



ローカル5Gの活用と中小企業での試作・開発

株式会社アイダックス

代表取締役 戸部英彦

内容

1. 会社紹介
2. ローカル5Gとは？
3. オープン化：フロントホール(RAN)
4. オープン化：コミュニティ(SW)
5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)
6. ローカル5Gへの取組

1. 会社紹介



2001年設立

無線研究所向けの一品物測定器を開発・製造する会社。
A/D&D/A,FPGAの最新ボードが主力製品。

品質目標： 納期優先

従業員： 4名

下記の2社のパートナー企業



1. 会社紹介: 自社製品

PCDAQ-giga: データ収集再生装置

- ・ 4ch 1GSPS 14bit ADC
- ・ 4ch 2.8GSPS 16bit DAC
- ・ RAID記録再生速度 2000MB/sec/1台
(下図の写真は2台連動で4000MB/sec)
- ・ RAID記録再生時間 約30分、標準容量3.8TB
(標準SSDは480GB、1TBに拡張可能)

1台1千万円以上が多い。
研究所が要望するカスタマイズに
対応することが重要。
しかし、手間が掛かる。



1. 会社紹介: 自社製品



左は弊社のお客様のイメージ図です。

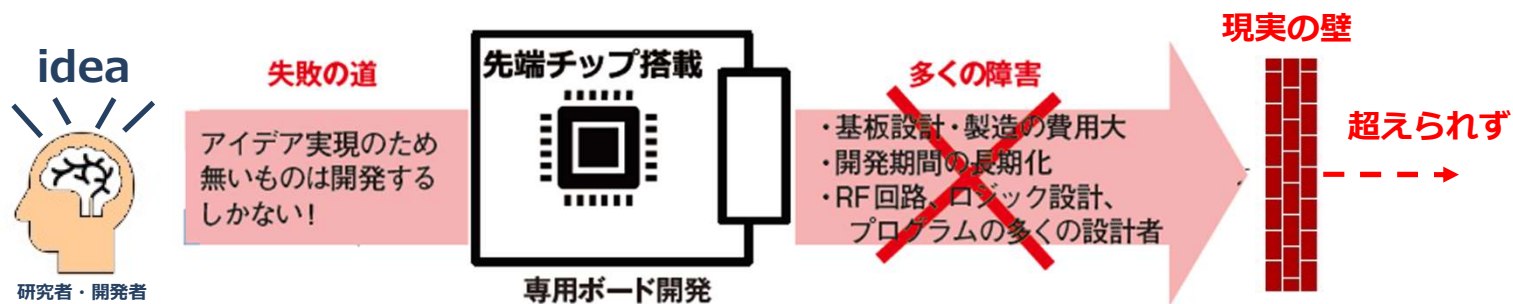
研究所様は、RF装置を持ち出し、
野外でデータを取得。

研究室で解析して、成果を達成する。

デジタルは進化が早く3年で陳腐化。
常に最新装置が求められる。

1. 会社紹介

先端研究の現実



1. 会社紹介

先端チップの評価ボードの採用
※先端の評価ボードはこれほど高性能になった！

Xilinx RFSoc 評価ボード (ZCU111)	Analog Devices 評価ボード (ADRV9009 & ZCU102)
• 8ch 4GSPS 12bit ADC • 8ch 6.5GSPS 14bit DAC • Programmable Logic	• Sub-6GHz Transceivers • 200MHz 帯域幅 • 2アンテナ



**アイダックスが受託設計やプログラミングの壁を打破します。
精鋭エンジニアが最適な設計を提案！**

PCDAQ: Data Acquisition System
iDAQS

XILINX

AUTHORIZED TRAINING PROVIDER

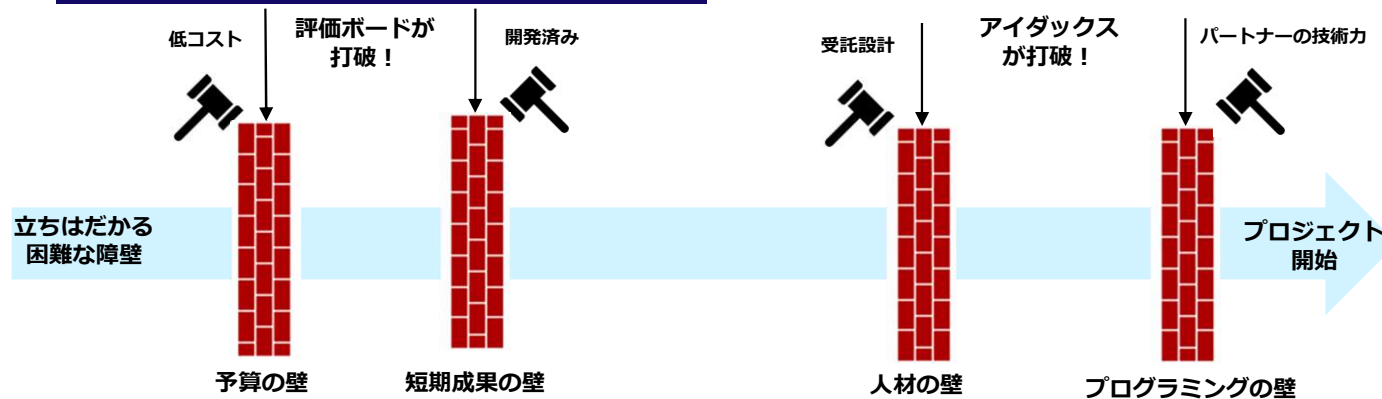
**ANALOG
DEVICES**

AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™
ALLIANCES

成功への近道



研究者・開発者
アイデアを実現
したいが、、、



<ソフトウェア無線プラットフォーム>

1. 会社紹介



University of Strathclyde

SOFTWARE DEFINED RADIO WITH RFSOC & PYNQ

Robert W Stewart, Louise Crockett, Craig Ramsay, Josh Goldsmith, David Northcote, Kenny Barlee
Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Strathclyde, r.stewart@strath.ac.uk



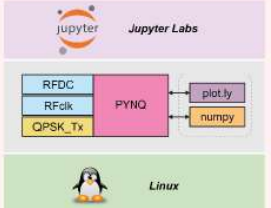
Abstract

- Software Defined Radio (SDR) refers to radio systems in which aspects of functionality are defined in software.
- SDR enables very flexible radio architectures which can adapt to support different standards and protocols, signal bandwidths, modulation frequencies, and so on.
- With the move towards 5G, and against a backdrop of increasing pressure on available RF spectrum resources, interest in SDR is growing.
- Our work combines two recent Xilinx innovations: the RFSoc device, and the PYNQ framework. These are shown to be a compelling combination for SDR!
- Our demonstration system shows QPSK transmission and reception with real-time control and visualization in PYNQ.

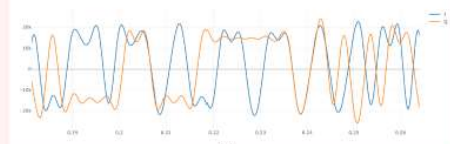
Why use PYNQ?

"PYNQ is an open-source project from Xilinx® that makes it easy to design embedded systems with Xilinx Zynq® Systems on Chips (SoCs)."

PYNQ is used to help simplify SDR systems design and interaction. This includes direct control of RF data converters and dynamic visualisation.



Results and Conclusions



- PYNQ and RFSoc were combined successfully and a fully functioning Tx / Rx demonstration system was produced.
- Real-time visualization of data captured from the chip is a powerful tool for both demonstration and debugging.
- RFSoc + PYNQ is an excellent combination for SDR systems!

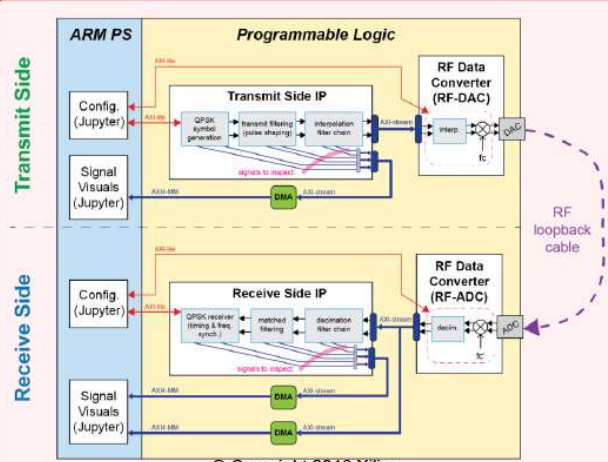
RFSoc + PYNQ

The PYNQ software framework (www.pynq.io) was installed onto the RFSoc device on the ZCU111 development board.



This enables Python code to be run in a Jupyter notebook on the PS, interfaced to a hardware overlay in the PL.

Tx / Rx Demonstrator System



© Copyright 2018 Xilinx

Related Work

- Our research group has a focus on SDR development and applications. Other related work includes:
- 5G RuralFirst** (www.5GRuralFirst.org) a collaborative, UK-govt funded testbed & trial for 5G in rural locations.
- Dynamic Spectrum Access for 5G** – funded by MathWorks.

Acknowledgements/References

We would like to thank Xilinx colleagues, in particular Patrick Lysaght, Cathal McCabe, Peter Ogden, and Enno Luebbers, for all their support.



今回の
展示です。

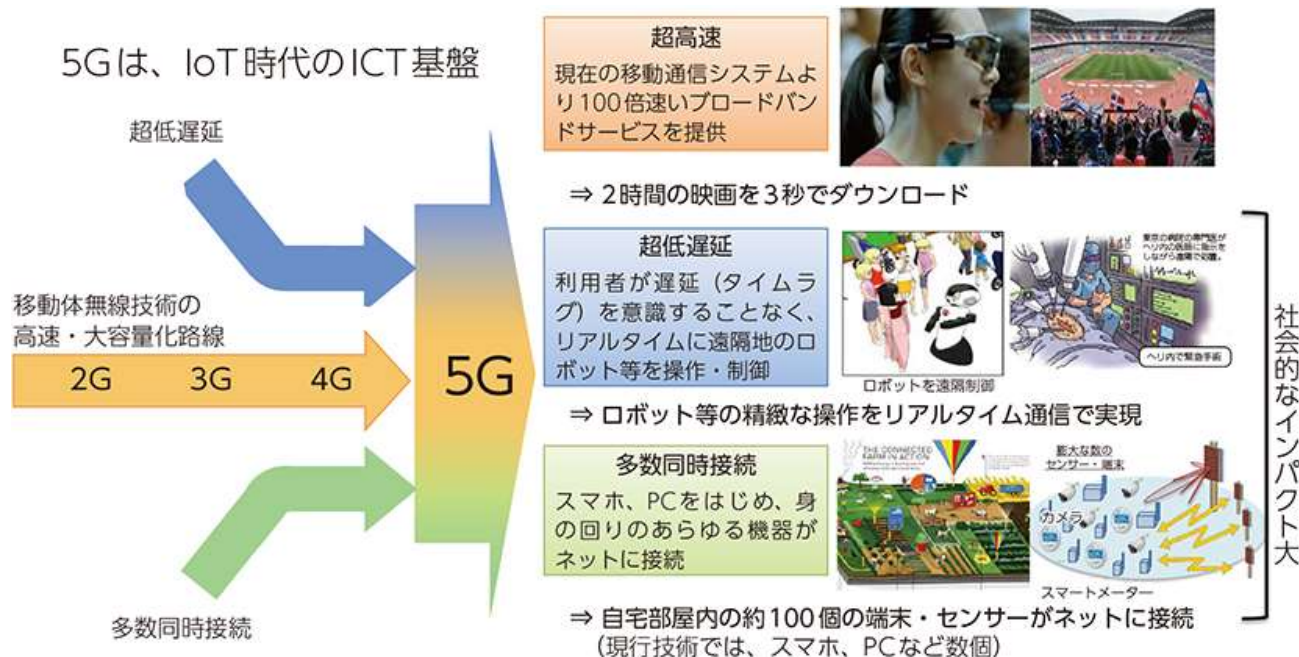
QPSKの
信号生成デモ

PYTHONなので
AIの研究向き

内容

1. 会社紹介
- 2. ローカル5Gとは？**
3. オープン化：フロントホール(RAN)
4. オープン化：コミュニティ(SW)
5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)
6. ローカル5Gへの取組

2. ローカル5Gとは？



総務省資料

5Gには3つの特徴があるが、
3つを同時に兼ね備える装置は
出来ない。

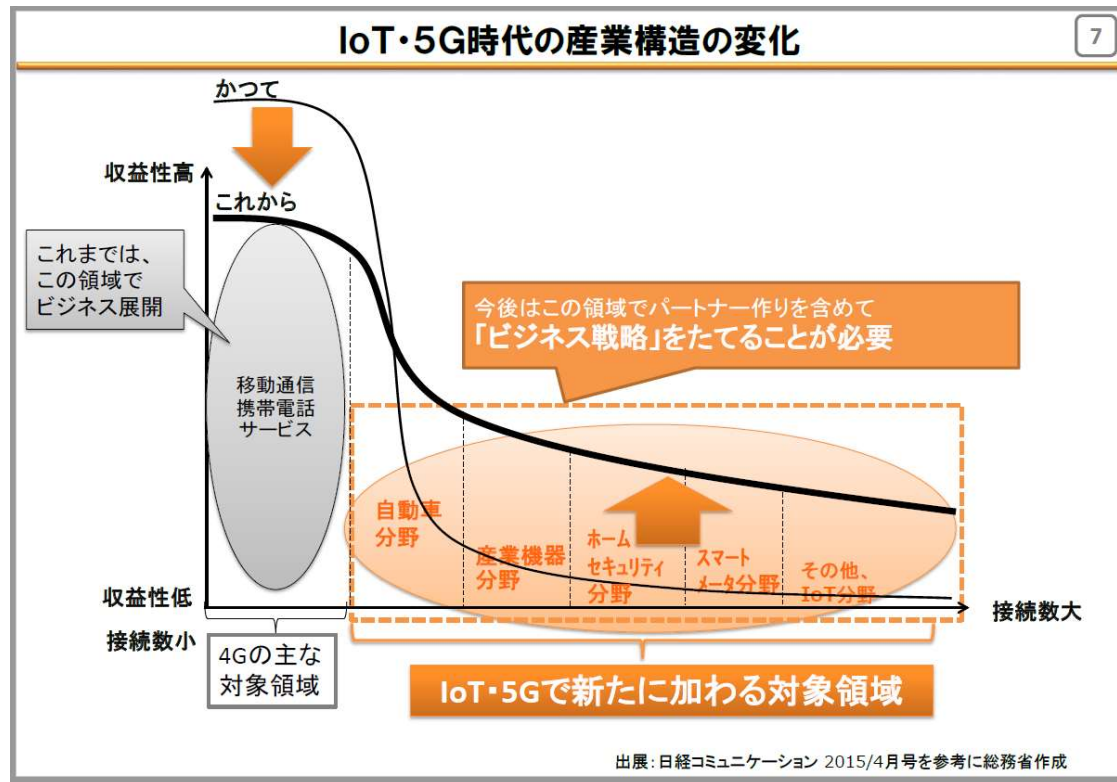
そこで、ローカル5Gでは、

お客様の要望が、

- ・超高速なのか？
- ・超低遅延なのか？
- ・多数同時接続なのか？

要望を理解して、
技術を提案することが重要である。

2. ローカル5Gとは？



今まではモバイル通信は、
キャリアが独占してサービスを提供している。

ローカル5Gは、
他の分野に裾野を広げる。

総務省資料

2. ローカル5Gとは？

**キャリアはローカル5Gの周波数を使うことは出来ない。
総務省がキャリア以外に開放している。=>ビジネスチャンス！**

**5G (スマホ) は、キャリアのもの！
ローカル5G (IoT) は、みんなのもの！**

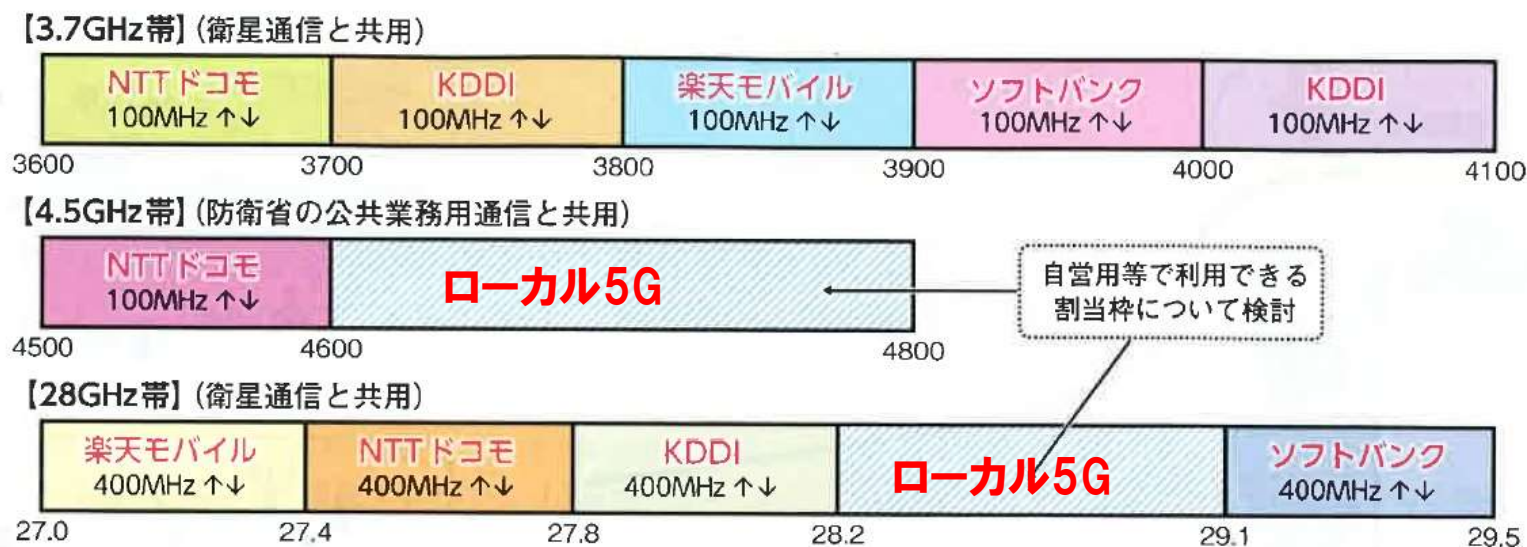


図1 5G周波数の各社への割り当て

参考：総務省資料「2020年の5G実現に向けた取組」

http://www.soumu.go.jp/main_content/000593247.pdf

2. ローカル5Gとは？

＜ローカル5Gの利用イメージ＞ **ラインの生産性**
配線なし、低遅延

スマートファクトリー



安全な応答
=>低遅延

重機遠隔操作



出典：ローカル5G検討作業班 第一回会合 田中構成員（日本電気(株)）発表資料より抜粋

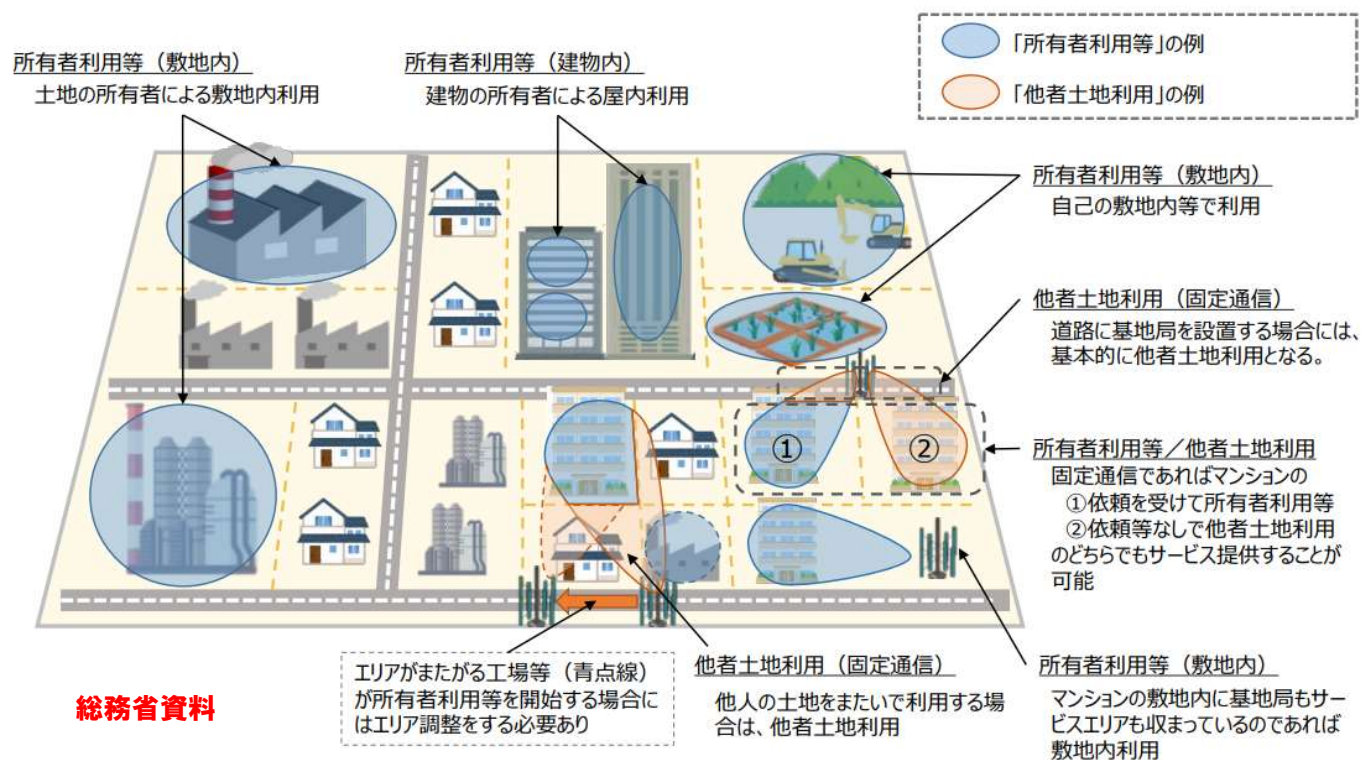
総務省資料

2. ローカル5Gとは？

ローカル5Gの利用イメージ

7

『所有者利用等』及び『他者土地利用』の利用イメージは以下の通り。



ローカル5Gの電波の認可は、土地、ビル、工場の所有者に権利が与えられる。

認可申請は、無線従事者が行う。

個々のスマホや無線モジュールにキャリアに料金を支払う必要がない。

自前の無線ネットワークを構築して、他社にない生産性を上げるチャンス！

利権が絡む、商社も参入。悪巧みもあるか？

2. ローカル5Gとは？

なぜ、ローカル5Gか？

※5Gは、日本は遅れている。=>US、韓国では伸びている。

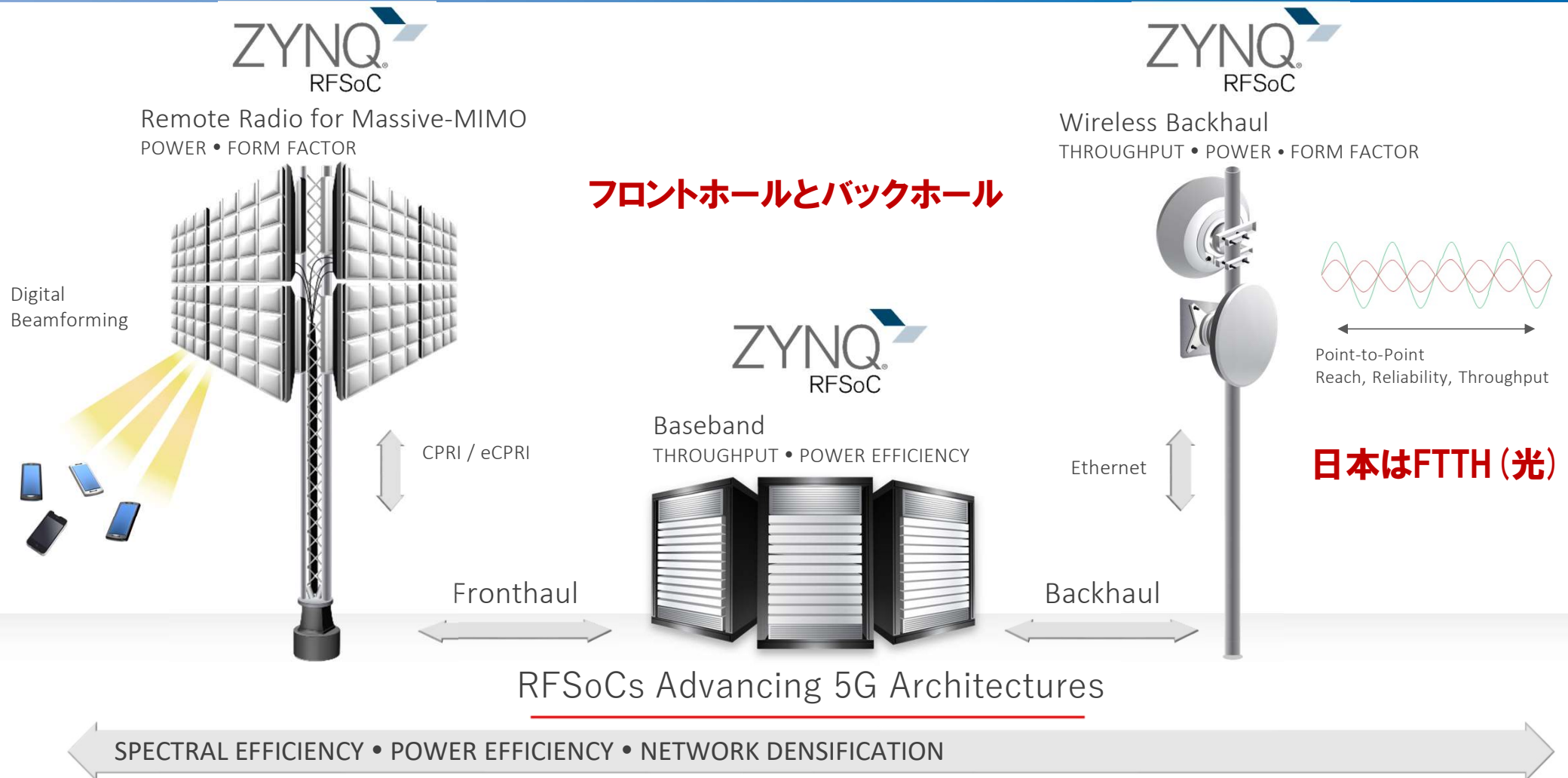
- 2019年プレリリース
- 2020年からリリース、しかし、NSAでスタート
- SA (Stand Alone) は、2022,2023年からか？2, 3年掛かる。

**※Industry4.0などスマートファクトリーは進んでいる。
2, 3年も待てない。 => 自前でローカル5G!**

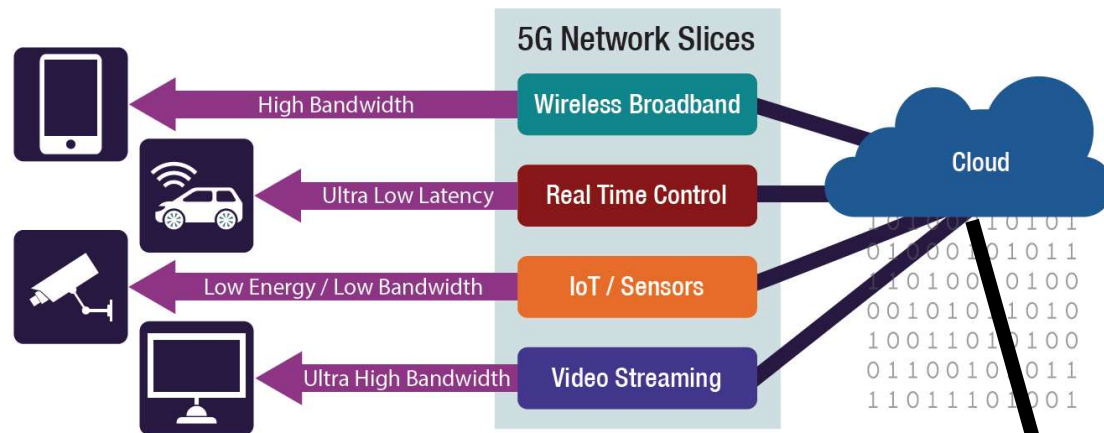
内容

1. 会社紹介
2. ローカル5Gとは？
- 3. オープン化：フロントホール(RAN)**
4. オープン化：コミュニティ(SW)
5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)
6. ローカル5Gへの取組

3. オープン化:フロントホール(RAN)



3. オープン化: フロントホール(RAN)

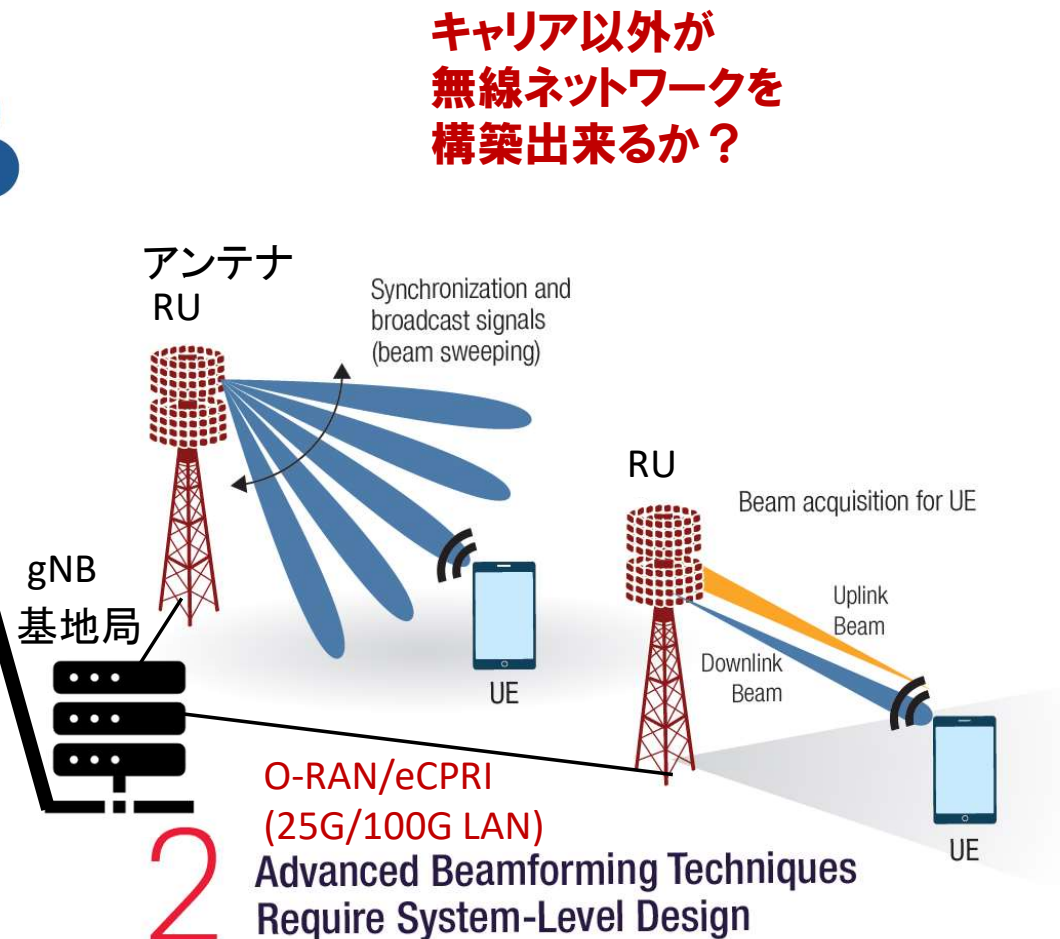


基地局からビームを細かく制御する(左下)
多くの分野でクラウドと連携する(右上)
=> 技術的に難易度が高い!

こんな壮大ことが、キャリア以外が出来る訳がない。
しかしながら、
ローカル5Gでは、顧客ニーズに応じた特化した
通信・サービスを提供出来れば良い!

資料: Keysight

Seven Things You Need To Know About 5G New Radio
5992-2758N.pdf ※図を変更しています。



キャリア以外が
無線ネットワークを
構築出来るか?

O-RAN/eCPRI
(25G/100G LAN)
Advanced Beamforming Techniques
Require System-Level Design

3. オープン化: フロントホール(RAN)

5Gでは、28GHzは飛ばないため、多くの基地局が必要。
 マクロセルからスモール、ピコ、フェムト・セルと基地局も小型化する。
 LTEでは、キャリア仕様の通信のためマルチ・ベンダーが余り進まず。
 5Gでは、例えばドコモはO-RANメンバーとなりオープン化を推進する。コストを下げる。

O-RAN: eCPRIの機能、制御を定義

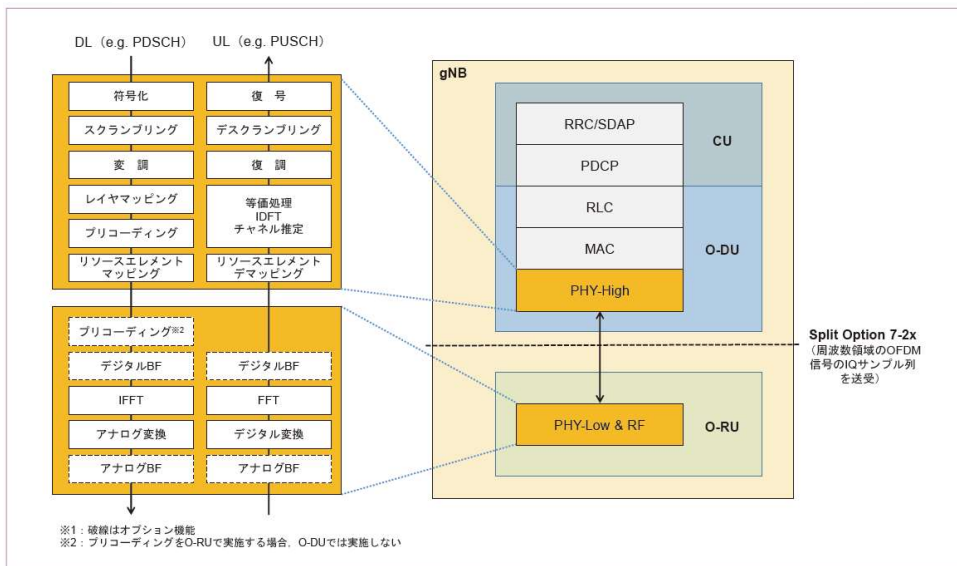


図2 O-RANフロントホール仕様で採用されたSplit Option 7-2x

NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル Vol. 27 No. 1 (Apr. 2019)

— 45 —

eCPRI: UDPのI/Qデータフォーマットを定義

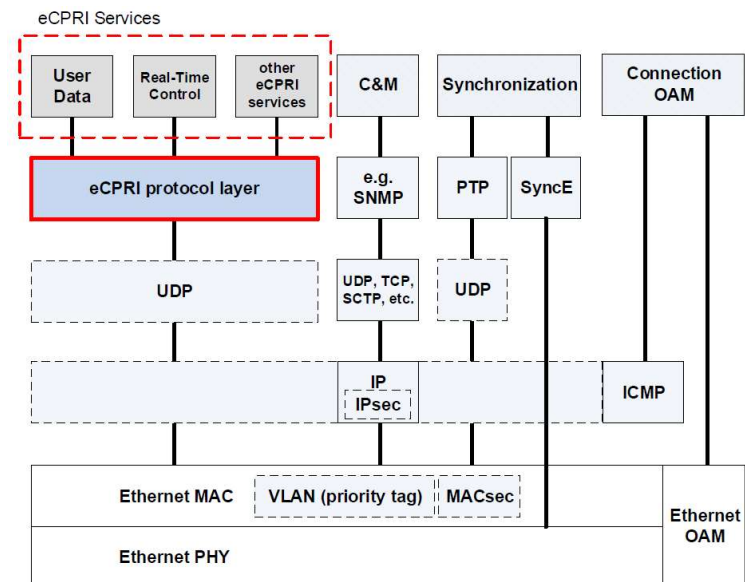


Figure 6: eCPRI protocol stack over IP / Ethernet

eCPRI_v_1_0_2017_08_22.pdf

内容

1. 会社紹介
2. ローカル5Gとは？
3. オープン化：フロントホール(RAN)
- 4. オープン化：コミュニティ(SW)**
5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)
6. ローカル5Gへの取組

4. オープン化:コミュニティ(SW)

facebook

TIP OpenCellular (TIP-OC)	● 発展途上国（アジア、アフリカ等）にモバイルコネクティビティを提供することを主目的とする ● 安価な基地局を作り、フェイスブックの支援の下、コミュニティ（住民）が運用する
OpenAirInterface (OAI)	● 3GPP プロトコルに準拠したアクセス／コアネットワークのソフトウェアを開発 ● 無線ネットワークを汎用プロセッサ上で動作するOSSとすることで、簡素化、コスト低減、柔軟性の向上を目指す

フランスの大学院大学

businessNETWORK.jp 2018.04.25
LTE網オープン化の2つの潮流
汎用ハードとOSSでセルラーネットワークを作る。

キャリアに対抗出来るのか？

汎用ハードウェアとオープンソフトが進んでいる。

オープンなコミュニティを採用し、無線システムを構築する。

2つのコミュニティがある。

ローカル5GにはOAIが向く！

4.オープン化:コミュニティ(SW)



OpenAirInterface 5G
Overview, Installation, Usage

Florian Kaltenberger

First North America OpenAirInterface Workshop,
Bell Labs Murray Hill, 25.6.2019

**年2回のワークショップ
交流が盛ん！**

**弊社もメンバーに
加入予定。**

4.オープン化:コミュニティ(SW)

Hardware Requirements

■ SDR platform

- ExpressMIMO2 (discontinued)
- USRP B200, X300, N300 (recommended)
- Blade RF
- LMS-SDR
- Skylark Iris
- Syrtem



USRP N310 Isometric view



■ Host PC

- A powerful x86 PC (recommended)
 - Intel Core i5, i7, i9
 - Intel Xeon
 - Intel Atom
 - ≥ 4 cores, ≥ 3 GHz, SSE 4, AVX
- Low-cost x86 PC (for RRH)
 - Up board (up2), Euclid board



■ Antennas, Duplexers, etc

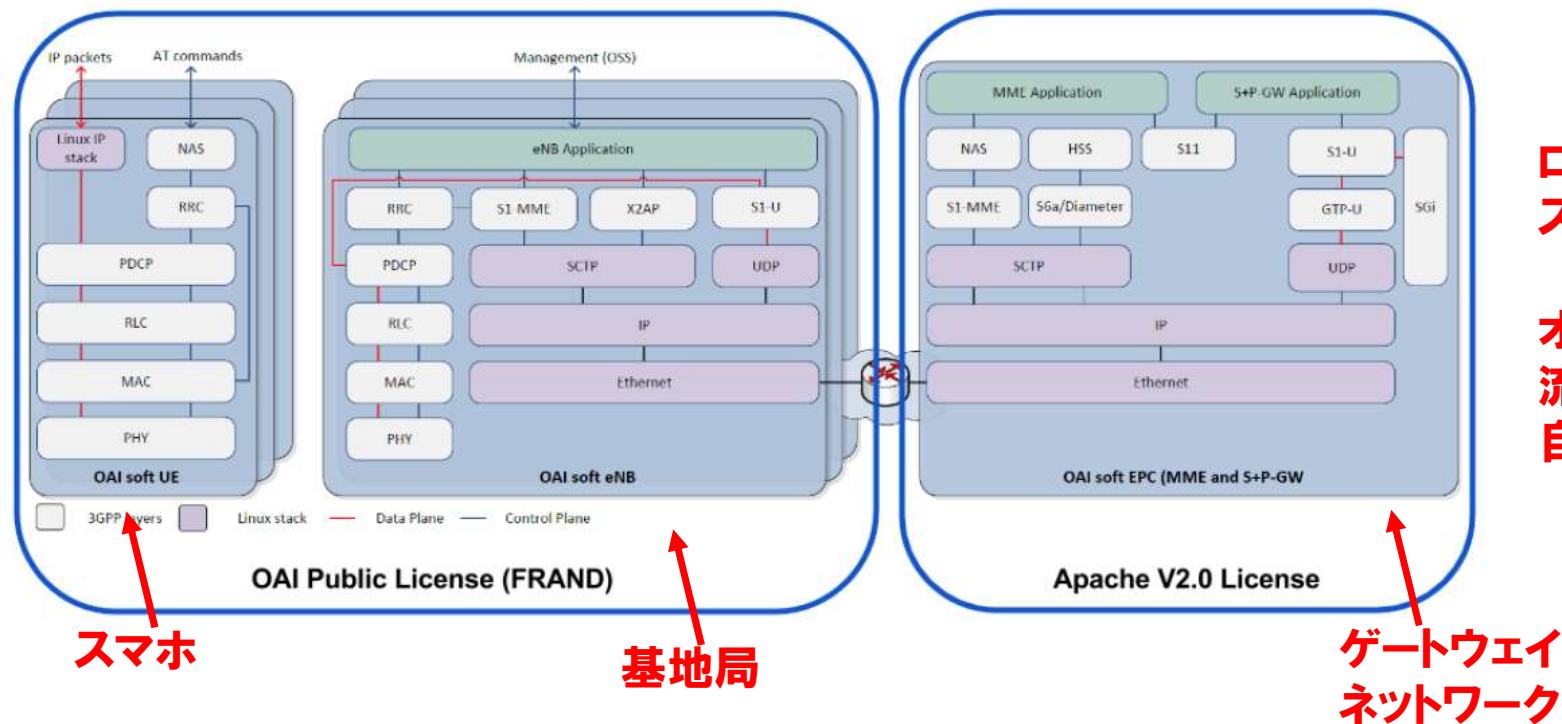
安価な無線装置で動作する。
試作に向く。

汎用PCで処理が出来る時代。

4.オープン化:コミュニティ(SW)

OAIは、スマホと基地局とゲートウェイ全てである。
5Gも進行中。
しかしながら、
ローカル5Gでスマホが必要か？

The OAI Licensing model



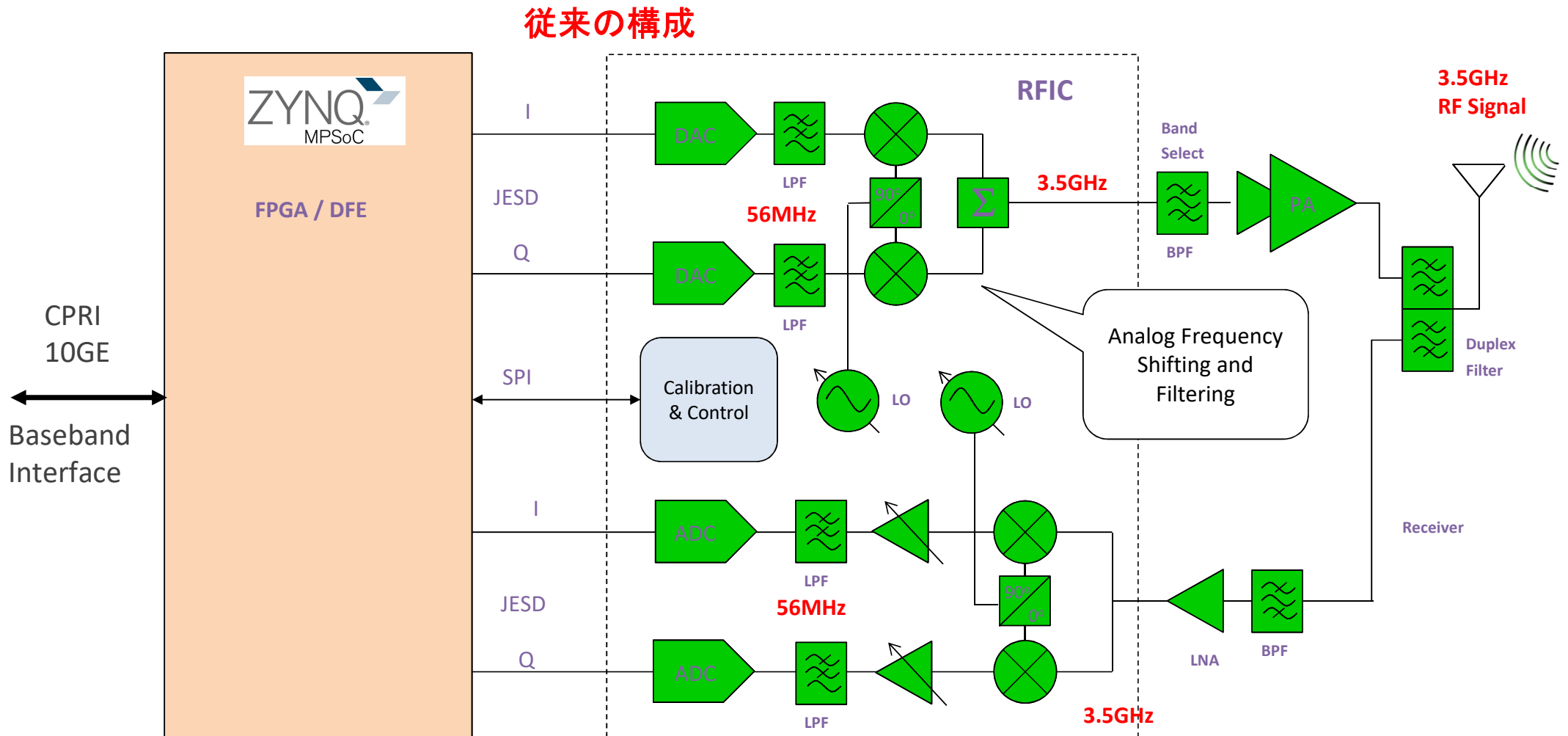
**ローカル5Gの端末は、
スマホではない！**

**オープンなソフトを
流用して、
自前の端末を構築する。**

内容

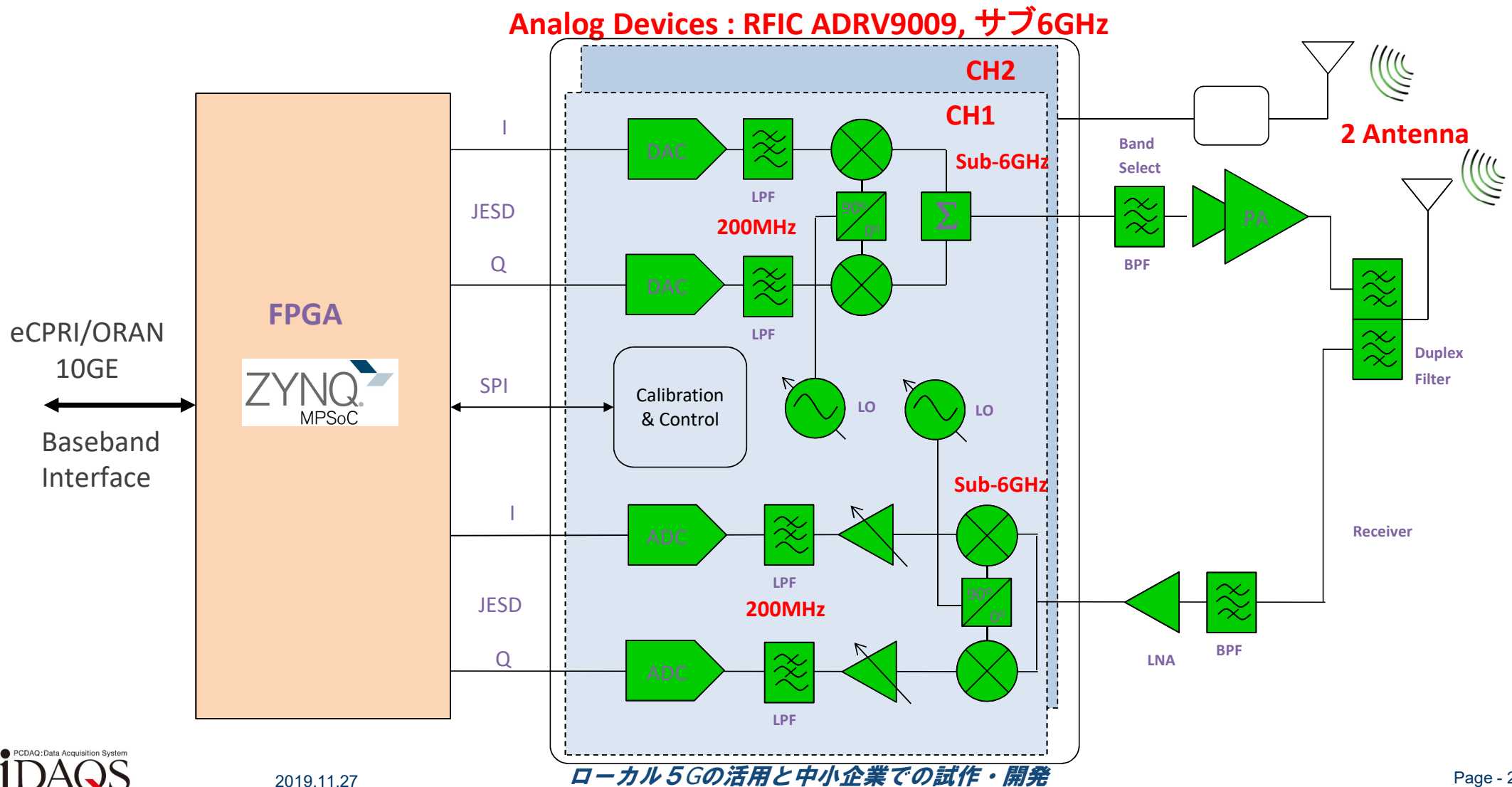
1. 会社紹介
2. ローカル5Gとは？
3. オープン化：フロントホール(RAN)
4. オープン化：コミュニティ(SW)
- 5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)**
6. ローカル5Gへの取組

5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)



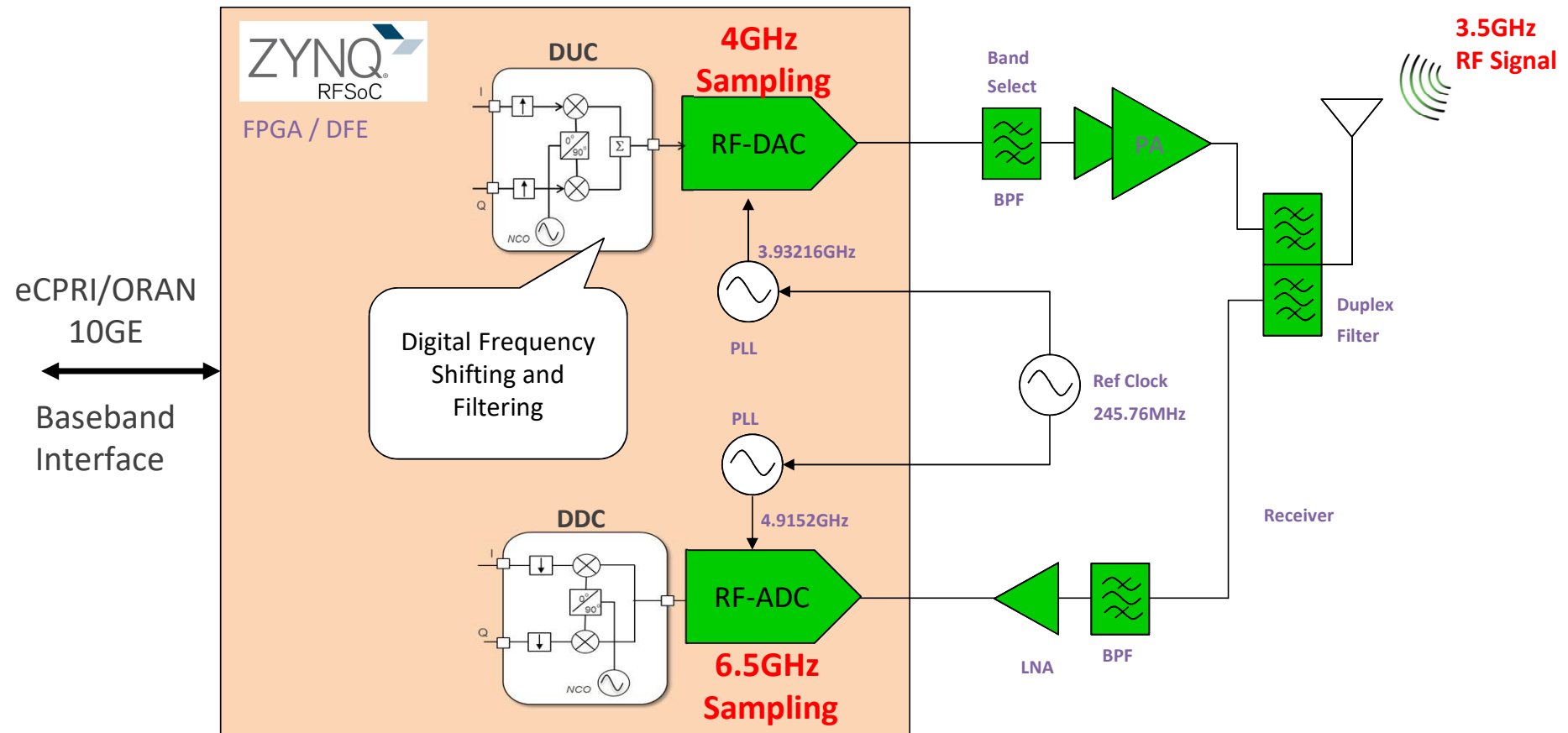
ローカル 5G の活用と中小企業での試作・開発

5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)



5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)

Xilinx : RFSoc, A/D&D/AがFPGAに入った !



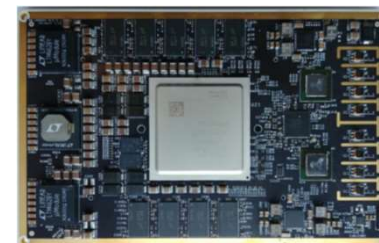
5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)

SDRボード: **ローカル5Gで使える！**
Analog Devices社のボード: 100万円
FPGAにはARMもあり、Linuxが動作する。

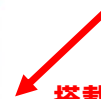
キャリア・ボード
ADRV2CRR-FMC: \$599



SDRボード(Sub-6GHz RF&FPGA)
ADRV9009-ZU11EG RF SOM : \$7999

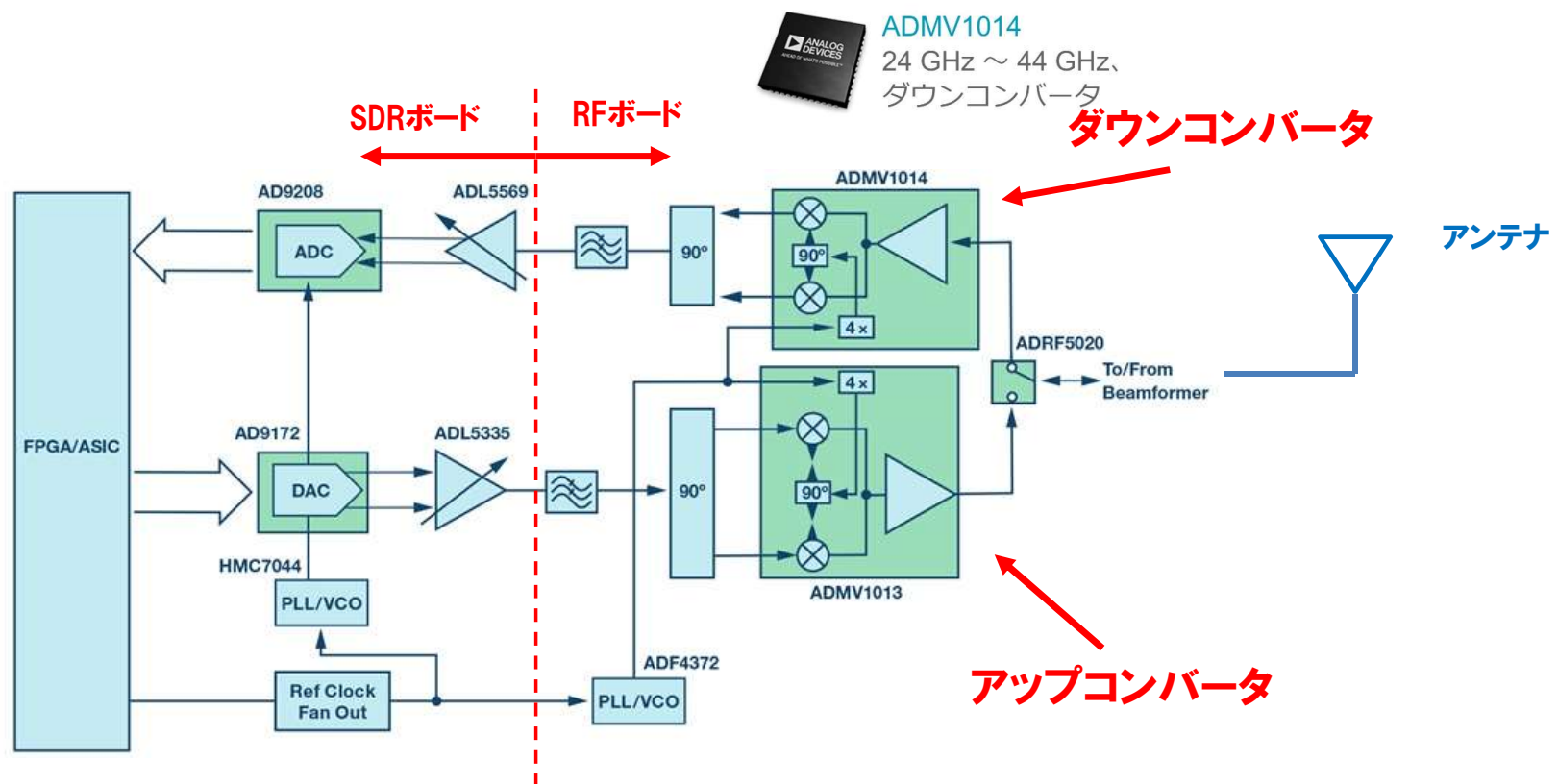


搭載



5.ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)

RF回路: 28GHzミリ波の高周波を低周波ベースバンドに変換する。



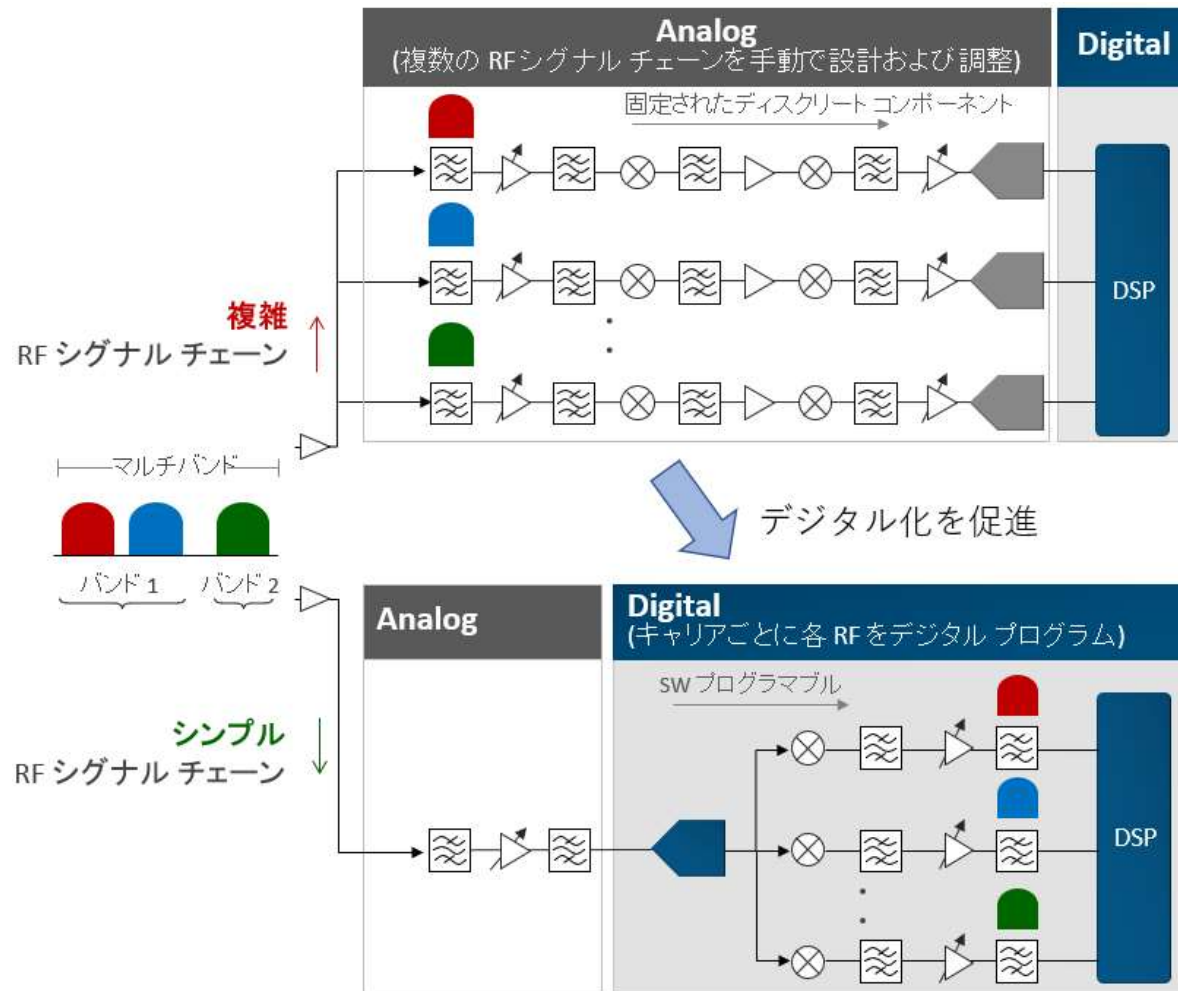
5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)

Xilinx FPGA: RFSoc, 超高速A/D&D/A (4GSPS) が8chも内蔵!

Zynq UltraScale+ RFSoc Portfolio
Scalability across the portfolio that meets current and future market needs

4GHz of Max Analog Bandwidth	5GHz of Max Analog Bandwidth	6GHz of Max Analog Bandwidth
		
Breakthrough Integration of RF Data Converters on a HW Programmable SoC • 8x or 16x 6.554GSPS DACs • 8x 4.096GSPS or 16x 2.058SPS ADCs Buy Boards & Kits	Timely support of the latest 5G Bands for Regional Deployment • 16x 6.554GSPS DACs • 16x 2.220GSPS ADCs Contact Sales	Full direct RF support of sub-6GHz bands with extended millimeter wave interface • 8x or 16x 10.0GSPS DACs • 8x 5.0GSPS or 16x 2.5GSPS ADCs Contact Sales

5. ハードウェア進化:ソフトウェア無線(HW)



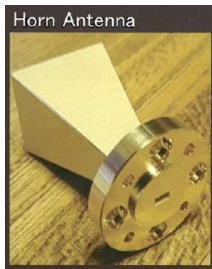
4GHzサンプリングなので2GHz帯域をカバー
しかし、そんなに広帯域は余りない、、、

DDC(Digital Down Converter)
DUC(Digital UP Converter)
これらを駆使して、シンプルにプログラマブルに！

ソフトウェア無線(SDR)を5Gに応用する。

5.ハードウェアの進化:アンテナ(HW)

28GHzアンテナ: 各種あり、顧客ニーズに合わせる。



ホーンアンテナ



超多素子素子アンテナ
NEC製



64素子アンテナ
三菱電機製



Massive MIMO基地局装置
(28GHz帯)

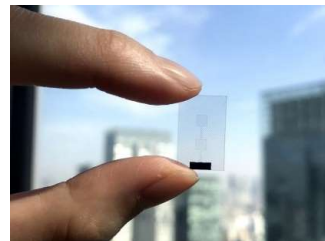


Massive MIMO基地局装置
(4GHz帯)

Massive MIMOアンテナ
ソフトバンク様



無指向性アンテナ
キャンドックス製



ガラスアンテナ
AGC製

内容

1. 会社紹介
2. ローカル5Gとは？
3. オープン化：フロントホール(RAN)
4. オープン化：コミュニティ(SW)
5. ハードの進化：ソフトウェア無線(HW)
6. ローカル5Gへの取組

6. ローカル5Gへの取組

ローカル5Gは、
NEC、富士通なども発表しています。
先月、CEATECにて京セラも発表しました。
今回のMWEでも大手メーカーから発表されている。

大手様ではソリューションを提供します、
コンサルを含めて、多分、数千万円と高額では??

サムスンやエリクソンなど海外もコンサル費用が高く、
低価格では対応しないと聞く。

高額ではローカル5Gを開始出来ない。

=> 低価格なローカル5Gスターターキットが出来ないか？

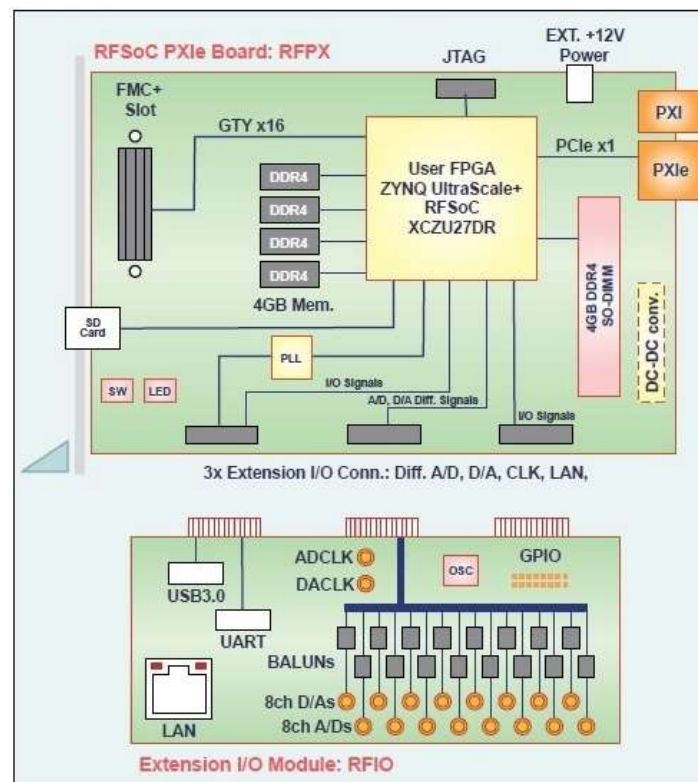
6. ローカル5Gへの取組

東京都の助成金を頂き、自社開発しました。
先端研究向きでFPGAが高額！



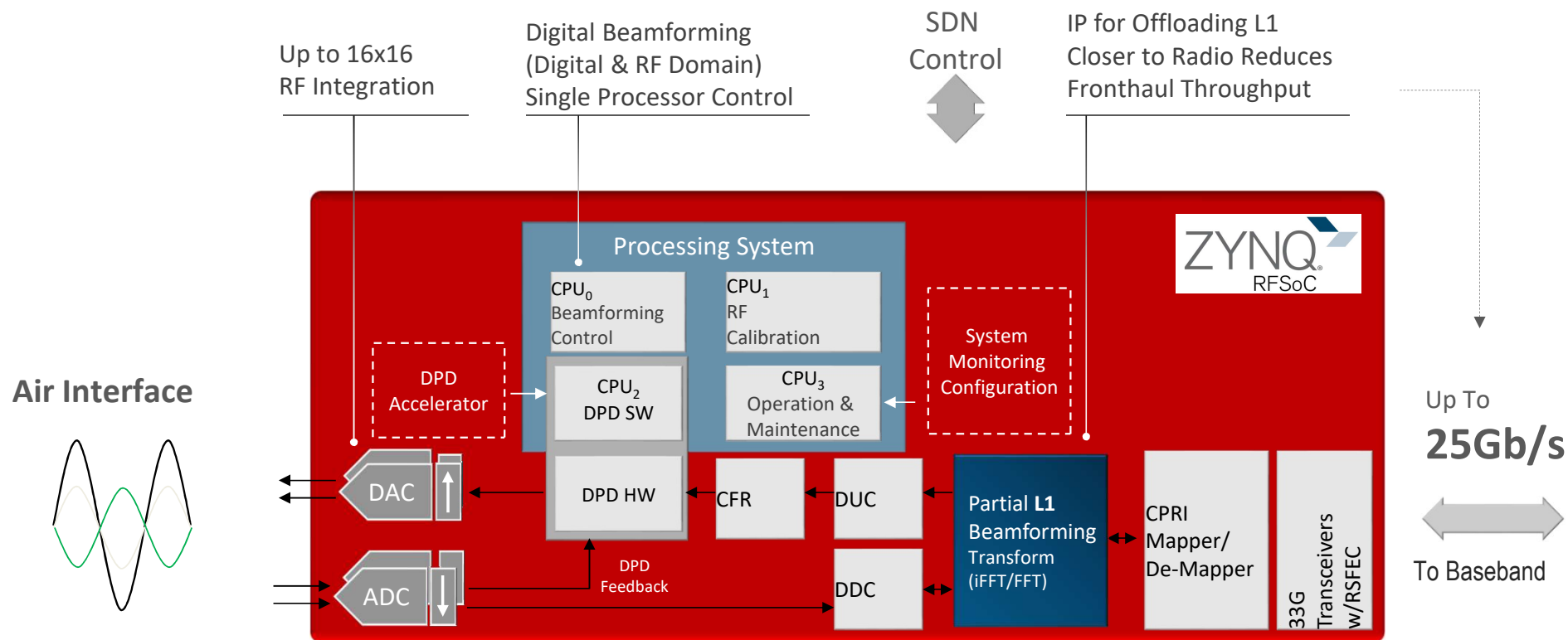
RFPX FPGAボード

- ・ FPGA: RFSoc XCZU27DR
- ・ 規格: PXI-Express
- ・ FMC+コネクタ: GTY x16レーン
- ・ 拡張I/O: 8CHs A/D & D/A Single Signal by Balun



6. ローカル5Gへの取組

5GフロントホールのFPGA構成例 中小企業では厳しい！



6. ローカル5Gへの提案

28GHzの信号を作ってみよう。



5G Toolbox



Ethernet

Xilinx
ZCU102

ADRV9009
-W/PCBZ

1GHz IF
ループバック

Tx2

Rx2

Rx1

Tx1

1GHz IF
BW100MHz

IF

ADMV1014
-EVALZ

LO_N / LO_P

7GHz
Lo

RF_IN

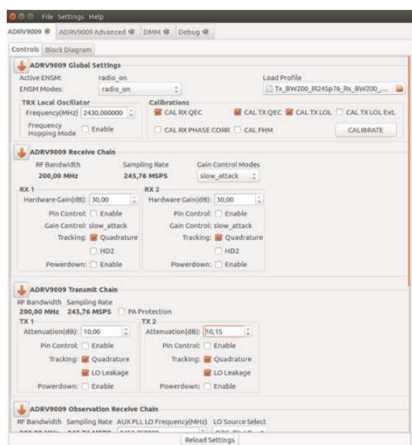
ADF4372
-EVALZ

RF_OUT

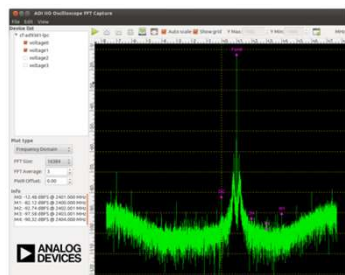
ADMV1013
-EVALZ

LO_N / LO_P

IF



ADRV9009 IIO plugin



IIO Oscilloscope

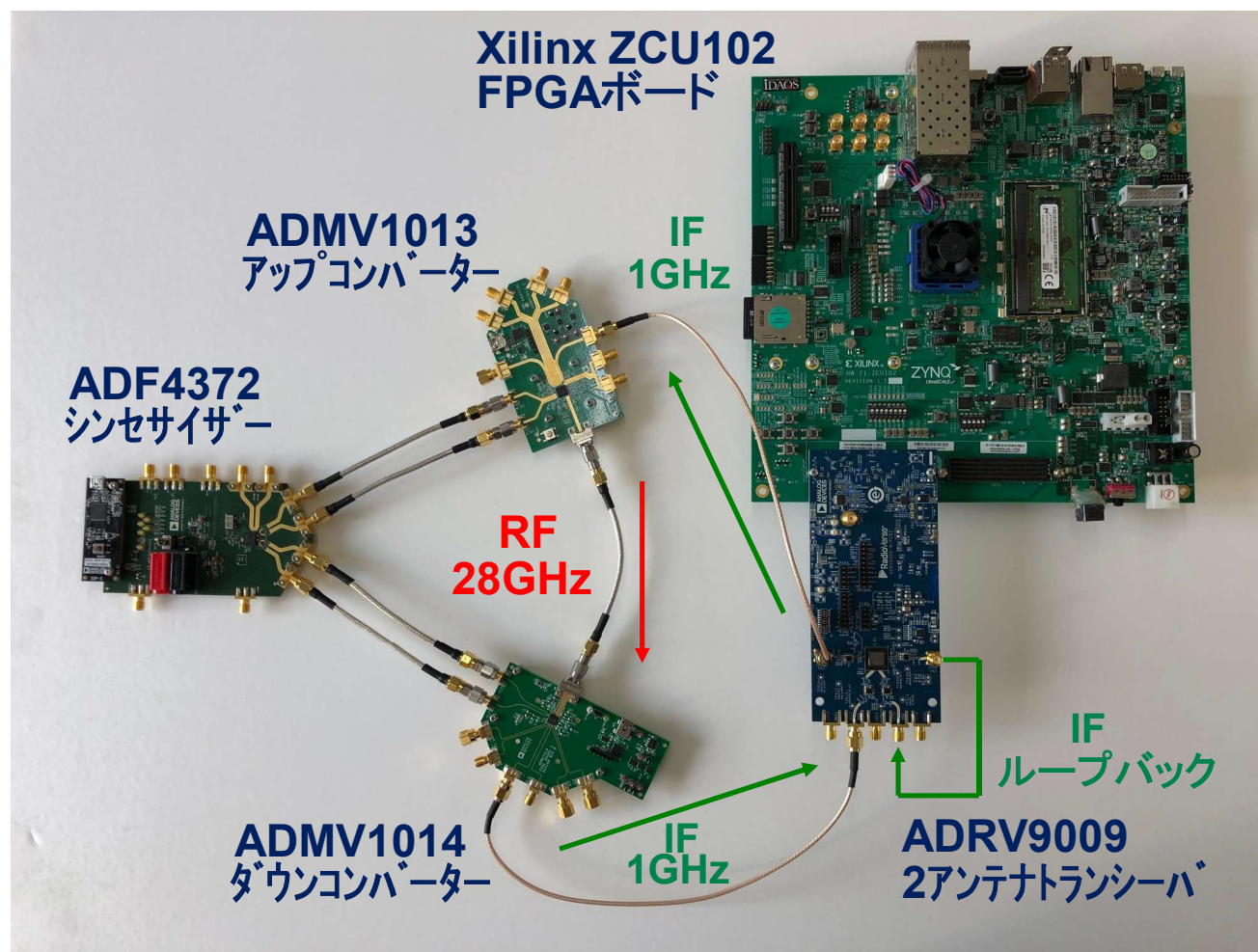
ローカル5Gの活用と中小企業での試作・開発

6. ローカル5Gへの提案

28GHzの信号を作ってみよう。

▶ 5種類の評価ボードのみ！

1. **ADMV1013**: 24GHz to 44GHz
広帯域アップコンバーター
2. **ADMV1014**: 24GHz to 44GHz
広帯域ダウンコンバーター
3. **ADF4372**: ~16GHz
VCO内蔵シンセサイザー
4. **ADRV9009**: Sub-6GHz
200MHz帯域デュアルトランシーバー
5. **ZCU102** Xilinx FPGA

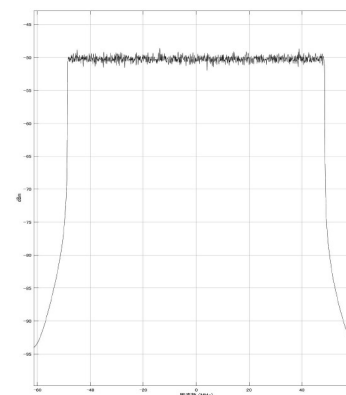
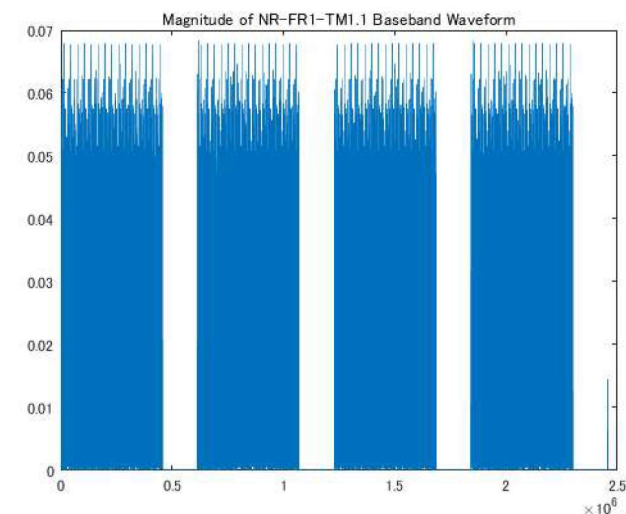
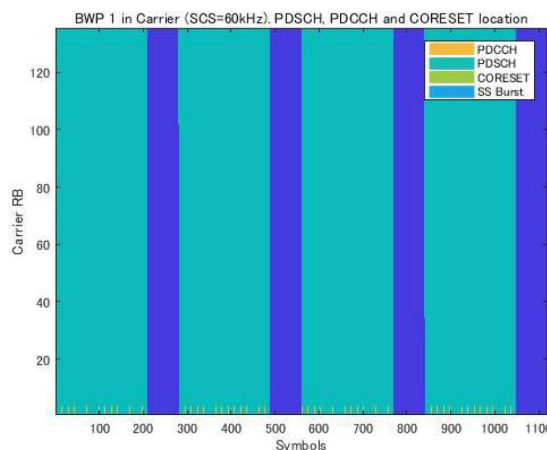
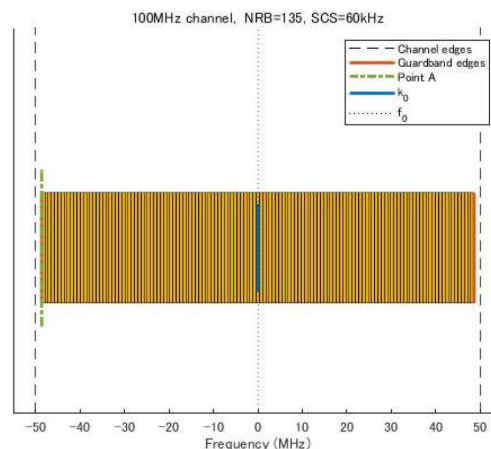


ローカル5Gの活用と中小企業での試作・開発

6. ローカル5Gへの提案

3GPPのテスト信号

- ▶ **MATLAB 5G Toolbox**を使用
 - 5G NR-TM(Test Model)
 - FR1(Freq. Range) TS 38.141-1
 - Model Name: NR-FR1-TM1.1
 - Band Width: 100MHz
 - Sub Carrier Spacing: 60kHz
 - Cell-ID: 1
- ▶ 設定のみで信号完成！
- ▶ サンプリング周波数122.88MHzを
245.76MHzに補間



5G信号「SCS60K_NR-FR1-TM1_1_122_88MSPS」

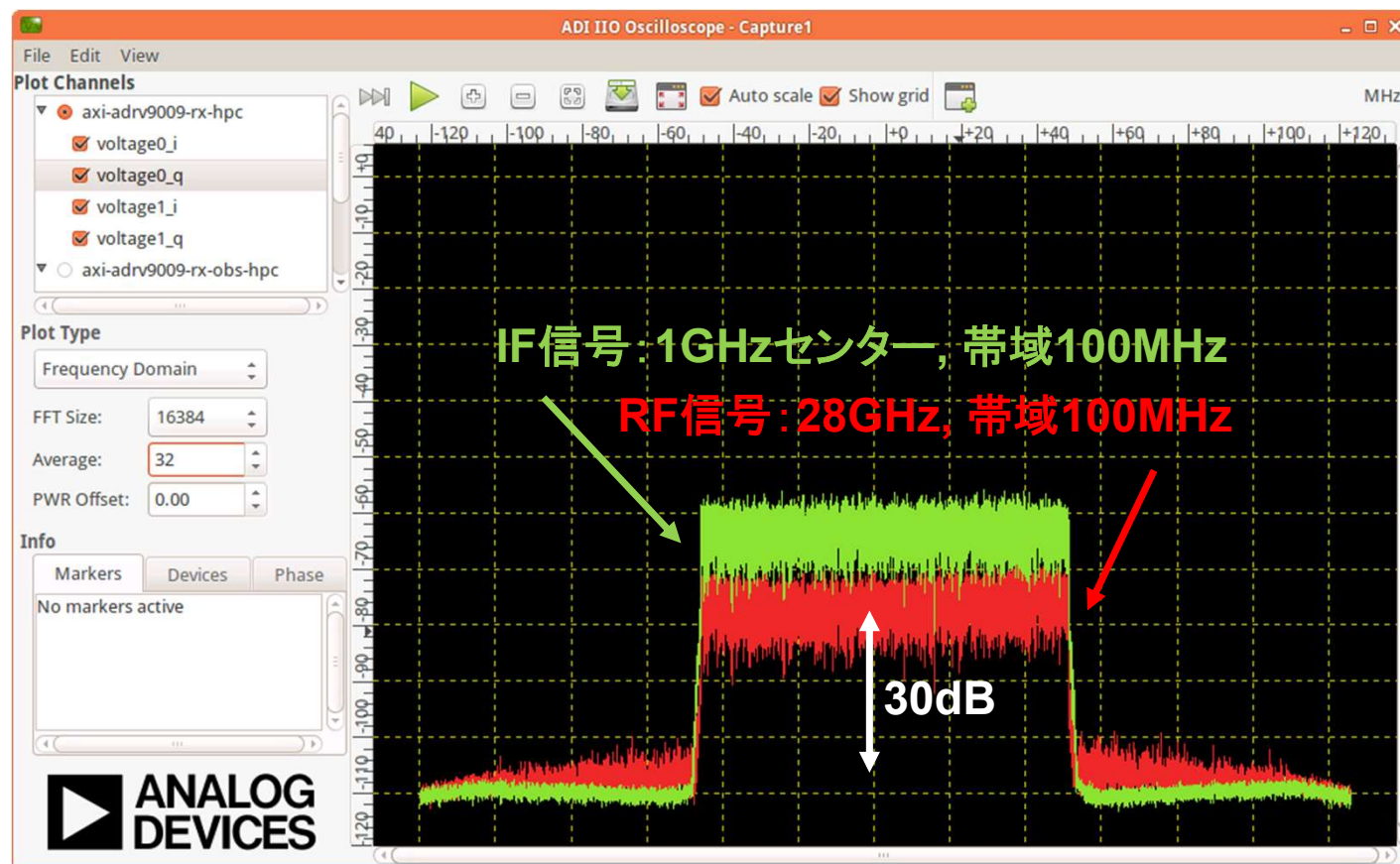
ローカル5Gの活用と中小企業での試作・開発

6. ローカル5Gへの提案

3日間で28GHzの信号を再生

- ▶ IF: 1GHzとRF: 28GHzをループバックで比較
- ▶ RFループバックにて、30dB程のダイナミックレンジを未調整で確保！

- 1日目: 電源・ケーブル準備
- 2日目: 5G Toolbox信号生成
- 3日目: 設定ユーティリティ操作し、測定開始！



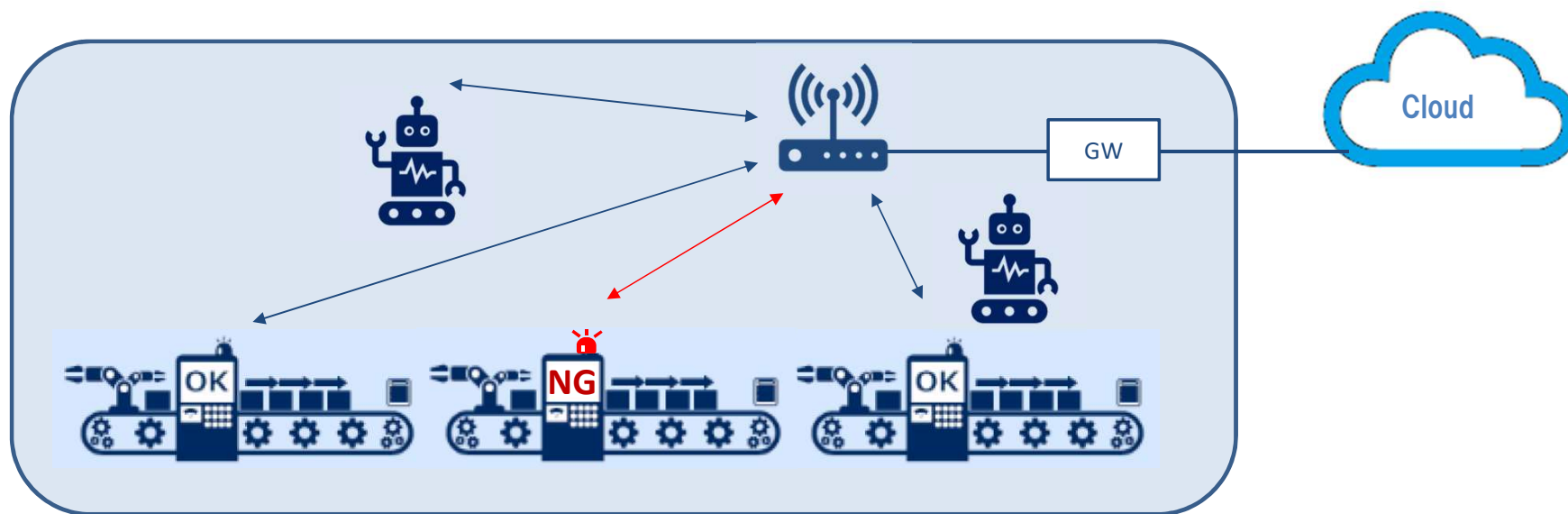
IIOオシロのアプリにて信号の再生・記録が用意されている。

6. ローカル5Gへの取組

ローカル5Gの電波法は11月末には発表される。
この時点では、28GHzで室内のみの認可。

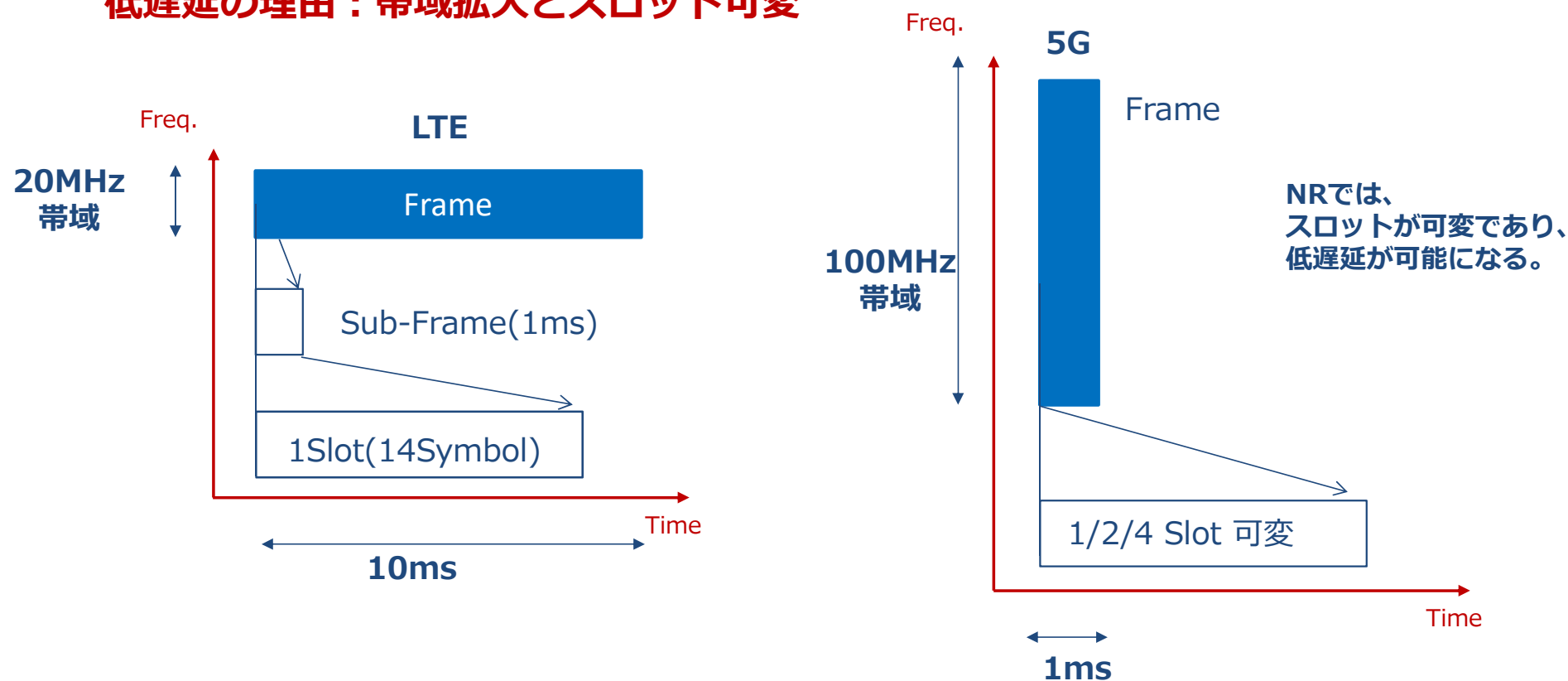
- ・ターゲットはスマートファクトリー。
- ・ロボットが走り回る工場、電源は電池、制御は5Gを想定する。
- ・ラインの判定、停止、開始など瞬時の応答性が必須である。

=> 低遅延に絞る！



6. ローカル5Gへの取組

低遅延の理由：帯域拡大とスロット可変

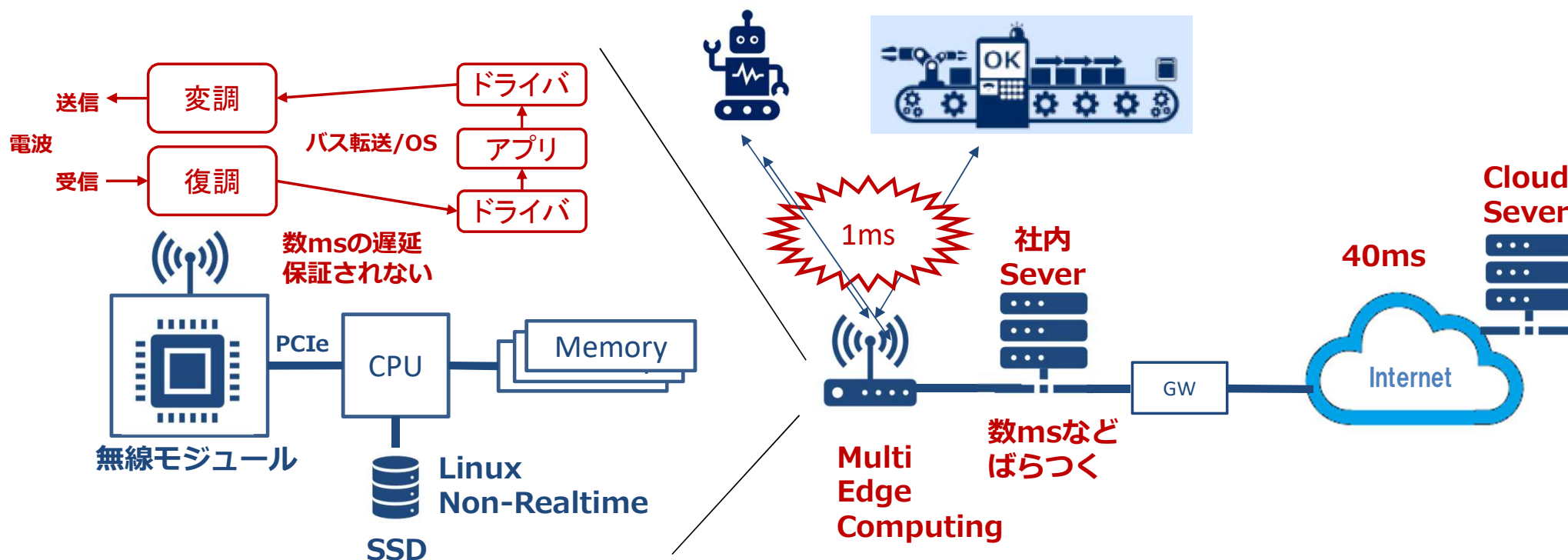


6. ローカル5Gへの取組

5Gでは、1msの遅延と言われる。

3GPP Release15では1ms、Release16(2020年)では0.1msも予定されている。

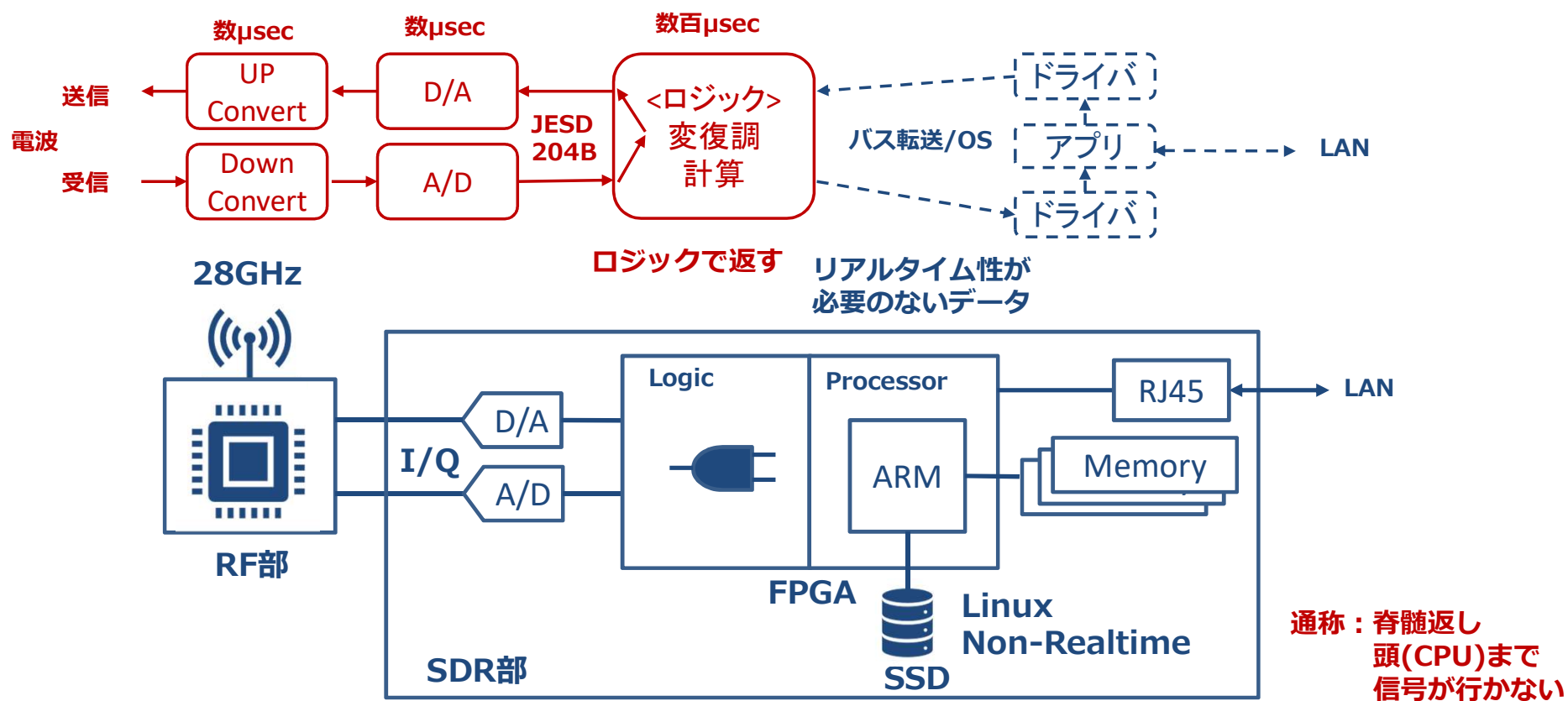
しかし、1msはエアーの時間。LANに流れると途端に40ms以上やばらつきがある。
EdgeもCPU、OSを介するため低遅延では無い。



6. ローカル5Gへの取組

低遅延をFPGAで実現する。

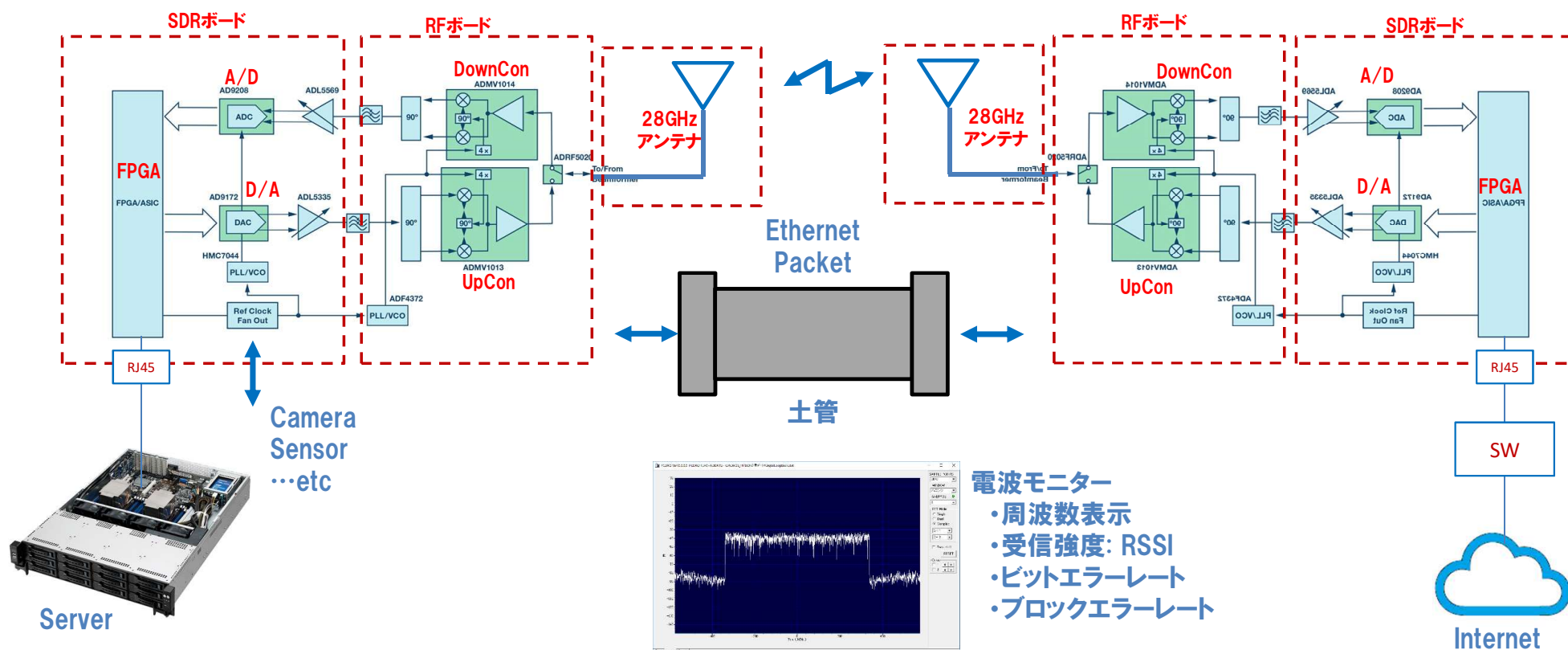
処理もFPGAとして、バス転送、OS(ドライバ、アプリ)のばらつきを排除する。



通称：脊髓返し
頭(CPU)まで
信号が行かない

6. ローカル5Gへの提案

低価格ローカル5G実験キットを計画中！目標300万円
Giga-LANの土管と電波の状態を示すモニターを用意する。
これから始めてみませんか？



6. ローカル5Gへの提案

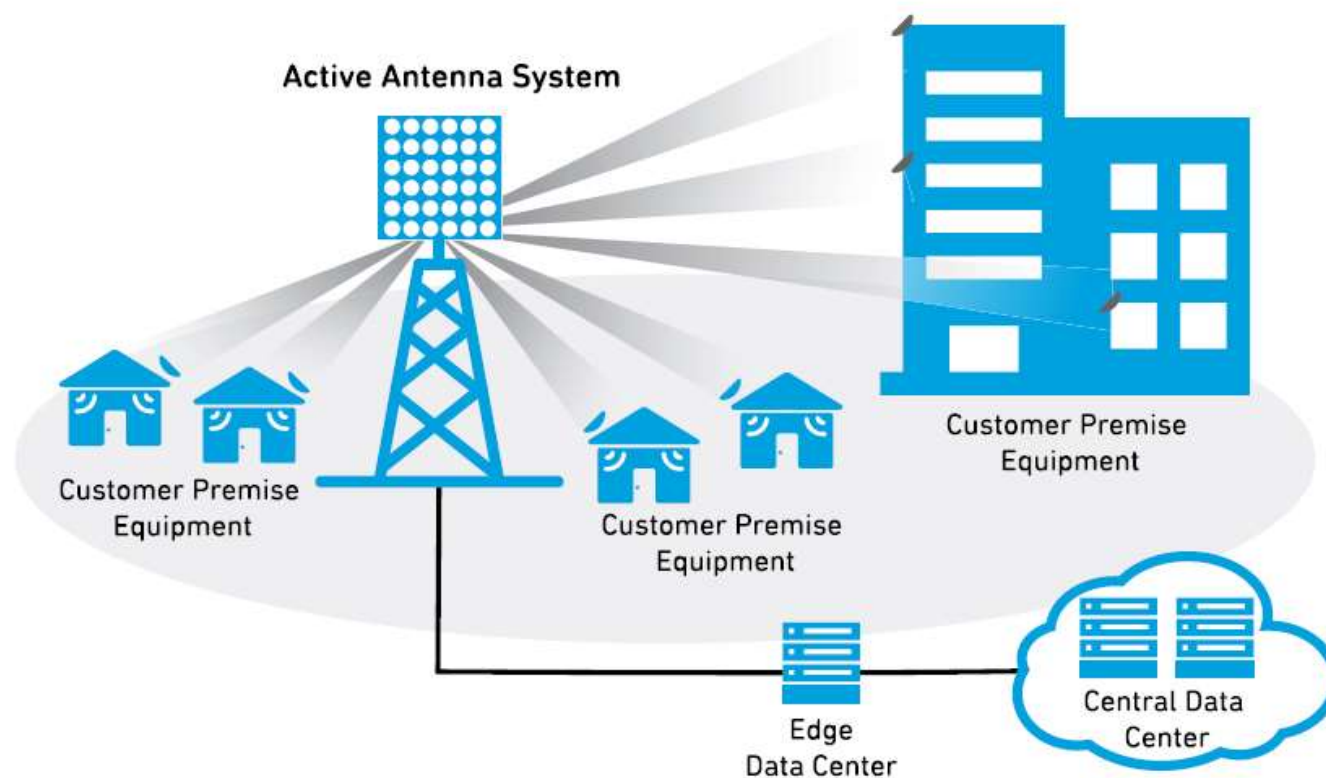


FIGURE 4-9: 5G end-to-end Fixed Wireless Access (FWA) networking using beam steering.

Radio Area Network(RAN)の
様々なサービスがあるが、、、

米国でFWA、日本は光。

土管の提供に意味がある。

ケーブル会社がローカル5Gを
検討している。

資料 : QORVO
5G RF for dummies
9781119424239.pdf

6. ローカル5Gへの提案

課題： キットはあっても、、、

- ・ ミリ波は飛ばない。見通しだけ、葉っぱも遮る。**
- ・ 個別要望の解決にはSIerの協力が必要。**

=> 苦労は判っていても、今から始めて先駆(苦)者になり、市場をリードすることに価値がある。とお考えの方、一緒にローカル5Gを始めませんか？