

XXI век и миллиард квадратных метров для SETI?

Ю. Н. Парийский, В. Н. Черненко

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167, Россия

Обсуждаются возможности использования природных отражающих поверхностей, мобильных средств связи и беспроводных сетей различного назначения в когерентном режиме для нужд SETI. Предполагается, что потребности пользователей, объединенных элементами сети, в XXI веке можно согласовать с целями SETI. Это позволит реализовать эксперименты с суммарной площадью приема (передачи) около млрд. кв. м.

THE XXI CENTURY AND BILLION QUAD METER OF AREA FOR SETI, HOW?, by Yu.N.Parijskij, V.N.Chernenkov. The possibilities of using of the natural reflecting surfaces, mobile means of connection and wireless networks of different designation in the coherent regime for needs SETI are discussed. It is assumed that the needs of the users, united under the elements of network in the XXI century can be coordinated with purposes SETI. This will make it possible to realize experiments with the summary area of method for receive (or transfer) about billion of square meters.

1. О радиоокне

Рассмотрение существующих тенденций в методах радиоастрономии и вообще связи, может быть, будет полезным при построении далеких стратегических планов SETI. Зачастую вроде бы небольшие, а иногда достаточно большие количественные изменения тех или иных параметров радиотелескопов, методов радиоастрономии приводят скачком к качественному изменению наблюдательных возможностей. Некоторые примеры такого сорта мы продемонстрируем.

Начнем с шума, с того, что нам мешает в радиоастрономии, особенно в поисках сигналов ВЦ. В 50-60-е годы основой анализа помех были представления о квазибелом шуме, который попадает в радиометр и мешает приему сигнала. Температура системы радиометров для наземных наблюдений определялась фоновым излучением атмосферы, ионосферы, шумами приемника. Последний в модели делали идеальным и рассматривали, что будет, если приемник все-таки будет идеальным.

Появилась специальная терминология, этот минимум знаменитый, в районе 20 см (H-21 и OH-18), это называли "water hole", хотя воды здесь нет была такая символика красивая (рис.1). На самом деле ситуация оказалась сложнее, и имеются многочисленные причины отклонения характера шума от простого белого, который можно описать некой термодинамической температурой усилителя или чем-нибудь подобным. Наиболее интенсив-

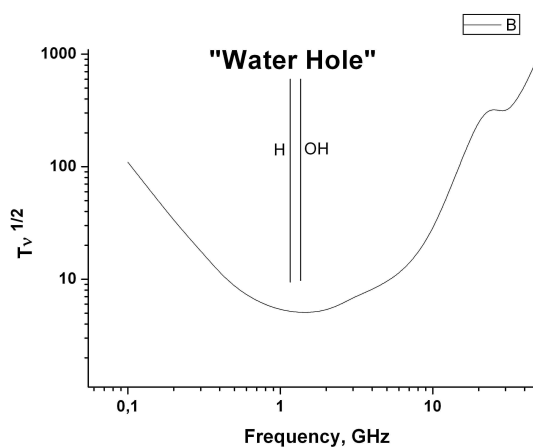


Рис. 1: Итог 50 – 60 годов: дециметровый оптимум.

но эти проблемы стали исследоваться в связи с попыткой достижения предельной чувствительности в исследовании дальнего космоса (Парийский и др., 1972).

Оказалось, что отклонения от такого простого "планковского" расчета весьма значительны как в дециметровом, так и в метровом диапазонах, и очень велики в субмиллиметровом диапазоне. На рис.2 приведен пример анализа помех радиоприему в программе PLANCK Surverior Mission по исследованию предельно слабых сигналов. Здесь по

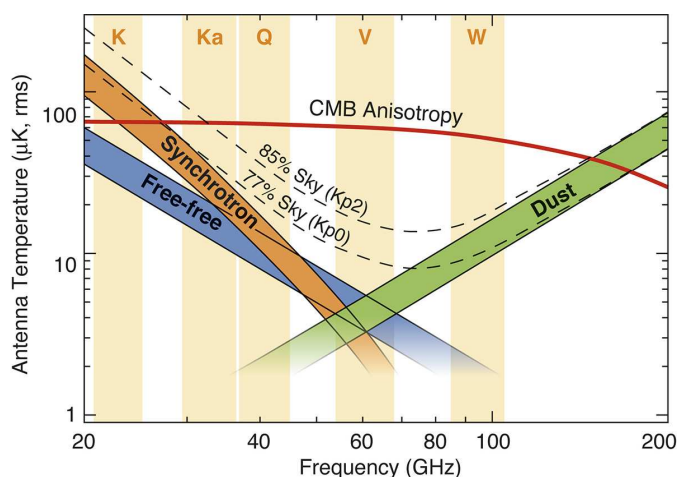


Рис. 2: Отклонения от белого шума на масштабах, сравнимых с разрешением телескопа. *PLANCK Surveyor Mission, 2007.*

оси X — частота в ГГц, а по оси Y — флуктуационная чувствительность, которая ограничена не чувствительностью приемников, а уровнем фоновых излучений. Причем уже с учетом их отклонений от простого чернотельного приближения. Аномальная флуктуация — рябь в фоновом излучении. Эта картинка оптимизирована под конкретный радиотелескоп с апертурой около полутора метров. Она будет деформирована в применении к другому телескопу, но так или иначе положение оптимума существенно отличается от диапазона “water hole”. Это явилось основным результатом современных предельно чувствительных экспериментов нового поколения.

Необходимо отметить, что этот подход не относится к некоторым вариантам связи с внеземными цивилизациями. Если вы используете, скажем, какую-то импульсную манипуляцию или очень узкополосный сигнал, то положение минимума шумов не столь критично, как для поиска сигналов неизвестной структуры.

На РАТАНе мы истратили несколько лет, чтобы определить оптимальный диапазон и получили свои оценки. Они показали, что где-то в области от миллиметра до нескольких сантиметров можно реализовать самую высокую чувствительность.

Любопытно отметить, что Природа согласовала свои шумы, возникающие на трассе Источник — Цивилизация в нашей Галактике с СМВ спектром Вселенной. На рис.3 слева показан пример — максимум излучения Солнца (полмикрона) согласован с прозрачностью атмосферы. “Светоприемники” живых существ (глаза) соответствуют этому окну и могут хорошо видеть окружающий мир в таком диапазоне. А справа показана более широ-

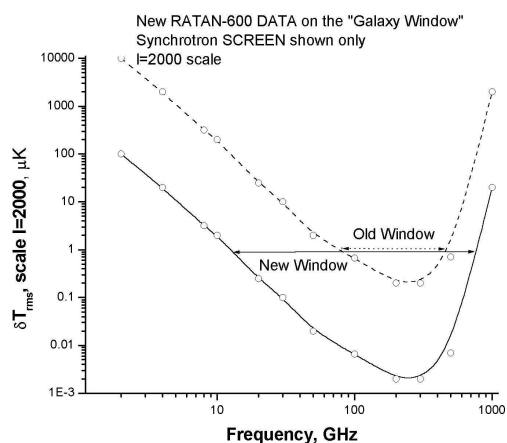


Рис. 4: Синхротронный Галактический экран.

кая интерпретация. Забудем, что мы живем около Солнца, что мы живем под атмосферой Земли. Мы высокоразвитая цивилизация, есть, конечно, тоже свои проблемы. И вот как пример здесь показано, что оптимальное окно для предельно далеких исследований располагается от одного миллиметра до нескольких сантиметров. Оказывается, Метагалактика, то есть галактическая среда, которая является аналогом атмосферы Земли для дальнего космоса, имеет окно прозрачности, которое согласовано по каким-то причинам с максимумом чернотельного излучения ранней Вселенной с температурой 3К. Здесь Вселенная предлагает себя исследовать (см. рис.4). Дело за цивилизацией, надо сделать приемные устройства, которые адекватны этим обстоятельствам.

2. Метод реализации уже накопленных связных возможностей землян для целей поиска внеземных цивилизаций

Теперь немного о площади самого большого радиотелескопа (Parijskij at al., 2001), который строится. На рис.5) показан рост суммарной эффективной площади антенн, который можно проследить буквально от первой антенны Попова, исследовавшего радиоизлучение грозных разрядов, до сегодняшнего дня.

Серыми столбиками показана площадь радиотелескопов — целевых (“dedicated” version) для радиоастрономии. Но неожиданно, лет 20 назад, появились другие возможности. Черные столбика — бытовая связь, точнее — это суммарная площадь антенн мобильных телефонов и прочих средств персональной связи у населения. Темпы роста суммарной площади оказались фантастически высо-

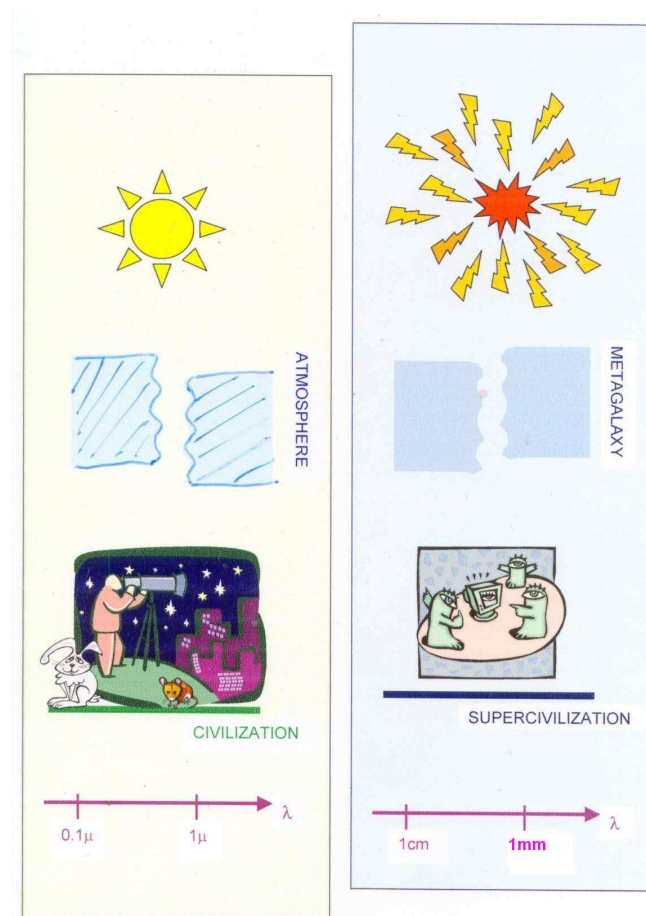


Рис. 3: Согласование природного окна прозрачности с формой жизни.

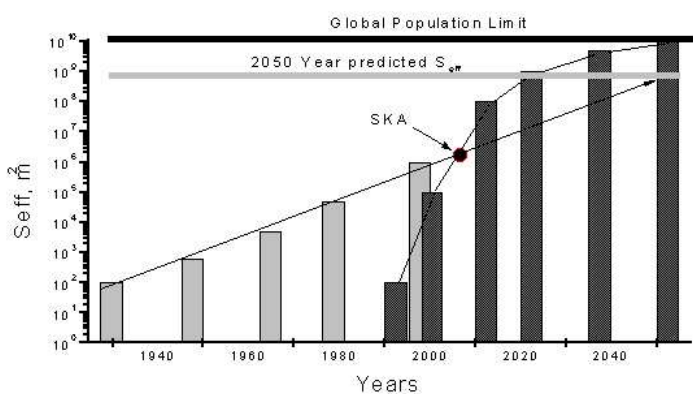


Рис. 5: Рост эффективной площади антенн (серые столбики — радиотелескопы, черные — бытовые средства приема вещания и связи).

кими. Фирмы предсказывают, что в 20-30 годах чуть ли не каждый землянин будет иметь мобиль-

ный телефон и не просто как средство голосовой связи. Его функции будут весьма разнообразны, в том числе – широкополосная передача данных и координатно-временная привязка большой точности через спутники GPS (Yang et al., 2003), ГЛОНАС и базовые наземные станции. Необходимость учета атмосферных факторов для компенсации вариаций фазы сигналов от спутников заставит построить сенсорную сеть метеорологических данных (Mainwaring et al., 2002). У каждого может быть такая встроенная в коммуникатор персональная мобильная метеостанция. Все будет объединено глобальными сетями. Начинается эпоха жизни в сетевом мире, она качественно меняет некоторые вещи. Нам, как радиоастрономам, это очень интересно. Имеется в проектах “dedicated version” SKA – километровый радиотелескоп собирающей площадью в миллион квадратных метров, который планируют построить где-то в районе 2015 – 2020 г. Но когда радиоастрономов спрашивают, а что будет дальше, а что будет через 20-30 лет? Формально надо строить инструменты с

площадью около миллиарда квадратных метров. Это триллионы долларов. Есть ощущение, что, может быть, возникнет ситуация, когда понадобится потратить весь финансовый ресурс Земли, чтобы, скажем, оградить себя от астероидной опасности или чего-нибудь подобного, когда все страны готовы будут вложить подавляющую часть своего бюджета в такое сооружение. Но скорее, развитие пойдет иначе — черные столбики могут определить потенциал связи через 10, 20, 50 или более лет. Суммарная площадь, которая предполагается лет через 20, приближается к миллиарду квадратных метров в виде бытовых носителей. Есть и национальный российский проект в этой области. С помощью этих приборов можно будет принимать, регистрировать и фазировать сигналы так, как нужно для любой задачи, что даст возможность использовать эту площадь в том числе для SETI. Надо только чтобы население было заинтересовано в этой проблеме не меньше, чем в футболе или других развлечениях. Это решение называем “ramprags solution”. Оно используется сейчас и в оптике, и в радиоастрономии и даже в военной промышленности. Средства, которые сейчас вкладываются, скажем, в военное ведомство в разных странах, значительно меньше, чем финансирование разработок бытовой техники. Потребитель тратит и заставляет производить оборудование и изобретать все более качественные вещи. “Памперсная технология” — это дешевая массовая продукция, которую вынуждены использовать профессионалы, которые вообще-то, может быть, сделали бы эти приборы немного иначе, но в массовом производстве все настолько дешевле и практичнее, что такие изделия имеет смысл применять даже в военных делах.

На рис.6 мы изобразили, как наземная сеть любителей SETI с помощью своих мобильных устройств собирает информацию, координированную через спутники связи. Они наблюдают какой-нибудь объект. Оцифровка принимаемого сигнала осуществляется синхронно по опорному сигналу цезиевого стандарта систем GPS (Ganeriwal at al., 2003), ГЛОНАС, буферизуется во flash-памяти мобильного устройства и передается по пиринговым сетям между ними и в Центр сбора (Parijskij at al., 2001). Процедурами распределенных вычислений может быть довольно быстро сформирована синтезированная диаграмма глобального телескопа и произведено накопление принимаемого сигнала. Все это достаточно понятно.

3. Природный потенциал

Более рискованные предложения относятся к природным ресурсам. Есть целый ряд идей у разных команд об их использовании. Речь идет, в частно-

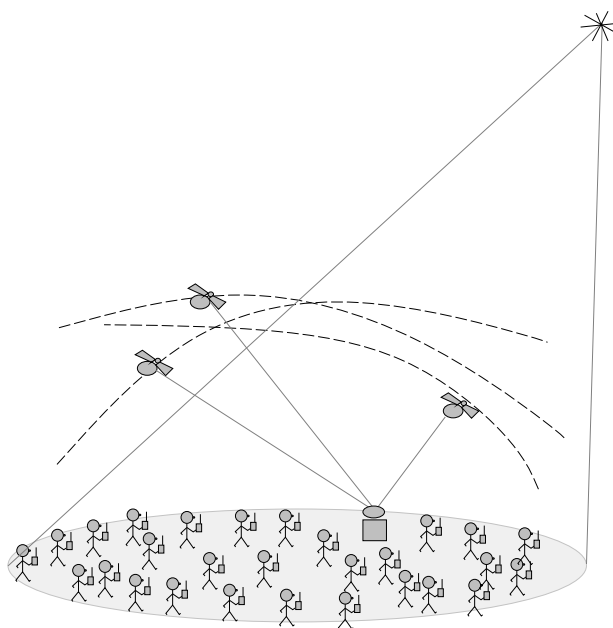


Рис. 6: Любительский SETI телескоп.

сти, о гравлинзах. Известно, что целый ряд открытий в астрономии сделан благодаря наличию таких линз, которые, скажем, в оптике эквивалентны почти 100-метровому оптическому зеркалу. По пути к исследуемому объекту эта фокусирующая среда увеличивает блеск изображения во много раз.

Немного насчет природных ресурсов в нашей солнечной системе. Когда стали лоцировать планеты выяснилось, что первый отраженный импульс (имеется так называемое отражение от первой зоны Френеля) — очень узок. Вот эти зоны Френеля эквивалентны некоторым летающим плоскостям с точностью до половины волны в плоской структуре. Американские ученые в Аресибо провели обследование более сотни астероидов и попытались определить структуру их первых зон Френеля. Несмотря на то, что астероиды неправильной формы и вращаются, получен результат по оценке эффективной площади первой зоны Френеля для 100 астероидов. Это не зеркальная поверхность, и отражение на два порядка меньше, чем от идеального шара, но тем не менее площади получаются огромные. На рис.7 показана проекция объектов Каталога астероидов ИПА РАН на эклиптику (Parijskij at al., 2001). В нем было тогда пять тысяч астероидов, сейчас их уже более 20000, открытых с помощью SDSS-обзора. Каждый месяц добавляются все новые и новые объекты. Суммарная площадь этих первых зон Френеля с учетом их коэффициента отражения тоже близка к миллиарду квадратных метров и заполняют они несколько астрономических единиц. Таким образом при правильной организации фазирования сигнала, отра-

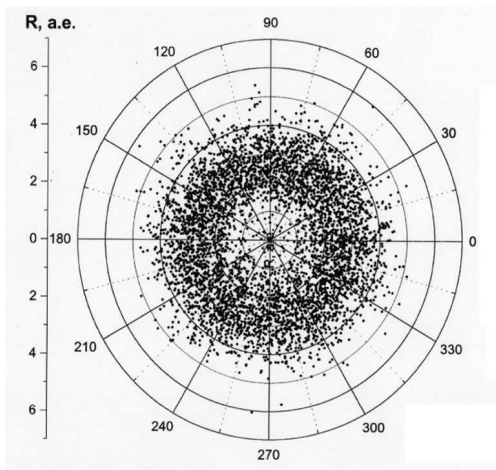


Рис. 7: Эллиптическая антенна.

женного от этих первых зон Френеля, получаем новую возможность делать что-то в радиоастрономических исследованиях.

4. Конвергентные решения

Считают, что SKA, хотя и не скоро, но будет сооружен. Тогда откроются удивительные возможности его сочетания с другими приемниками. Напомним, что с точки зрения интерферометрии, одинокое зеркало — это одинокий волк, двухэлементный интерферометр — это семейная пара. Есть еще полигамия, когда каждый и с каждым телескопом любого типа создают интерферометр. Но есть система, которую называют “гарем”, при одном доминирующем инструменте — это будет SKA с площадью миллион квадратных метров и множество женщин, которые носят мобильные устройства. Интерференция между диполем и SKA уже дает инструмент, эквивалентный 10-20-метровому зеркалу. С помощью SKA весь мир покрывается 20 – метровыми зеркалами, с которыми можно работать.

Недавно для нас открылась совершенно неожиданная область, профессионалам это направление известно, его называют “умная пыль” (Smart Dust). Это глобальные сенсорные сети, которые развиваются с потрясающей скоростью (Mainwaring at al.,2002; Ledeszi at al.,2004). Вот уже и серийная продукция выпускается для них (Hill at al.,2002). Это маленькие сенсоры, о которых мы узнали в связи с тем, что в Нижнем Новгороде фирма Intel предложила подумать горьковчанам о создании, скажем, километрового радиотелескопа на волне 1 мм с помощью сенсорной технологии. На рис.8 диаграмма наверху — рост объема беспроводных сетей широкополосного доступа, внизу — это пример, Канада, которая вся уже усеяна хот-

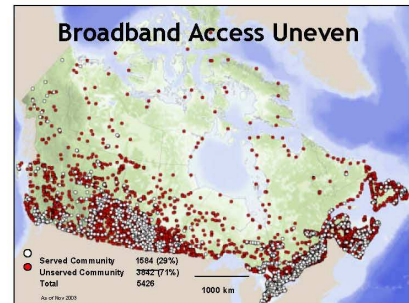
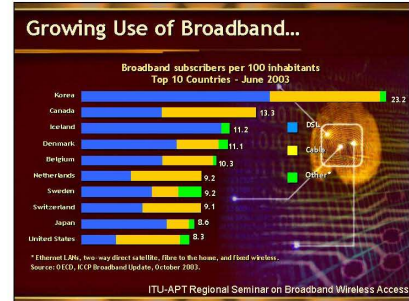


Рис. 8: Рост объема беспроводного широкополосного доступа. Внизу сеть хотспотов Канады – будущее радиоастрономии??

спотами – точками доступа (Johnston,2004). WiFi и WiMAX как технологии беспроводной связи и доступа в Интернет позволяют объединить между собой пользователей и сенсорные сети (Srivastava at al.,2001; Farserotu,2003).

5. О качестве и количестве

Теперь немного о качестве и количестве. Существует понятие ближней зоны дифракции волны λ . Вблизи радиотелескопа с размером апертуры d мощность не рассеивается пропорционально квадрату расстояния R . Когда вы уходите на достаточно большое расстояние у вас формируется нормальное дифракционное изображение λ/d и идет рассеяние как $1/R^2$, которое обычно используют для оценки потерь мощности (Parijskij at al., 1991). Когда же вы размер радиотелескопа d увеличиваете все больше и больше, область ближней зоны d^2/λ тоже быстро растет. Совместно с Кардашевым в свое время обсуждались эллиптические ва-

рианты реализации радиоинтерферометров. Там ближняя зона уходит до границ Вселенной. То есть существуют режимы, когда, имея огромный телескоп величиной примерно с земной шар, вы можете передавать информацию без потерь (это стандартная релейная связь без потерь — известное решение). Таким образом с помощью глобального инструмента вы уже видите все околоземное звездное пространство без всяких потерь.

При обсуждении гигантских проектов, нам кажется, главное будет связано с тем, как привлечь население к проблеме. И главное здесь — пропаганда SETI, тогда будет реализован радиотелескоп с миллиардом квадратных метров.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ 05-02-17521, ПРАН “Фоновые излучения Вселенной” и президента РАН “Научные школы”.

Список литературы

- Ganeriwal S., Kumar R., Srivastava M.B., 2003, “Timing-Sync Protocol for Sensors Networks”, SenSys '03, November 2003
- Hill J. and Culler D., 2002, “Mica: A Wireless Platform for Deeply Embedded Networks”, IEEE Micro., **22(6)**, Nov/Dec 2002, p. 12
- Johnston S., 2004, “Canada in The Network Age: Building an Infrastructure for Innovation and Inclusion”, ITU-APT, September 10 Regional Seminar on Broadband Wireless Access for Asia-Pacific Region
- Farserotu J., 2003, “UWB for WSN”, CSEM, Neuchatel 14 October 2003
- Ledeczi A. et al., 2004, “Sensor Network-Based Counter-sniper System”, to appear in the Proc. of Mobisys, Boston, MA, June 2004
- Mainwaring A., Polastre J., Szewczyk R., Culler D., Anderson J., 2002, “Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring”, ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA'02), Atlanta, Georgia, September 2002
- Parijskij Yuri, Chernenkov Vladimir, 2001, “On post-SKA radio astronomy”, Ap&SS, v.278, Issue 1/2, p. 199
- Парийский Ю., Стоцкий А., 1972, Известия ГАО, **188**, 195
- Parijskij Y., 1991, “Frontiers of VLBI”, Universal Academy Press, p. 221
- Srivastava M., Muntz R. and Potkonjak M., 2001, Smart Kindergarten: Sensor-Based Wireless “Networks for Smart Developmental Problemsolving Environments”, SIGMOBILE 2001
- Yang H. and Sikar B., “A Protocol for Tracking Mobile Targets using Sensor Networks”, 2003, Proceedings of IEEE Workshop on Sensor Network Protocols And Applications