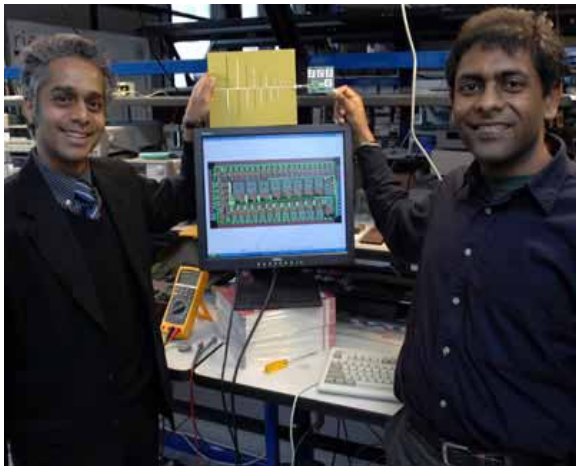


This article originally appeared in Tech Talk, or on the MIT News Office website .

【電子・情報通信技術特集】

自然からのインスピレーションを受けて、より良いラジオを作製(米国)
- 人間の耳をまねた新しいラジオチップには、汎用ラジオへの可能性が -

MIT のエンジニアらは、人間の内耳をまねて、携帯電話、インターネット、ラジオそしてテレビ信号を受信でき、無線デバイス能力がある高速、超広帯域、低消費電力のラジオチップを作製した。



電気工学准教授の Rahul Sarpeshkar (左側) と Soumyajit Mandal が低消費電力、超ブロードバンドラジオチップの「RF 蝸牛」を見せている。チップ部分は Mandal が持ち、アンテナ部分は Sarpeshkar が持っている。コンピュータのモニターには、チップ配線のレイアウトが表示されている。

(Copyright © MIT)

電子工学とコンピュータ科学の准教授である Rahall Sarpeshkar、および彼に師事する大学院生の Soumyajit Mandal は、内耳(または内耳の蝸牛、以下蝸牛)に似たチップをデザインした。そのチップは、人間がこれまでに設計したいかなるラジオ周波数スペクトル分析器よりも高速、かつ低消費電力で動作する。

「蝸牛は、音声スペクトルを受けて、何が起きているか、その全体像をすばやく把握することができる。」と Sarpeshkar は述べている。「耳を観察するにつれて、蝸牛とは 3,500 並列チャンネルのスーパーラジオのようなものだということに気がついた。」

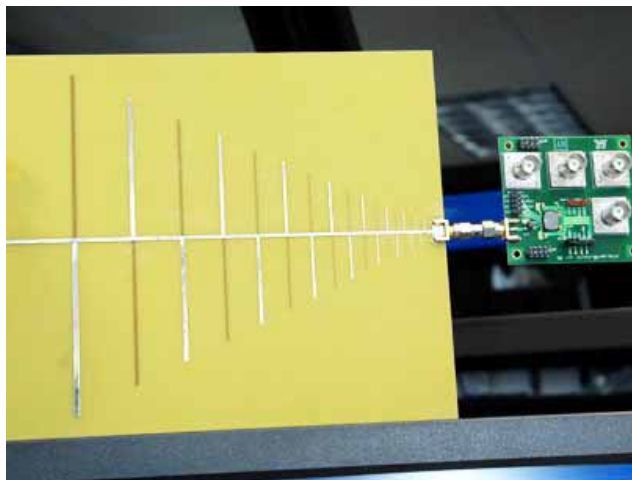
Sarpeshkar と彼の指導学生は、「IEEE ソリッドステート回路 (Solid-State Circuits) 誌」6月号で、彼らが「ラジオ周波数蝸牛」(radio frequency cochlea、以下 RF 蝸牛)と呼んでいる新しいチップについて説明している。彼らはまた、RF 蝸牛を汎用の、またはソフトウェア・ラジオアーキテクチャとして組み込むという特許を申請している。これは、携帯電話、ワイヤレスインターネット、FM およびその他の信号を含む広周波数帯域を効率良く処理するようにデザインしたものである。

内耳の蝸牛をまねる

RF 蝸牛は、流体力学、圧電効果、神経信号処理により、音波を電気信号へ変換して脳に伝達するという、生物学上の内耳の蝸牛に機能が似ている。

音波が蝸牛に入ると機械的振動が作りだされ、蝸牛内の膜と内耳の流体(髄液)により、有毛細胞を動かす(有毛細胞は脳に送る電気信号を作り出す)

蝸牛は、100 倍(100-fold)の周波数帯域を感知することができる(人間では、100 ~ 10,000Hz)。



拡大した RF 蝸牛とアンテナ
(Copyright © MIT)

Sarpeshkar は、RF 蝸牛に同じデザイン原理を使って、100 万倍以上の周波数帯域の信号を感知することの出来るデバイスを作りだした。これにはほとんどの商業無線に応用できるラジオ信号を含んでいる。

「このデバイスは、研究者らが自己の領域以外からの触発(ひらめき)を受けたとき、何が出来るのかを良く示している」と Sarpeshkar は述べている。

「ラジオの分野で働く者は誰もこれを考えつかない、そして聴覚の課題に取り組んでいる者も同様だ。しかし、この2つを統合すると、一方がもう一方の本質を見抜くことができるようになる。」と彼は述べている。例えば、統合されたこの取り組みは、ラジオへの応用に加え、あらゆる周知のスペクトル分析アルゴリズムよりも、蝸牛によるスペクトル分析のほうがなぜ速いのかを説明できる。それ故、同様に聴覚のメカニズムも解明する。

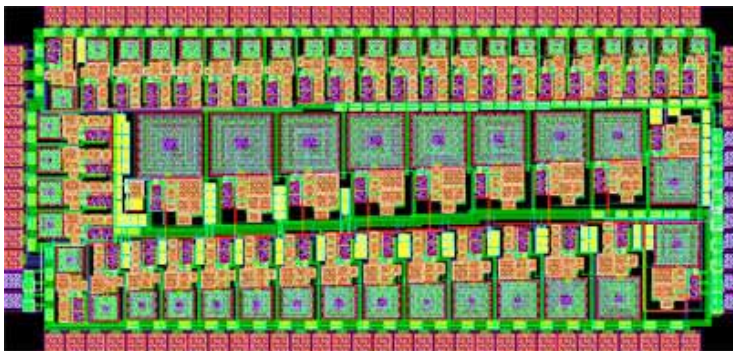
RF 蝸牛は、1.5mm × 3mm の大きさのシリコンチップに埋め込まれてスペクトル分析器として働き、検知範囲内のあらゆる電磁波の組成を分析できる。電磁波は、電子回路のインダクタとキャパシタの中を移動する(生物学上の蝸牛の流動体と膜に似ている)。トランジスタは蝸牛の有毛細胞の役割を果たす。

RF 蝸牛チップは、他のどの RF スペクトラム分析器より速く、そして電力消費量は全帯域幅の直接デジタル化処理に必要とされる電力の約 100 分の 1 である。

そのため、それは汎用および「認知 (cognitive)」ラジオのコンポーネントを作製するうえで魅力的であり、広範囲の周波数帯を受信し、そのうちのどれに注目するかを選択することができる。

生物学的なひらめき

エレクトロニクスデバイスのデザインに生物学的発想を利用することは、Sarpeshkar にとってこれが最初のことではない。彼は技術者としてだけでなく生物学の学生としての訓練も受けており、自然や人工物の世界において、多くの類似パターンを発見してきた^{注1}。



蝸牛を模倣して Rahul Sarpeshkar がデザインしたラジオチップの配線レイアウト (Copyright © MIT)

例えば、Sarpeshkar のグループは、MIT のエレクトロニクス研究所において、人間の声道と声道の合成技術による新たな分析により、アナログ音声合成チップを開発した。ノイズがある環境内における確実な音声認識と音声識別の能力を持つチップは、ポータブルデバイスとセキュリティー用途のいくつかのアプリケーションに使用されている。

研究者らは、心臓の無線モニタリングから心拍リズムを分析できる回路を作製した。そして、細胞中の信号処理からアイデアを得た研究課題に取り組んでいる。以前に、彼のグループは、脳内のニューロンからインスピレーションを得て、ハイブリッド・アナログデジタル信号処理に取り組んだことがある。

技術者は生物系を研究することで大いに学ぶことができると Sarpeshka は述べている。生物系は、非常に小さなパワーしか使用せずに、ノイズ環境中でセンサー機能と運動機能を遂行するように数億年以上かけて進化してきたのである。

「人間が作った構造物が自然の構造物と競り合うようになるまでには、長い道のりがある。自然はとりわけ、エネルギー効率が極めて高いこと、および極めて低いエネルギーで動作すること、この2点において傑出している。」と彼は述べている。「それにも関わらず、過去において自然の物質的資源を掘り起こしてきたように、私達は自然の知的資源を掘り

^{注1} <http://www.rle.mit.edu/avbs>

起こし、人間にとって有益なデバイスを創造するだろう。」

翻訳 土橋 誠

出典

<http://web.mit.edu/newsoffice/2009/bio-electronics-0603.html>

(Copyright© 2009 Massachusetts Institute of Technology.Used with Permission)