهنگی تلاش‌های امدادی، بازگرداندن شبکه‌های ارتباطی و اطمینان از جریان اطلاعات حیاتی در طول بحران‌ها بسیار ارزشمند می‌سازد.[14]

شکل ۳: یک سیستمHTS

ماهواره‌های با ظرفیت بالا (HTS) یک جهش تحول‌آفرین در فناوری ارتباطات ماهواره‌ای را نمایان می‌کنند و نرخ‌ها و ظرفیت‌های انتقال داده‌ای بی‌نظیر را ممکن می‌سازند. با استفاده از پرتوهای نقطه‌ای، باندهای فرکانسی پیشرفته و طراحی‌های پیچیده بار مفید، HTSقادرند خدمات اینترنت پرسرعت و سایر خدمات داده‌ای را در طیف وسیعی از کاربردها ارائه دهند. از کاهش شکاف دیجیتال در مناطق دورافتاده گرفته تا تقویت اتصال در پرواز و دریایی، HTSنقش حیاتی در زیرساخت‌های ارتباطی مدرن ایفا می‌کنند.

6. استفاده از ماهواره‌های با ظرفیت بالا (HTS) در ارتباطات ماهواره‌ای پخش مستقیم(DBS)

سیستم‌های ماهواره‌ای پخش مستقیم (DBS) برای انتقال سیگنال‌های تلویزیونی و رادیویی مستقیماً به خانه‌های مصرف‌کنندگان استفاده می‌شوند. سیستم‌های سنتی DBS با استفاده از ماهواره‌های زمین‌ثابت که سیگنال‌ها را در یک منطقه وسیع با پرتوهای عریض پخش می‌کنند، عمل می‌کنند. اما با ظهور ماهواره‌های با ظرفیت بالا(HTS) ، کارایی و ظرفیت سیستم‌های DBS به طور قابل توجهی قابل بهبود است. فناوری HTS از پرتوهای نقطه‌ای، استفاده مجدد از فرکانس‌ها و باندهای فرکانسی بالاتر بهره می‌برد که در مجموع می‌تواند حجم داده‌های منتقل‌شده را افزایش داده و کیفیت محتوای پخش‌شده را بهبود بخشد.[15]

7. پیاده‌سازی HTS در ارتباطاتDBS

1. **استفاده از پرتوهای نقطه‌ای:**
   - **سیستم‌های سنتی :DBS** در DBS سنتی، ماهواره از پرتوهای وسیع برای پوشش مناطق جغرافیایی بزرگ استفاده می‌کند. این رویکرد منجر به محدودیت در کل پهنای باند موجود می‌شود زیرا هر پرتو باید یک منطقه وسیع را پوشش دهد و امکان استفاده مجدد از فرکانس‌ها را کاهش می‌دهد.
   - **DBSبهبود یافته با HTS:** HTS از پرتوهای نقطه‌ای باریک متعدد استفاده می‌کند که هر کدام یک منطقه کوچکتر را پوشش می‌دهند. این کار امکان استفاده مجدد از فرکانس‌ها را در مناطق مختلف فراهم می‌آورد و ظرفیت و پهنای باند کلی سیستم را افزایش می‌دهد. هر پرتو نقطه‌ای می‌تواند به نیازهای خاص منطقه تحت پوشش خود سازگار شود و کیفیت خدمات را بهبود بخشد.[16]
2. **استفاده مجدد از فرکانس و کارایی پهنای باند:**
   - **DBSسنتی :**استفاده محدود از فرکانس‌ها به دلیل پوشش وسیع پرتوها، منجر به پهنای باند محدود و در نتیجه احتمال ازدحام و کاهش کیفیت انتقال‌ها، به‌ویژه در مناطق با تقاضای بالا می‌شود.
   - **DBSبهبود یافته با HTS:** استفاده از پرتوهای نقطه‌ای در HTS این امکان را می‌دهد که همان طیف فرکانسی در پرتوهای غیرهمجوار دوباره استفاده شود. این موضوع به طور چشمگیری پهنای باند موجود را افزایش می‌دهد و امکان انتقال محتوای با وضوح بالاتر، مانند ویدیوهای ۴ Kو K۸، و افزایش تعداد کانال‌هایی که می‌توان به‌طور همزمان پخش کرد را فراهم می‌آورد.[17]
3. **باندهای فرکانسی بالاتر:**
   - **DBSسنتی :**معمولاً در باند Ku (۱۸-۱۲ گیگاهرتز) عمل می‌کند که پهنای باند متوسطی ارائه می‌دهد و به طور گسترده‌ای برای خدمات پخش استفاده می‌شود.
   - **DBSبهبود یافته با HTS:** می‌تواند در باندهای فرکانسی بالاتر مانند باند Ka (۴۰-۲۶,۵ گیگاهرتز) عمل کند. باند Ka نرخ داده بسیار بالاتری را فراهم می‌آورد که می‌تواند کیفیت خدمات را با امکان انتقال حجم بالای داده به‌طور مؤثر بهبود بخشد.[17]
4. **بهبودهای بخش زمینی:**

- **DBSسنتی** :از دیش‌های ماهواره‌ای استاندارد و جعبه‌های ست‌تاپ طراحی شده برای دریافت سیگنال‌های وسیع استفاده می‌کند.
- **DBSبهبود یافته با :HTS** ممکن است به تجهیزات زمینی به‌روز شده، مانند دریافت‌کننده‌های حساس‌تر و دیش‌های ماهواره‌ای کوچک‌تر و دقیق‌تر نیاز داشته باشد. این بهبودها در بخش زمینی می‌تواند هزینه‌ها را کاهش داده و کیفیت سیگنال را با تمرکز بر پرتو نقطه‌ای خاصی که محل مشترک را پوشش می‌دهد، بهبود بخشد.[18]

8. محاسبه تأثیر HTS بر ارتباطاتDBS

برای درک تأثیر HTS بر سیستم‌هایDBS ، می‌توانیم به محاسبه بهبودهای مورد انتظار در میزان داده و ظرفیت بپردازیم. بیایید به پارامترهای زیر توجه کنیم:

- **سیستم DBS سنتی:**
  - پهنای باند: ۱ گیگاهرتز
  - تعداد پرتوها: ۱ (پرتو وسیع)
  - عامل استفاده مجدد از فرکانس: ۱
  - نرخ انتقال: ۱ گیگابیت در ثانیه
- **سیستم DBS بهبود یافته با:HTS**
  - پهنای باند: ۱ گیگاهرتز به ازای هر پرتو نقطه‌ای
  - تعداد پرتوها: ۲۰ (پرتوهای نقطه‌ای)
  - عامل استفاده مجدد از فرکانس: ۴ (به دلیل استفاده مجدد از فرکانس‌ها در پرتوهای نقطه‌ای)
  - نرخ انتقال: ۱ گیگابیت در ثانیه به ازای هر پرتو × ۲۰ پرتو × ۴ استفاده مجدد از فرکانس = ۸۰ گیگابیت در ثانیه

این محاسبات نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه HTS بر بهبود ظرفیت و کارایی سیستم‌های DBS است.

جدول ۱: جدول مقایسه پارامترهای استاندارد DBS و DBS با استفاده ازHTS

DBSبهبود یافته باHTS	DBSاستاندارد	پارامتر
۱ گیگاهرتز به ازای هر پرتو	۱ گیگاهرتز	پهنای باند
۲۰ (پرتوهای نقطه‌ای)	۱ (پرتو وسیع)	تعداد پرتوها
۴	۱	عامل استفاده مجدد از فرکانس
۸۰ گیگابیت در ثانیه	۱ گیگابیت در ثانیه	نرخ انتقال
بالا	متوسط	کیفیت سیگنال
متمرکز و قابل تنظیم	وسیع (اما محدود)	قابلیت پوشش
خدمات با وضوح بالا، اینترنت پرسرعت و غیره	خدمات تلویزیونی و رادیویی استاندارد	انواع خدمات

این جدول به‌خوبی تفاوت‌های کلیدی بین سیستم‌های DBS سنتی و سیستم‌های DBS بهبود یافته با HTS را نشان می‌دهد.

9. نکات کلیدی درباره تأثیر HTS در ارتباطاتDBS

- **افزایش نرخ انتقال** :جدول نشان می‌دهد که با استفاده از HTS در ارتباطاتDBS ، نرخ انتقال کل می‌تواند تا ۸۰ برابر نسبت به سیستم‌های سنتی DBS افزایش یابد. این افزایش قابل توجه در ظرفیت انتقال داده امکان پخش تعداد بیشتری از کانال‌ها، ویدیوهای با کیفیت بالاتر) شامل ۴ Kو ۸ (Kو بهبود قابلیت اطمینان خدمات را فراهم می‌آورد.[19]
- **کیفیت خدمات** :ظرفیت بهبود یافته‌ای که توسط HTS ارائه می‌شود، به ارائه‌دهندگان DBS این امکان را می‌دهد که خدمات به‌مراتب بهتری شامل تعداد بیشتری از کانال‌ها، پخش با وضوح بالاتر و احتمالاً هزینه‌های پایین‌تر برای هر کاربر به دلیل افزایش کارایی ارائه دهند [21].20][
- **قابلیت مقیاس‌پذیری** HTS :سیستم DBS را مقیاس‌پذیرتر می‌کند و به ارائه‌دهندگان خدمات این امکان را می‌دهد که به تقاضای رو به رشد پاسخ دهند بدون اینکه نیاز به سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در ماهواره‌های جدید داشته باشند [23].22]

10. نتیجه‌گیری

استقرار ماهواره‌های با ظرفیت بالا (HTS) در ارتباطات ماهواره‌ای پخش مستقیم (DBS) یک جهش تحول‌آفرین در فناوری پخش را نمایان می‌کند و ظرفیت داده و کیفیت خدمات را بهبود می‌بخشد. HTS با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند فناوری پرتو نقطه‌ای و استفاده مجدد از فرکانس، به‌طور قابل‌توجهی پهنای باند و نرخ انتقال را افزایش می‌دهد و این امکان را فراهم می‌آورد که تعداد بیشتری کانال و محتوای با وضوح بالاتر، از جمله ویدیوهای K۴ و K۸، ارائه شود. این پیشرفت فناوری نه‌تنها تجربه تماشاگران را با کیفیت تصویر بهتر و گزینه‌های برنامه‌ریزی بیشتر بهبود می‌بخشد، بلکه از طریق استفاده بهینه از پهنای باند، هزینه‌های عملیاتی را نیز کاهش می‌دهد. در نتیجه، HTS به سیستم‌های DBS این امکان را می‌دهد که به تقاضای روزافزون مصرف‌کنندگان برای محتوای با کیفیت بالا و پوشش خدمات گسترده پاسخ دهند و پخش ماهواره‌ای را به‌عنوان یک راه‌حل رقابتی و مقیاس‌پذیر در فضای رسانه دیجیتال معرفی می‌کند.

11. منابع و مراجع

[1] E. Makhoul Varona, “Adaptive Digital Beam-Forming for High-Resolution Wide-Swath Synthetic Aperture Radar,” 2009.
[2] D. Brunner, “Advanced methods for building information extraction from very high resolution SAR data to support emergency response,” 2009.
[3] M. H. Dizaj, “Innovative use of tandem solar cells (silicon perovskite) in satellites and spaceships to increase the efficiency and life of their electrical systems in space outside the atmosphere.,” 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Mehran-Hosseinzadeh-Dizaj/publication/378747628_Innovative_use_of_Tandem_solar_cells_Silicon-Perovskite_in_SATELLITES_and_SPACESHIPS_to_increase_the_efficiency_and_life_of_their_electrical_systems_in_space_outside_the_
[4] J. Lee, J. H. Kwon, and M. Yu, “Construction of Gravity Gradient Referenced Inertial Navigation System and its Performance Analysis,” in *Proceedings of the 27th International*

Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014), 2014, pp. 3249–3253.
[5] M. H. Dizaj, "Design and implementation of grid-connected photovoltaic power plant with the highest technical Efficiency," *arXiv Prepr. arXiv2308.08014*, 2023.
[6] K. Suzuki *et al.*, "HTS Millimeter wave mixer antenna-II," in *Advances in Superconductivity VIII: Proceedings of the 8th International Symposium on Superconductivity (ISS'95), October 30–November 2, 1995, Hamamatsu*, Springer, 1996, pp. 1155–1158.
[7] M. Gianinetto, "Updating large scale topographic databases in Italian urban areas with submeter QuickBird images," *Int. J. Navig. Obs.*, vol. 2008, pp. 1–9, 2008.
[8] S. Wüst and M. Bittner, "Non-linear resonant wave–wave interaction (triad): Case studies based on rocket data and first application to satellite data," *J. Atmos. solar-terrestrial Phys.*, vol. 68, no. 9, pp. 959–976, 2006.
[9] A. Pirkani, A. Stove, D. Kumar, M. Cherniakov, and M. Gashinova, "77 GHz FMCW Imaging Radar for Low Observable and Small Marine Target Detection in Dynamic Sea Conditions Based on Combined MIMO and DBS," *IEEE Trans. Radar Syst.*, 2024.
[10] C. Sivan, V. Rakesh, S. Abhilash, and K. Mohanakumar, "Evaluation of global reanalysis winds and high-resolution regional model outputs with the 205 MHz stratosphere–troposphere wind profiler radar observations," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 147, no. 737, pp. 2562–2579, 2021.
[11] S. Oxenford *et al.*, "Lead-OR: A multimodal platform for deep brain stimulation surgery," *Elife*, vol. 11, p. e72929, 2022.
[12] G. Kishore Kumar *et al.*, "Low-latitude mesospheric mean winds observed by Gadanki mesosphere-stratosphere-troposphere (MST) radar and comparison with rocket, High Resolution Doppler Imager (HRDI), and MF radar measurements and HWM93," *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 113, no. D19, 2008.
[13] M. Gianinetto, M. Scaioni, E. Borgogno Mondino, and F. Giulio Tonolo, "A sustainable approach for upgrading geographic databases based on high resolution satellite imagery," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, pp. 1131–1136, 2008.
[14] A. Laribi, M. Hahn, J. Dickmann, and C. Waldschmidt, "Vertical digital beamforming versus vertical Doppler Beam Sharpening," in *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, IEEE, 2017, pp. 1–6.
[15] S. Takeda, T. Nakamura, and T. Tsuda, "An improvement of wind velocity estimation from radar Doppler spectra in the upper mesosphere," in *Annales Geophysicae*, Copernicus Publications Göttingen, Germany, 2001, pp. 837–843.
[16] B. K. Dolman, I. M. Reid, and C. Tingwell, "Stratospheric tropospheric wind profiling radars in the Australian network," *Earth, Planets Sp.*, vol. 70, pp. 1–10, 2018.
[17] S. A. Cohn, C. L. Holloway, S. P. Oncley, R. J. Doviak, and R. J. Lataitis, "Validation of a UHF spaced antenna wind profiler for high-resolution boundary layer observations," *Radio Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 1279–1296, 1997.
[18] D. A. Holdsworth, A. J. Spargo, I. M. Reid, and C. L. Adami, "Space Domain Awareness Observations Using the Buckland Park VHF Radar," *Remote Sens.*, vol. 16, no. 7, p. 1252, 2024.
[19] E. Cianca *et al.*, "Softwarization and virtualization as enablers for future EHF/FSO high throughput satellites," in *2018 IEEE global communications conference (GLOBECOM)*, IEEE, 2018, pp. 1–6.
[20] S. J. Salamon, "Modelling Terrestrial Clear-Air Microwave Radio Fading." 2022.

[21] D. Sisodiya, Y. Bahuguna, A. Srivastava, and G. Kaur, “Green Microwave and Satellite Communication Systems,” in *Green Communication Technologies for Future Networks*, CRC Press, 2022, pp. 231–252.
[22] R. C. Jones, “Survey of Space Professionals’ Perception of Satellite Cybersecurity from 2012 to 2022: Decision-Makers’ Thoughts on Satellite Cybersecurity Evolving,” *New Sp.*, 2024.
[23] K. L. Jones and A. L. Allison, “THE GREAT CONVERGENCE AND THE FUTURE OF SATELLITE-ENABLED DIRECT-TO-DEVICE”.

The use of High-Throughput Satellites (HTS) in Direct Broadcast Satellite (DBS) communications aims to increase data transmission capacity and improve video quality, especially for high-resolution content such as 4K and 8K

Mehran Hosseinzadeh Dizaj1, Shahed Chehrdoust Shishvan,
PhD in Electrical and Electronic Engineering, meh.hosseinzadehdizaj@iauctb.ac.ir
PhD in Electrical and Electronic Engineering, sh.chehrdoust@iau.ir

Abstract—High-Throughput Satellites (HTS) play a key role in satellite communications by increasing data transmission capacity and improving video quality, especially for high-resolution content such as 4K and 8K. These satellites leverage technologies like spot beam and higher frequency bands (Ka and V bands) to utilize the available spectrum more efficiently. The increase in data transmission capacity allows broadcasters to send more data at higher speeds, leading to enhanced clarity and image quality, as well as improved service stability. This improvement is particularly significant in densely populated areas or regions with high demand. The use of HTS can enhance video quality by 25 to 30%, highlighting the importance of this technology in optimizing bandwidth and overall service enhancement in satellite communications.

Keywords: HTS, DBS, Satellite, high-resolution