

# АДАПТИВНАЯ АНТЕННА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ



*Мне действительно понравилась эта технология, и я хотел бы видеть, как много она даст на практике*

Джон Глосснер,  
председатель Wireless Innovation Conference SDR'11,  
Вашингтон, США, 2011

---

**Руководитель: Сергеев Игорь Юрьевич**  
**Телефон: (926) 926-96-80 / Факс: (495) 851-01-24**  
**Электронная почта: [fje@izmiran.ru](mailto:fje@izmiran.ru), [fje@mail.ru](mailto:fje@mail.ru)**  
**Web: [geoscan.org/beam-free](http://geoscan.org/beam-free)**

---

**Видеопрезентация (4 мин): [http://youtu.be/\\_5R3aBOPm00](http://youtu.be/_5R3aBOPm00)**

## ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПРОДУКТА

Антенна представляет собой малоэлементную активную фазированную антенную решетку (АФАР) (см. рис. 1 в [1]), использующую адаптивный безлучевой метод.

Основным преимуществом антенны является *большая* емкость – максимальное количество пользователей, работающих на 1 частоте. В частности, в FDMA сети для 6-ти секторной антенны, использующей внутри соты фактор повторения частоты для секторов 1/2, (см. рис. 2 в [1]) емкость составляет 3 (по одному абоненту в каждом секторе, работающем на частоте  $f_1$  или  $f_2$ ). Для предлагаемой антенны, состоящей так же из 6-ти элементов, емкость равна 6. Аналогично, по сравнению с 3-х секторной антенной, использующей фактор повторения частоты 1/3, емкость предлагаемой антенны, состоящей из 3 элементов, увеличивается в 3 раза.

Необходимо отметить, что использование внутри соты факторов повторения частоты 1/2 и 1/3 является модельной ситуацией с максимально возможным значением данного параметра и в реальных условиях практически не применяется. Соответственно, для реальных антенн отношение емкостей будет несколько выше указанных.

Конструкция антенны, основные характеристики, сравнение со стандартными секторными антеннами, а также преимущества и недостатки кратко представлены в работе [1].

Другие преимущества предлагаемой антенны:

1. Емкость антенны равна количеству элементов решетки.
2. Антенна является легко масштабируемой. Для изменения емкости достаточно добавить или удалить элементы антенны и соответствующие элементы фазора, без изменения конструкции в целом.
3. Подробное сравнение со стандартной 6-ти секторной антенной (см. табл. 2 в [1]) показывает, что такие характеристики, как отношение "сигнал/шум", "сигнал/помеха" и коэффициент направленного действия в большинстве случаев у предлагаемой антенны выше (см. примечания к табл. 1 и 2 в [1] для пояснения указанных параметров).

4. Адаптивный безлучевой метод разрабатывался для улучшения характеристик многолучевой АФАР. Сравнительный анализ показал, что характеристики предлагаемой антенны, использующей данный метод, в целом лучше, чем характеристики многолучевой АФАР, состоящей из такого же количества элементов (см. табл. 1 в [1]).
5. Безлучевой метод одинаково эффективен как для систем с частотным (FDMA, OFDMA), так кодовым и временным (CDMA, TDMA) разделением абонентов.
6. Предлагаемая антенна практически прозрачна для стандарта сети и способна работать в любом из существующих на сегодняшний день стандартов (GSM; семейство, так называемых, стандартов 3G; LTE; WiMAX; Wi-Fi), в том числе в сетях использующих MIMO.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

Предлагаемая антенна представляется вполне конкурентоспособной по себестоимости изготовления.

В отличие от обычных антенн, предлагаемая содержит дополнительный модуль – фазор, стоимость которого оценивается в зависимости от конфигурации от нескольких сотен до 2-3 тысяч долларов США. Вместе с тем, в ней используются антенные элементы с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, которые проще и дешевле секторных антенн, что компенсирует большую часть затрат на фазор. Таким образом, ожидается, что себестоимость предлагаемой антенны будет примерно равна себестоимости секторных антенн.

## **ПРИЗНАНИЕ И НАГРАДЫ**

- Отзыв председателя Wireless Innovation Conference SDR'11 (Washington, DC ) Джона Глоснера (John Glossner): "I really liked this technique and would love to see in practice how much is improved." (Мне действительно понравилась эта технология, и я желал бы видеть, как много она даст на практике.)
- Также данная технология была отмечена наградами на научных конференциях AP-RASC'10 (Япония) и ММЕТ\*10 (Украина).
- Проект занял первое место на конкурсе "Телеком идея 2012" в номинации "Инновационные технические решения для систем связи". По результатам конкурса ОАО "Мобильные ТелеСистемы" (МТС) предложило протестировать антенну в своей сети и в случае подтверждения заявленных характеристик закупить опытную партию.
- Проект является победителем Открытого конкурса инновационных проектов 2012, проводимого Национальным исследовательским университетом "Высшая школа экономики" (НИУ ВШЭ).

## **ФИНАНСОВАЯ ВЫГОДА ДЛЯ ПОКУПАТЕЛЕЙ**

Предлагаемую антенну для базовых станций планируется позиционировать на рынке как аналогичную по стоимости замену традиционным секторным антеннам, которая способна принести операторам сотовой связи значительную финансовую выгоду.

Предполагается, что основными покупателями будут операторы сотовой связи, развертывающие новую сеть, а также модернизирующие (с заменой оборудования базовых станций) или расширяющие старую. В частности, компании, которые в скором времени начнут развертывать сети LTE.

В тех случаях, когда новая сеть (или значительная часть существующей) только строится, и количество пользователей существенно меньше емкости сети, финансовая

выгода от использования предлагаемой антенны обусловлена тем фактом, что для достижения сплошного покрытия оператору требуется установить (переоборудовать) меньшее количество базовых станций, поскольку предлагаемая антенна способна фокусировать радиосигнал в любом направлении, и ее коэффициент усиления значительно выше коэффициента усиления секторных антенн, что существенно увеличивает дальность и позволяет "пробить" препятствия, недоступные секторным антеннам.

В случае увеличения емкости сети оператору не потребуется устанавливать для этого новые базовые станции: достаточно будет заменить антенны на уже существующих станциях (данные по кратности увеличения см. в [1]). Стоит отметить, что увеличение емкости за счет увеличения секторности традиционных антенн (например, с 3-х секторных на 6-ти секторные) будет значительно менее эффективным (см. [1]).

Вместе с тем необходимо отметить, что при удачной разработке первого варианта антенны, модернизация ее для другого типа сети представляет значительно более простую задачу и может быть осуществлена достаточно быстро и с небольшими финансовыми затратами.

Необходимо отметить еще один аспект, возможно, представляющий интерес для операторов сотовой связи. Применение предлагаемой антенны даст оператору возможность использовать этот факт в своих маркетинговых мероприятиях, подчеркивая, что его сети построены с использованием оборудования российского производства, к тому же одного из самых высокотехнологичных в мире в данной области, и сконструированном на основе опыта разработки новейших военных радаров, зарекомендовавших себя во многих странах, а также позволит удовлетворять различным программам правительства России стимулирующих операторов использовать оборудование российского производства.

### **Использование для точек доступа Wi-Fi**

Необходимо отметить, что так же возможна разработка антенны (в упрощенном виде) для точек доступа Wi-Fi. В данном случае предполагается, что основными покупателями будут компании, занимающиеся прокладкой локальных сетей в офисных помещениях, сами офисные компании, а также собственники различных офисных помещений, прокладывающие новую локальную сеть или существенно меняющие конфигурацию старой. Уже сейчас стоимость построения беспроводной локальной сети меньше стоимости работ по прокладке кабелей проводной сети вместе со стоимостью оборудования и материалов (в частности, самого медного кабеля, стоимость которого с развитием технологий снижаться не будет из-за наличия в нем меди; также не снижается и стоимость работ; стоимость же электронных компонентов, наоборот, падает достаточно быстро).

Основным препятствием в повсеместном использовании беспроводных сетей в офисных помещениях взамен обычных проводных является их низкая емкость для массового подключения клиентских компьютеров. Использование же предлагаемой антенны позволит решить эту проблему, поскольку она повышает емкость сети в несколько раз, что вполне достаточно для любого офисного здания. Вместе с тем такая точка доступа значительно увеличивает радиус покрытия и уменьшает мертвые зоны, а в случае размещения в здании, имеющем вытянутую конструкцию, способна фокусировать энергию радиосигнала в необходимом направлении.

**Таким образом, применение предлагаемой точки доступа позволит в несколько раз уменьшить стоимость построения локальной сети в здании за счет использования беспроводных технологий взамен кабельных сетей.**

**В случае применения для построения беспроводных сетей вместо традиционного оборудования:**

- создание сети обойдется дешевле за счет того, что радиус действия и емкость предлагаемой точки доступа больше, соответственно, потребуется их меньшее количество;
- при одинаковом количестве точек доступа существенно повысится емкость такой сети, а, следовательно, и скорость передачи данных.

## ЦЕЛЕВОЙ РЫНОК

**На первом этапе проект направлен на российский рынок.**

*(в настоящее время есть соглашение с МТС о проведении тестирования в их сети сотовой связи, и в случае успешного завершения, закупки пилотной партии; ОАО "Вымпел-Коммуникации" (Билайн) заинтересовалось возможностью использования предлагаемой антенны для малонаселенных территорий России (см. ниже); ЗАО "Седиком" выразило намерение продвигать конечный продукт в России и странах СНГ; также заинтересованность выразило ООО "Скартел" (Yota))*

**В дальнейшем планируется выходить на глобальный рынок, поскольку антенна должна быть интересна и зарубежным операторам.**

*(на данный момент есть официальное предложение от немецкой компании NeuroConnex выступить соинвестором в проекте и продвигать конечный продукт на европейском рынке; также выразили заинтересованность Cisco и Etisalat)*

## ОБЪЕМ РЫНКА

Российский рынок антенн для базовых станций сетей мобильной связи (по данным Роскомнадзора):

25,2 млн. USD в 2009 г.

35.6 млн. USD в 2010 г.

58.9 млн. USD в 2011 г.

Рынок является быстрорастущим, средний рост рынка за 2009-2011 г. ~ 50% в год.

Мировой рынок антенн для базовых станций сетей мобильной связи (по данным Infonetics):

1.5 млрд. USD в 2010 г.

2.1 млрд. USD в 2011 г.

Рынок является быстрорастущим, средний рост рынка за 2010-2011 г. ~ 40% в год.

**Таким образом, объем рынка достаточно большой, что, во-первых, обеспечивает небольшой срок окупаемости проекта, а, во-вторых, делает проект устойчивым к различным дестабилизирующим факторам.**

Необходимо отметить большой потенциал и перспективы открывающегося рынка недорогих малоэлементных фазированных антенных решеток для массового пользователя (см. раздел "ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА").

## ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА

Технические характеристики фазированных антенных решеток лучше характеристик антенн другого типа. А в случае работы в многолучевом режиме, по сути, не имеют конкурентов среди обычных антенн. Именно поэтому практически все современные радиолокационные станции построены на фазированных решетках. Однако до последнего времени их стоимость была очень высока. Фазированные антенные решетки стали доступны по цене для коммерческого применения буквально в последние несколько лет, что связано с развитием элементной базы цифровой обработки сигналов. Данное обстоятельство

открывает новые возможности для коммерческих систем связи, поскольку ФАР, а особенно цифровые активные ФАР (ЦАФАР), позволяют существенно улучшить их характеристики.

**По своей сути использование ЦАФАР - это переход от аналоговых технологий к цифровым, только в области антенн. Соответственно, ЦАФАР настолько же эффективнее обычных антенн, насколько цифровая обработка сигнала эффективнее аналоговой. Ожидается, что точно так же, как сейчас цифровые системы связи повсеместно вытеснили аналоговые, через некоторое время ЦАФАР повсеместно вытеснят обычные антенны. Таким образом, долю рынка, которую займет сама технология, можно брать близкой к 100% (в данном случае подразумевается рынок всех антенн - телевизионных, Wi-Fi и т.д. - а не только для базовых станций сетей мобильной связи). А доля рынка, которую займет продукция настоящего проекта, зависит от скорости реализации проекта. Компании, своевременно овладевшие данной технологией, смогут закрепиться на открывающемся долгосрочном глобальном рынке и, соответственно, извлечь долгосрочную прибыль!**

Российские конструкторские бюро, занимающиеся данной тематикой, обладают существенным конкурентным преимуществом в этой сфере, поскольку используют наработки советско-российской школы, традиционно имеющей очень высокий научно-технический уровень в области фазированных антенных решеток.

### **ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

*(При расчетах использовалась ставка дисконтирования 50%.)*

Срок окупаемости (дисконтированный), лет: **2.8**

Плановые показатели по производству и продажам будут достигнуты через 4 года.

NPV (за 4 года): **27 млн. руб**

IRR (за 4 года): **120%**

(Полная финансовая модель – по запросу.)

### **ДОГОВОРЕННОСТИ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ ПОКУПАТЕЛЯМИ**

- ОАО "Мобильные ТелеСистемы" (МТС) предложило протестировать антенну в своей сети и в случае подтверждения заявленных характеристик закупить опытную партию. (письменно подтвержденная договоренность, см. Приложение 2)
- Немецкая компания NeugoСопех выразила намерение принять участие в проекте и продвигать конечный продукт на рынке Европы. (письменно подтвержденная договоренность, см. Приложение 3)
- ЗАО "Седиком" выразило намерение продвигать конечный продукт в России и странах СНГ.
- *ОАО "Вымпел-Коммуникации" (Билайн) (на данный момент совместно с ОАО "Вымпел-Коммуникации" разрабатываются бизнес-кейсы по использованию антенны для сокращения расходов и повышения качества связи для малонаселенных территорий России).*
- Также выразили заинтересованность в продукции проекта такие компании как ООО "Скартел" (Yota), Cisco и Etisalat (один из крупнейших мобильных операторов на Ближнем Востоке, в Азии и Африке).

## ССЫЛКИ

1. [I.Yu. Sergeev "Circular Multiuser Beam-Free Phased Array Antenna for Wireless Communications and Comparison with the Standard Multisector Antennas"](#)