آشنایی با VLBI و کاربرد آن

مهندس مجید مختارانی
کارشناس ارشد مهندسی نقشه‌برداری (سنجش از دور)

مقدمه

منجمین دائماً در جستجوی روشی برای بهترشدن تکنیک‌ها و روشهای مشاهده جهان هستی می‌باشند. یکی از راههای معمول، استفاده از تلسکوپهای بزرگتر و با کیفیت بهتر برای گرفتن تصاویر با وضوح و جزئیات بیشتر از آسمان می‌باشد. به هرحال آن آنتن‌ها از نظر فیزیکی دارای شکل و اندازه محدودی می‌باشند چراکه باید به صورت خیلی دقیق امتدادگذاری شوند و برای تلسکوپهای نوری، بخش اپتیک آن باید خیلی غیرقابل انعطاف و به طور دقیق شکل داده شده باشند. به هرحال منجمین کمتر دقت و مزیت این تلسکوپها را مورد انتقاد قرارداده‌اند.

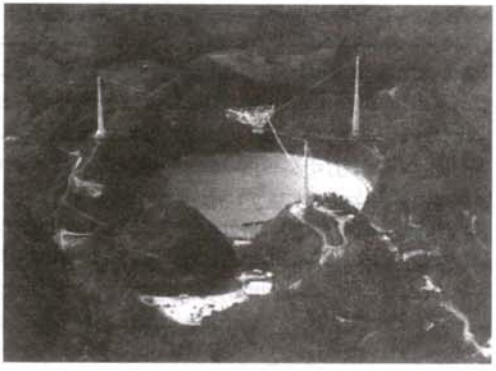
درحال حاضر بزرگترین تلسکوپهای جهان، آنتنهای رادیویی می‌باشند که جزئی‌ترین تصاویر از جهان با ترکیب سیگنالهای بدست آمده از تلسکوپهای رادیویی فراهم می‌گردند. این روش بنام (Very Long Baseline Interferometry) VLBI می‌باشد و می‌تواند از اجرام فضایی تصاویری با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ برابر بهتر از تلسکوپ فضایی هابل (Habble) تصویر تهیه نماید.

قدرت تفکیک

قدرت تفکیک در یک تلسکوپ عبارت است از اندازه‌گیری کوچکترین جزئیات که در یک تصویر می‌توان نمایش داد و عبارت است از حداقل تفکیکی که دونقطه در آسمان از یکدیگر دارند و به وسیله تلسکوپ می‌توانند قابل تشخیص و تفکیک باشند. قدرت تفکیک در آسمان به صورت زاویه‌ای اندازه‌گیری می‌شود.

قدرت تفکیک در یک تلسکوپ خاص به دوعامل بستگی دارد. ۱ – قطر تلسکوپ ۲ – طول موج نوری که تلسکوپ دریافت می‌کند.

از تلسکوپ با حداکثر قطر و کوتاهترین طول موج بهترین قدرت تفکیک بدست خواهدآمد. عامل دیگری که در قدرت تفکیک تصاویر مؤثرمی‌باشد، حرکت جو بالای تلسکوپ است که باعث کدرشدن تصویر می‌گردد. این عامل باعث کاهش قدرت تفکیک تصویر گردیده که می‌توانست به این کیفیت نباشد.



آنتن گیرنده رادیوتلسکوپ به قطر ۳۰۰ متر واقع دربروتوریکو

موقع طراحی آینه برای تلسکوپهای بزرگ نوری، دقت سطح تلسکوپ با طول موج نوری که مورداستفاده قرارمی‌گیرد رابطه مستقیم دارد. به طور مثال، برای تهیه تصویر با وضوح بسیاربالا در طیف مرئی، دقت صافی سطح

در آینه باید خیلی دقیق درحد چندین هزارم میلیمتر باشد. اما در اخترشناسی رادیویی طول موج درحد میلیمتر یا سانتیمتر بوده و دقت صاف بودن سطوح در آنتن‌های رادیویی خیلی مهم نمی‌باشد. بنابراین تلسکوپهای رادیویی می‌توانند خیلی بزرگتر از تلسکوپهای نوری ساخته شوند.

مزیت دیگر تلسکوپهای رادیویی این است که حرکات جو به طور خیلی چشمگیر در امواج رادیویی اثرنمی‌گذارند و مشکل کدرشدن تصویر تاحد زیادی منتفی می‌گردد.

با توجه به اینکه طول موجهای مورداستفاده خیلی بلندمی‌باشند این آنتنها می‌توانند تصاویر به عرض صدها کیلومتر تهیه کنند. به منظور دستیابی به قدرت تفکیک فراهم شده از تعدادزیادی آینه‌های کوچکتر که در محدوده طیف نوری کارمی‌کنند استفاده شده است. اگرچه تا به حال چنین نشده است، اخترشناسان رادیویی روشهای علمی درجهت بهبودبخشیدن حتمی در تولید تصویر با قدرت تفکیک خیلی زیاد و با استفاده از طول موجهای مرئی را ابداع نموده‌اند.

تداخل امواج Interferometry

این روش که به نام (Interferometry)(تداخل امواج) شناخته و نامگذاری شده است با استفاده از برقراری ارتباط بین چندین آنتن کوچک معادل یک آنتن بزرگ فعالیت و عمل می‌کند. برای اینکه بدانیم این فعالیتها چگونه انجام می‌گیرد لازم است که بدانیم یک سیگنال آنتن رادیویی چگونه عمل می‌کند. امواج رادیویی برخورد نموده به آنتن به فاصله کانونی آنتن بازتاب داده شده درجایی که سیگنالهای رادیویی به سیگنالهای الکتریکی تبدیل شده وعمل پردازش صورت می‌گیرد.

اگر هر بخش (قاچ) آنتن را به قسمت مجزا درنظربگیریم امواج تابیده شده به هر بخش از آنتن طی بازتاب در یک نقطه که همان کانون آنتن می‌باشد جمع می‌شوند درنتیجه سیگنال بدست آمده ترکیب سیگنال بازتاب شده از هر بخش آنتن می‌باشد. اگر ما فقط دوقسمت از آنتن را داشته باشیم می‌توانیم با حرکت دادن یک بخش از آنتن در اطراف قسمت دیگر آن و اضافه نمودن سیگنالهای ترکیب شده با یکدیگر به روش شبیه سازی شرایط یک آنتن بزرگتر را فراهم آوریم. حالا فرض کنیم که به جای استفاده از بخشهای مجزا یک سیگنال آنتن، ما از آنتن‌های مجزا استفاده کنیم و اگر این آنتن‌ها را در اطراف خود حرکت دهیم و تمام سیگنالهای دریافتی را با یکدیگر ترکیب نماییم در این صورت مثل این است که سیگنالهای یک آنتن بزرگ را دریافت نموده‌ایم.

بهرحال به جای جا به جاکردن هر آنتن ما می‌توانیم با مشاهده هر یک از اجرام در دفعات مختلف و میزان جهت آنتن‌ها که در هر بار مشاهده تعیین می‌شوند مقدار دوران زمین را تعیین کنیم این روش بنام(Earth Rotation Aperture Synthesis)(ترکیبات روزنه‌ای جهت دوران زمین) شناخته شده است.

سیگنالهای هر کدام از آنتنها تقویت شده و دریک جاجمع شده و پردازش می‌شوند که به این عمل (Correlation) می‌گویند اگر ما سیگنالهای دریافت شده در هر مرحله از وضعیت آنتنها را نمونه گیری کنیم می‌توانیم تصویری تولیدکنیم که در زمان دریافت تمام سیگنالها می‌توانستیم داشته باشیم.

نتایج بدست آمده درحال حاضر خوب نمی‌باشند. زیرا در آنتنهای ترکیب شده همواره مقداری گپ و فضای خالی وجوددارد. با این وجود قدرت تفکیک تصاویر همانند دیگر تلسکوپها، بستگی به اندازه آنتنهای ترکیب شده دارد. این اندازه معادل بزرگترین بخشهای جداشده، یا طول مبنای تمام آنتنهای مجزا شده از یکدیگر می‌باشد.

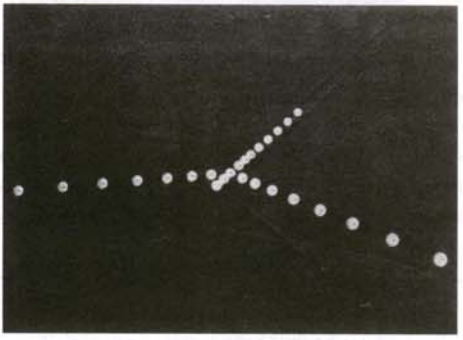
نگاره(۱): ترکیبات روزنه‌ای جهت دوران زمین
(Earth Rotation Aperture Synthesis)

در اولین گروه تعدادی از تلسکوپهای رادیویی در اروپا با مشاهده یکی از اجرام سماوی درفضامی‌باشند. همچنان که زمان به پیش می‌رود توجیه تلسکوپهای رادیویی درروی زمین تغییرمی‌کند اگرچه موقعیت حقیقی تلسکوپها برروی زمین تغییرنمی‌کند. سپس دیگر تلسکوپهاکه در مناطق دوردست‌تر و درامریکا قراردارند با ترکیب دیگر مشاهدات و ترکیب سیگنالهای حاصل شده از آنتنها همچنانکه توجیه نسبی آنتنها متغیرمی‌باشد باعث می‌شوند که تصویر این علائم در آسمان تولیدگردد. قدرت تفکیک تصاویر حاصله به همان خوبی می‌باشدکه از یک تلسکوپ تکی با قطری به اندازه بزرگترین نسبت مجزا از تلسکوپهای جداجدا شده بدست آید.

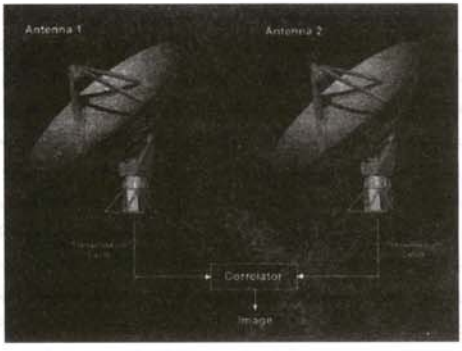
تهیه تصویر(Alastair Gunn): دانشگاه منچستر - رصدخانه (Jodrell Bank)

در یک تداخل کننده امواج مانند آنچه توضیح داده شد ما باید سیگنالهای بدست آمده از چندین تلسکوپ را در یک طراحی مخصوص کامپیوتری که بنام (Correlator) می‌باشد ترکیب نماییم. اگر تلسکوپها به مقدار کافی به یکدیگر نزدیک باشند مامی‌توانیم سیگنالها را درامتداد کابلها به سمت (Correlator) عبوردهیم و یا می‌توانیم آنها را درامتداد خطوط ارتباطات ماکروویوی انتقال دهیم. در امریکا یک ردیف خیلی زیادی از آنتن (VLA) در یک ردیف شامل ۲۷ عدد آنتن و به شکل (Y) وجوددارد به طوری که سیگنالهای آن از طریق کابل به سمت (Correlator) ارسال می‌گردد. حداکثر فاصله طول مبنایی از این ردیف زیاد از آنتنها ۳۶ کیلومتر می‌باشد.

در انگلستان سیستم(MERLIN) که بوسیله دانشگاه منچستر در رصدخانه(Jodrell Bank) مورد بهره برداری قراردارد شامل ۶ تا تلسکوپ سوراخ‌دار (به صورت توری) ایجادگردیده که در اطراف کشور قراردارد و حداکثر طول مبنای آن ۲۱۷ کیلومتر می‌باشد.



سیگنالهای دریافت شده در مجموعه(MERLIN)از طریق خطوط ماکروویو به سمت(Correlator) در منطقه(Jodrell Bank) انتقال داده می‌شوند. در این وضعیت از تلسکوپها، منجمین مجبور می‌باشند دریافت سیگنالهای باقیمانده مرتبط در هر تلسکوپ را تضمین نمایند و به این معنی است که از ترکیب سیگنالهای دریافت شده با دقت بالا و به طورهمزمان در هر تلسکوپ می‌باشد. به همین منظور ما نیاز داریم که به طور دقیق مقدار طول کابلها و خطوط ارتباطی را داشته باشیم و بدانیم این روش برای اندازه گیری طولهای کوتاه آسان می‌باشد اما برای اندازه گیری طولهای بلند درحد چند صدکیلومتر به شدت مشکل و غیرعملی می‌شود.



نگاره(۲): یک عنصر(المان) متصل کننده تداخل امواج رادیویی

در این نوع از تداخل امواج کننده‌ها، سیگنالهای حاصله از تلسکوپهای مجزا به طور همزمان و یا تقریباً همزمان به یکدیگر وابسته می‌شوند.

سیگنالها از طریق کابلهای انتقال یا لینک‌های ارتباطی فوق ماکروویو به کوردلیتورها انتقال داده می‌شوند. برای طولهای بلندتر از چندصدکیلومتر اندازه گیری خط سیرلینک‌های ارتباطی یا کابلها بسیارمشکل می‌باشد و اخترشناسان باید از روش (VLBI) استفاده نمایند.

تهیه تصویر(Alastair Gunn): دانشگاه منچستر- رصدخانه(Jodrell Bank)

VLBI

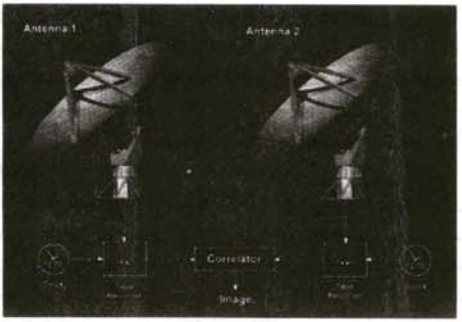
بهرحال منجمین روش تداخل امواج را برای اندازه گیری طولهای چندین هزارکیلومتری گسترش و توسعه داده‌اند این راه حل بسیارساده اما متبحرانه‌ای می‌باشد. به منظور ترکیب سیگنالهای دریافت شده از هر آنتن ما احتیاج داریم که بدانیم این سیگنالها چه زمانی به تلسکوپ خواهندرسید به جای انجام عمل همبستگی (Correlation) ما می‌توانیم همزمان با دریافت سیگنال از هر آنتن به طور دقیق زمان را اندازه گیری نموده و این اطلاعات را روی نوار مغناطیسی ثبت نماییم.

اگر ساعتهای هر آنتن بسیاردقیق باشند می‌توانیم آنها را با هم ترکیب نموده و در دریافتهای بعدی زمانهای ورودی را ثبت و مرتب کنیم. این روش به نام اندازه گیری طولهای مبنایی خیلی بلند با استفاده از تداخل امواج یا به طور اختصار (VLBI) نامیده می‌شود این روش اساساً در دهه ۱۹۶۰ در امریکا توسعه و رونق پیداکرد که دراین زمینه انگلیسی‌ها به آنها کمک کردند.

دردهه ۱۹۷۰ استرالیا و بعد آلمان از این روش استفاده کردند این روش به تلسکوپهای مستقلی که تماماً برروی کره زمین قراردارند احتیاج دارد و تاکنون چندین شبکه از این نوع تلسکوپها درسراسر جهان ایجاد گردیده است. در امریکا خط مسیر(VLBI) از هاوایی تا جزایر ویرجین گسترش یافته است. در اروپا شبکه اروپایی (VLBI) به نام (ENV) مشتمل بر تلسکوپهایی در آلمان- هلند- لهستان- ایتالیا و اسپانیا می‌باشد و درانگلستان و منطقه(Jodrell-Bank) این کشور در شبکه مشاهدات (VLBI) اروپایی و با استقرار تلسکوپی مشارکت پیداکرده است.

از نظر تکنیکی (VLBI) روش بسیار مشکلی است هر یک از تلسکوپها باید به طور مجزا و به طور همزمان در یک طول موج باید اجرام مشخص آسمانی را مشاهده نمایند. سیگنالهای هر کدام از تلسکوپها برروی یک نوار مغناطیسی که طول آن بیشتر از ۵کیلومتر می‌باشد و شبیه نوارهایی است که برای ثبت برنامه‌های تلویزیونی با کیفیت بسیاربالا به کار برده می‌شود همزمان با ثبت سیگنالهای رادیویی، زمان دقیق دریافت برروی نوار مغناطیسی ثبت می‌شود سپس سیگنالهای دریافتی با زمانهایی که به طور بسیاردقیق اندازه گیری می‌شوند ترکیب و همبسته می‌گردند.

در اکثر مشاهدات(VLBI) از ساعتهای اتمی که با ملکول و اتم هیدروژن کار می‌کنند استفاده شده است که دقت اندازه گیری در آنها درحد چندمیلیونیم در یک ثانیه می‌باشد. زمانی که مشاهدات کامل شوند هر رصدخانه نوار اطلاعات را به مرکز جمع‌آوری اطلاعات ارسال می‌نماید. در آنجا تمام سیگنالهای دریافتی هماهنگ، ترکیب و پردازش شده نهایتاً تصاویر اجرام سماوی موردنظر با قدرت تفکیک بسیار بالا آشکارمی‌گردند.



نگاره(۳): یک تداخل کننده امواج(VLBI)

به جای انتقال مستقیم سیگنالهای تلسکوپ به کورلیتور، روش (VLBI) اطلاعات و زمان دقیق که از ساعت اتمی گرفته شده بر روی نوار مغناطیسی راثبت می‌کند. نوارمغناطیسی به مرکز اصلی پردازش ارسال شده و در آنجا دوباره بازبینی و زمان سیگنالهابا هم هماهنگ شده وهمه آنهاباهم ترکیب می‌شوند. تهیه تصویر (Alastair Gunn): دانشگاه منچستر - رصدخانه (Jodrell Bank)

تلسکوپهای نوری برپایه و مبنای زمینی همانند تلسکوپ ویلیام هرشل در منطقه لاپالما می‌تواند قدرت تفکیکی حدود ۱/۳۶۰۰ درجه (یک ثانیه) را اندازه گیری کند. زاویه قطر خورشید از روی زمین حدود ۱۸۰۰ ثانیه می‌باشد و با توجه به اینکه تلسکوپ فضایی هابل در بالای جو(اتمسفر) که کمی‌کدر می‌باشد قراردارد می‌تواند قدرت تفکیکی بهتر از ۵۰ میلیونیم ثانیه(یعنی ۰/۰۰۱ ثانیه) را تعیین و مشخص کند.

حتی در طول موجهای رادیویی بلندتر در تداخل کننده امواج(MERLIN) به قدرت تفکیکی که قابل مقایسه با تلسکوپ فضایی هابل می‌باشد دست خواهیم یافت و روش ایده آل و مناسب جهت مقایسه اجرامی که به روش رادیویی و امواج نوری دیده می‌شوند می‌باشد.

طول مبناهایی که با استفاده از روش(VLBI) در سطح جهانی یا قاره‌ای تعیین می‌شوند دقت آنها چندین برابر بهتر از یک میلیونیم ثانیه می‌باشد و این دقت معادل آن است که شما قادر باشید یک ماشین کوچک را از روی کره زمین در سطح کره ماه ببینید. تأمین ارتباط و پیوستگی (Correlation) در امواج رادیویی به راحتی قابل انجام می‌باشد زیرا هر بخش غیرقابل تفکیک از امواج بزرگ بوده ودرحد چند میلیمتر و یا سانتیمتر می‌باشد.

دستیابی و ایجاد پیوستگی و ارتباط در طول موج امواج نوری بسیارمشکل می‌باشد زیرا از طول موجهای کوتاهتر استفاده شده و حرکت جو این پیوستگی و ارتباط را از بین برده و دچارمشکل می‌نماید.

به هرحال اخیراً منجمین شروع به استفاده از روش تداخل امواج در طول موج نوری کرده‌اند اما هنوز قادرنشده‌اند به طولهای بیشتر از چند ده متر دست یابند بنابراین درحال حاضر تلسکوپهای رادیویی بالاترین توانایی را دارند تاآنجایی که به سمت دستیابی به بهترین دقت پیش می‌روند.

کاربردهای(VLBI)

دستیابی به قدرت تفکیک‌های بالا با استفاده از روش (VLBI) در خیلی از حوزه‌های درک و فهم نجومی به ما کمک می‌کند. مقالات در این زمینه به طور معمول استفاده از روش (VLBI) در زمینه‌هایی مثل جهشهای با انرژی زیاد درفواصل کوازارها و کهکشانهای رادیویی، همگرایی نیروهای گرانشی و جاذبه‌ای، رشد هسته فعال کهکشان راه شیری متحرک، ستاره‌های دوقلو جایی که رشدونمو نموده و در داخل اجرام فشرده قرارمی‌گیرند و پخش ملکولی در ستاره که به صورت منطقه‌ای در داخل کهکشان شکل گرفته و فعالیت می‌کنند.

تداخل امواج رادیویی همچنین برای مطالعات خورشیدی، سیالات، سیاره‌های کوچک و شهاب سنگها مورداستفاده قرارمی‌گیرد. طی مشاهدات به عمل آمده در سال ۱۹۹۴، ستاره دنباله دار (Shoemaker-Levyg) با سیاره مشتری برخورد نموده و به مقدار بسیارشدیدی منهدم و از هم پاشیده شده و پخش رادیویی از تشعشع بخشی از سطح سیاره به وجودآمد. از دیگر تحقیقات درخصوص سیاره‌ها، امکان مشاهده بخارآب در جو مریخ و بررسی ساختار حلقه قرمز رنگ اطراف سیاره زحل می‌باشد. درسطح روی زمین، تمام و انواع ستاره‌ها از جوان تا پیر، گرم تاسرد طبیعی تا غیرطبیعی همگی با استفاده از روش (VLBI) قابل بررسی و مطالعه می‌باشند.

ستارگان امواج رادیویی را از میان اجزا گوناگون ارسال می‌کنند که به دیگر چیزها مانند دمای مواد و بودن یا نبودن میدانهای مغناطیسی در آنها بستگی دارد. استفاده از مشاهدات نجومی(VLBI) می‌تواند خیلی چیزها را درباره اصل پخش رادیویی در اشیا و اطراف آنها را به مانشان دهد. ثبت ستاره‌هایی که در مشاهدات(VLBI) به طور مشترک به عنوان نشانه و هدف مورداستفاده قرارمی‌گیرند ستاره‌های کوچک سردی هستند که همانند بخش هاله‌ای دورخورشید زیانه می‌کشند و خیلی همانند خورشید می‌باشند و یا ستارگان متوالی جوان که درحال شکل‌گیری هستند و ستارگان دوقلوی(Wolf-Rayet) درجایی که ناشی از برخورد بادهای انرژی زا وابسته به ستارگان باعث امواج رادیویی می‌شوند. دسته اشعه‌های دوگانه (X) یک نوع ابزاری هستند که یک ستاره فشرده شده و یایک ستاره نوترونی یا سیاره چاله در مدار با ستاره معمولی را اندازه‌گیری می‌کنند. اجرام فشرده شده موادی از ستارگان معمولی را به سمت صفحه دایره‌ای شکل می‌کشد به طوری که مواد مارپیچی داخل این اجرام که دارای انرژی فشرده زیادی می‌باشند از پلاسما داغ بیرون انداخته شده درحد سرعت نوری به بیرون پرتاب می‌شوند.

مشاهدات (VLBI) در درک و فهم ما از اشعه دوگانه(X) بسیارمهم می‌باشند. Maserها منشأ امواج رادیویی هستند که با تحریکات ملکولی که در فضا صورت می‌گیرد به وجودمی‌آیند.

ملکولهای آب(H2O) و هیدروکسیل(OH) و متانول(CH3OH) اغلب در فورانهای منطقه‌ای در اطراف ستاره‌ها و لایه‌های ضخیم اطراف ستاره‌هایی

که تکامل یافته‌اند شکل می‌گیرند.

مشاهدات(VLBI) در تحقیقات و بررسیهای فیزیکی همانند بررسی حرکات آنها مورداستفاده قرارمی‌گیرد. بخشی از این مشاهدات اطلاعاتی در مورد چگونگی فاصله پیداشدن بین ستارگان مبنایی رابه مامی‌دهند بخش بزرگی از مشاهدات (VLBI) مربوط به پخش امواج رادیویی از هسته‌های کهکشانهای فعالی شامل کوازارها، کهکشانهای رادیویی و کهکشانهای حلزونی(مارپیچی) بسیار درخشان می‌باشند و ما را به این نتیجه می‌رساند که سیاه چاله‌های بسیارعظیمی در مرکز کهکشانها وجوددارد.

یک ساختار شبیه اشعه دوگانه(X) به مقدار و شدت بسیارزیادی به وجودمی‌آید. از به حرکت درآمدن مواد با سرعت زیاد که در جهت مخالف مرکز کهکشان می‌باشد انرژی بسیارزیادی به سمت خارج فوران می‌کند. اغلب این فورانها یا اشعه‌ها با مواد پیرامون و اطراف کهکشان‌ها که از مجموعه گره‌های(Knots) رادیویی و گوشه‌های (Lobes) تصاویر نوری به وجودمی‌آورند عکس‌العمل نشان می‌دهند.

تصاویر با قدرت تفکیک بالاکه از مشاهدات (VLBI) حاصل می‌شوند جزئیات بیشتری از مسیر و جهت فورانها را جهت تحقیقات دقیق‌تر به ما نشان می‌دهد و این اجازه را به اخترشناسان می‌دهد تا قدرت تفکیک مغناطیسی منطقه‌ای و چگالی‌های یک بخش از زمین را آزمایش و اندازه گیری کنند.

با مشاهداتی که منجمین در زمانهای مختلف انجام می‌دهند حرکات و فورانهای داخلی کهکشانها را تعقیب و اندازه گیری می‌کنند و اغلب این علائم، حرکات خیلی برجسته و مهم آنها را نشان می‌دهند. این یک تصور در دیدمی‌باشد که ناشی از حرکت مواد بوده به طوری که آنها مستقیماً و با سرعت درحد سرعت نور به سمت ما حرکت می‌کنند. موقعی این اتفاق می‌افتد که مواد نمایان شده با سرعتی بیشتر از سرعت نور به سمت خارج پرتاب می‌شوند.

این یکی دیگر از کاربردهای(VLBI) می‌باشد که به طور مشخص جزء کاربرد نجومی نمی‌باشد. این ژئودزی نام دارد و هدف آن اندازه گیری زمین و ابعاد آن می‌باشد. با مشاهده زمان و ثبت زمانهای ورود امواج رادیویی از کوازارهای دوردست، این امکان به وجودمی‌آید که موقعیت تلسکوپ رادیویی رابادقت بسیارزیاد و درحد چند میلیمتر تعیین نماییم همچنین با استفاده از یک سری آنتن و تغییرات بوجودآمده در موقعیت تلسکوپ، دانشمندان و محققین راکمک می‌کند تا حرکات تکتونیکی صفحات(پلیت) زمین و دیگر حرکات پوسته زمین را بررسی کنند.

HALCA

اگر چه طولهای مبنایی اندازه گیری شده در روی سطح زمین با استفاده از تشعشعات مغناطیسی رادیویی خارج از جو زمین و روش VLBI بسیار توسعه یافت با این وجود دانشمندان را متقاعد نکرد. در ۱۲ فوریه سال ۱۹۹۷ مؤسسه علوم فضایی و نجومی ژاپن (ISAS) ماهواره‌ای که اکنون به نام HALCA می‌شناسیم در مدارزمین قرارداد این ماهواره دارای یک آنتن ۸ متری از جنس سیم توری است که مانند یک عنصر اصلی تداخل کننده امواج با یک سری آنتن توری شکل که برروی سطح زمین به صورت پراکنده قرارگرفته‌اند کارمی‌کند. با یک طول مبنایی حداکثر ۲۰۰۰۰۰ کیلومتری روزنه ترکیبی (Synthesised aperture) تقریباً ۳ برابر ابعاد زمین خواهدبود. قدرت تفکیک حاصله در این سیستم می‌تواند بهتر از یک ده هزارم ثانیه باشد که این روش حداقل هزار برابر دقیق‌تر از تلسکوپ فضایی هابل می‌باشد که در طول موج نوری کارمی‌کنند این دقت معادل آن است که قادر باشیم یک زمین فوتبال در روی کره ماه را از روی زمین مشاهده کنیم. از زمان پرتاب این ماهواره تا سالهای اخیر فعالیت آن با موفقیت خوبی انجام گرفت چراکه آنتن دریافت کاملاً کوچک بوده و حساسیت در اندازه گیری‌های فضایی VLBI پایین می‌باشد و منجمین مجبورند فقط روشن‌ترین اجرام رادیویی را مورد تحقیق و پژوهش قراردهند این اجرام شامل کوازارها و کهکشانهای رادیویی و بخشی از اجرام سماوی می‌باشند.

پیشرفت در دسترسی به قدرت تفکیک بالا، منجمین را قادرساخت تا با دقت بسیارزیاد بتوانند به اکثر مراکز اجرام سماوی و یک عدد منحصربفردی از بیشترین اجرام متراکم و فاصله اجرام در کائنات داشته باشند. مانند دیگر علوم امروزه، منجمین با جهش زیادی که درباره کائنات داشته‌اند آماده پاسخگویی به خیلی از سؤالات می‌باشند.

نتیجه

هر چند شبکه‌های VLBI مشتمل بر تلسکوپهای رادیویی مجزا در اطراف کره زمین و یا در مدارزمین قراردارند آنها می‌توانند همانند بزرگترین تلسکوپهای موجود درجهان به درستی موردتوجه قرارگیرند. قدرت تفکیک آنها به مقدار بسیار زیادی افزایش یافته و ممکن است جهت کسب دقت بیشتر درآینده نزدیکی از طول موجهای کوتاهتری استفاده نمایند که این امر قابل پیش‌بینی می‌باشد.

روش VLBI به اخترشناسان توانایی بسیارزیادی داده است که می‌توانند اجرام سماوی را بادقت بسیارخوب مشاهده نمایند و درآینده این روش توسعه بیشتری خواهدیافت و تا سال ۱۰۰۵ حداقل دو مدار رادیو تلسکوپی دیگر طراحی و اجرا خواهدشد و رصدخانه‌های زمین بیشتری در حال راه‌اندازی و توسعه می‌باشند. برای اخترشناسان پیگیری و رسیدن به قدرت تفکیک بالاتر در اخذ تصاویر یک هماورد علمی جدی را می‌طلبد لکن نتیجه این کار بسیار ارزشمند خواهدبود.