



ローカル5Gテストベッドの システム運用中におけるPDP特性の測定

末松 憲治† 芝 隆司† 古市 朋之†

Gustavo Cainelli†† Bodo Gambal†† Sven Müller†††

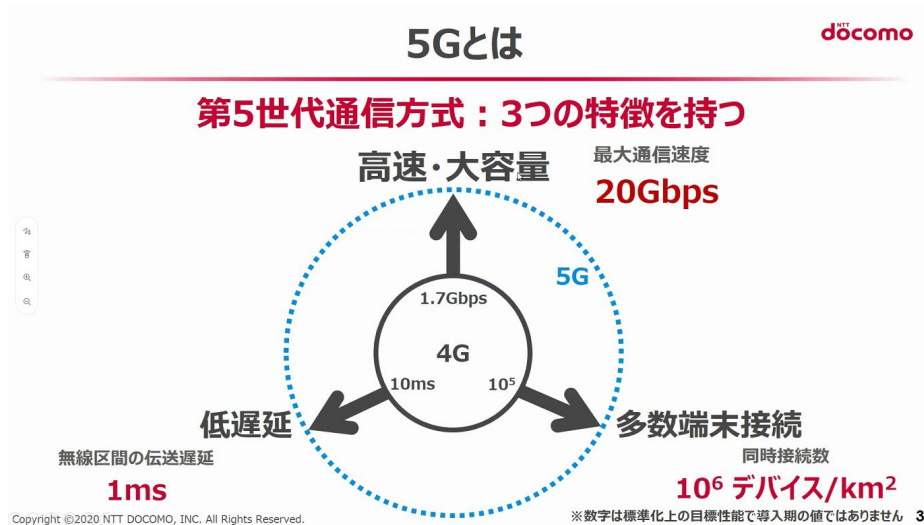
Nils Kranefeld††† Giuliano Persico††† Lisa Underberg††

†東北大学 電気通信研究所

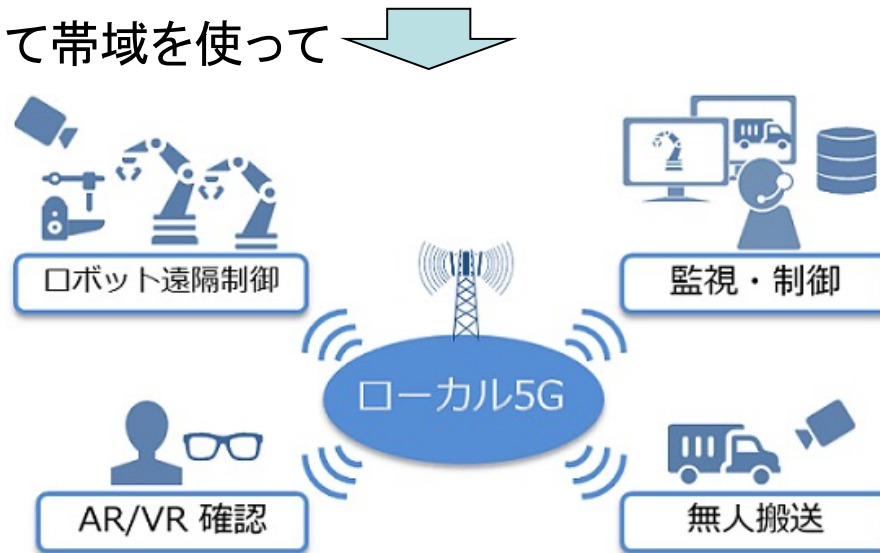
††Institute für Automation und Kommunikation e. V.

†††Demag Cranes & Components GmbH

背景 ーローカル5Gー



特殊な割り当て帯域を使って



チャネルモデルが必要

<https://boxil.jp/beyond/a6505/>

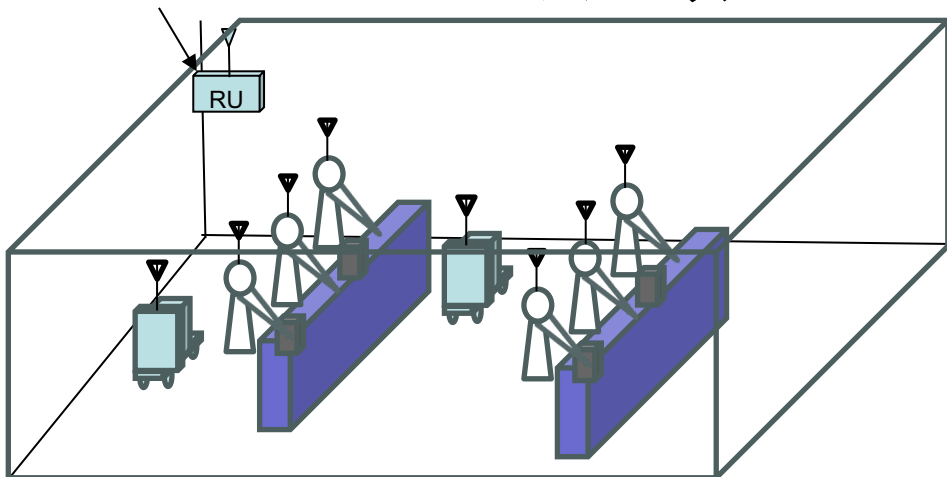
<https://k-tai.watch.impress.co.jp/docs/news/1272829.html>

<https://www.nextgen.co.jp/solution/mobile-com/local-5g/local5g-1.html>

運用中のチャネルモデル測定が必要な理由

RU: Radio Unit

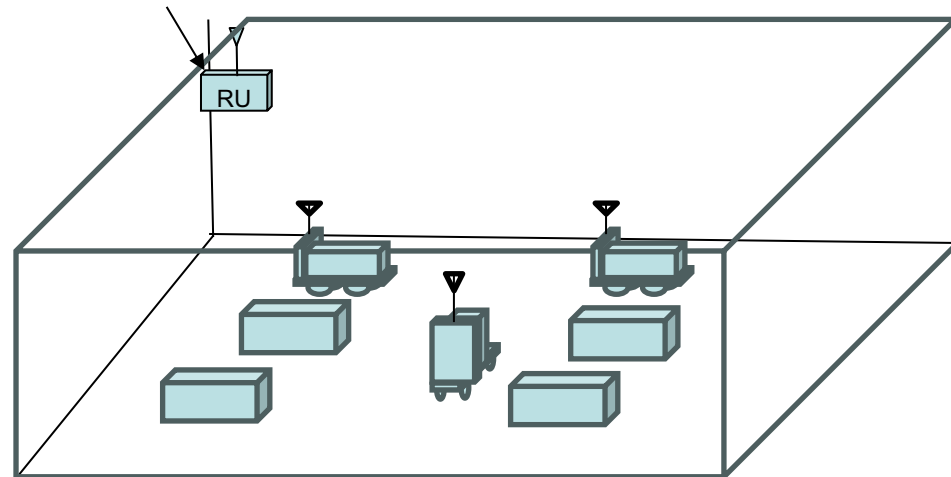
ローカルエリアA



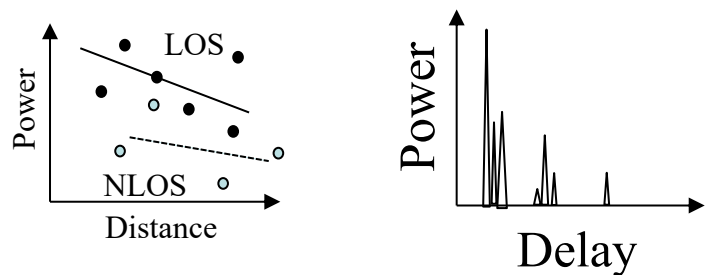
≠

RU: Radio Unit

ローカルエリアB

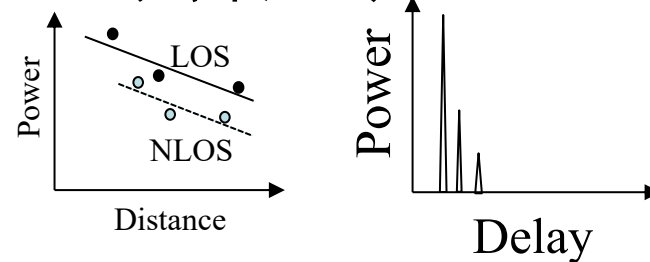


チャネルモデル



≠

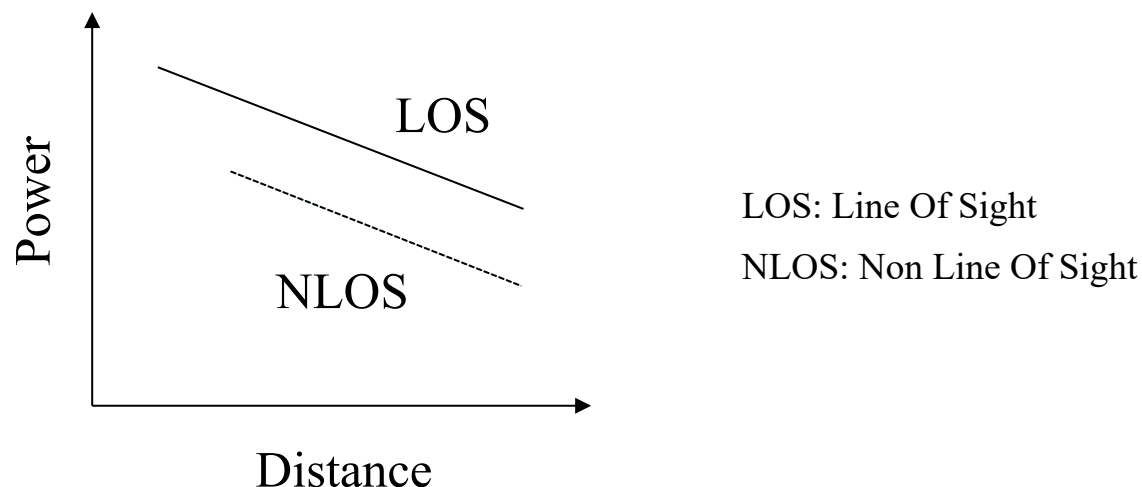
チャネルモデル



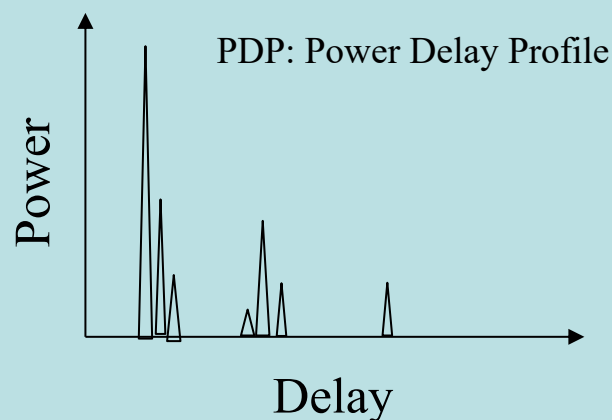
それぞれのエリアでは時々刻々通信環境が異なり、チャネルモデルも異なる。
=>それぞれの環境において(初期測定では無く)運用中のチャネルモデル測定が必要

チャンネルモデル

Type 1: 回線設計用チャンネルモデル (距離と受信電力のマップ)



Type 2: MIMO設計用チャンネルモデル (マルチパス遅延時間と受信電力のマップ, PDP)

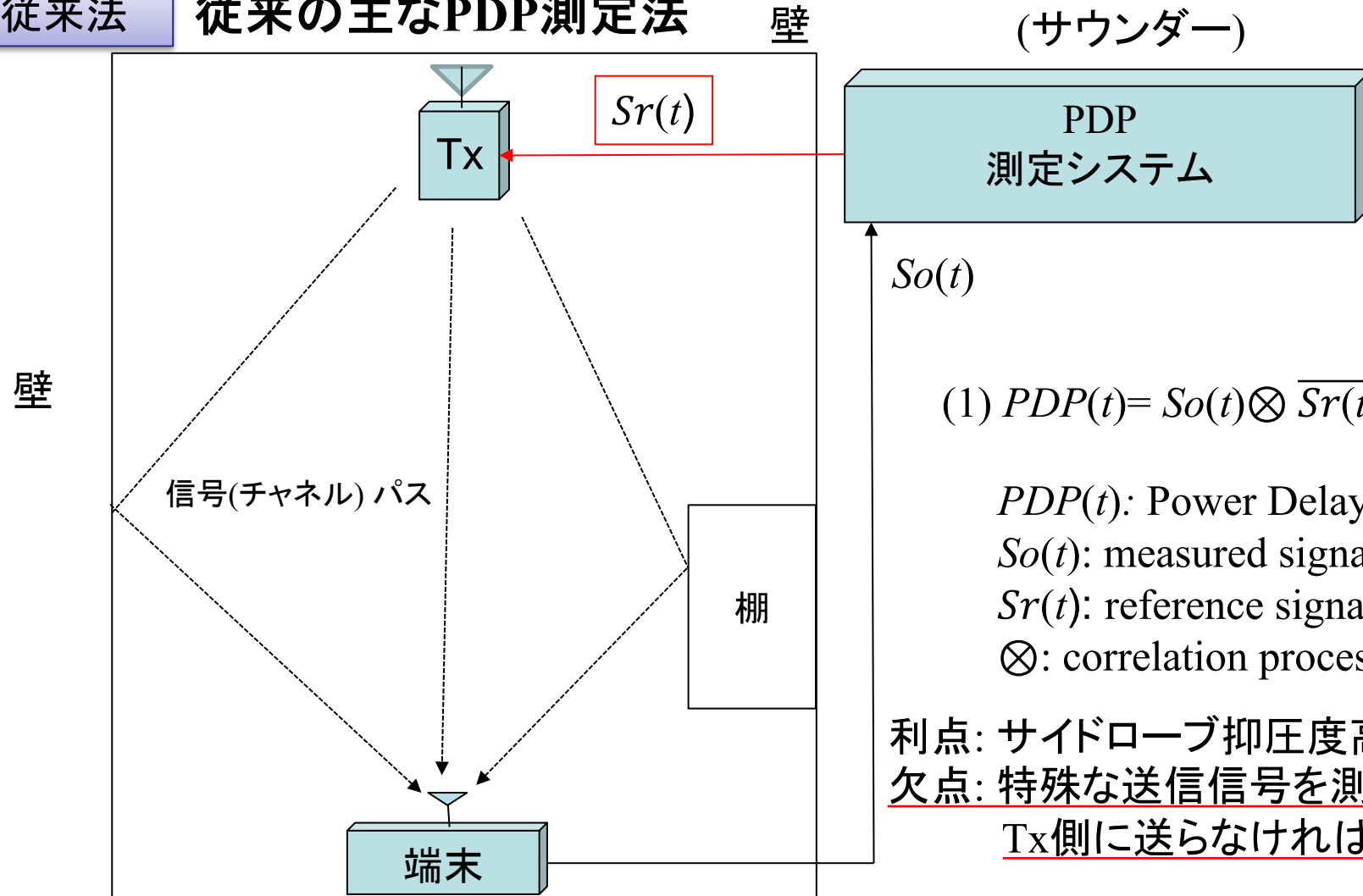


本日報告

図 無線通信の品質向上のための主なチャンネルモデル

従来法

従来の主なPDP測定法



$$(1) PDP(t) = So(t) \otimes \overline{Sr(t)}$$

$PDP(t)$: Power Delay Profile

$So(t)$: measured signal,

$Sr(t)$: reference signal,

$\otimes$: correlation process

利点: サイドローブ抑圧度高い。

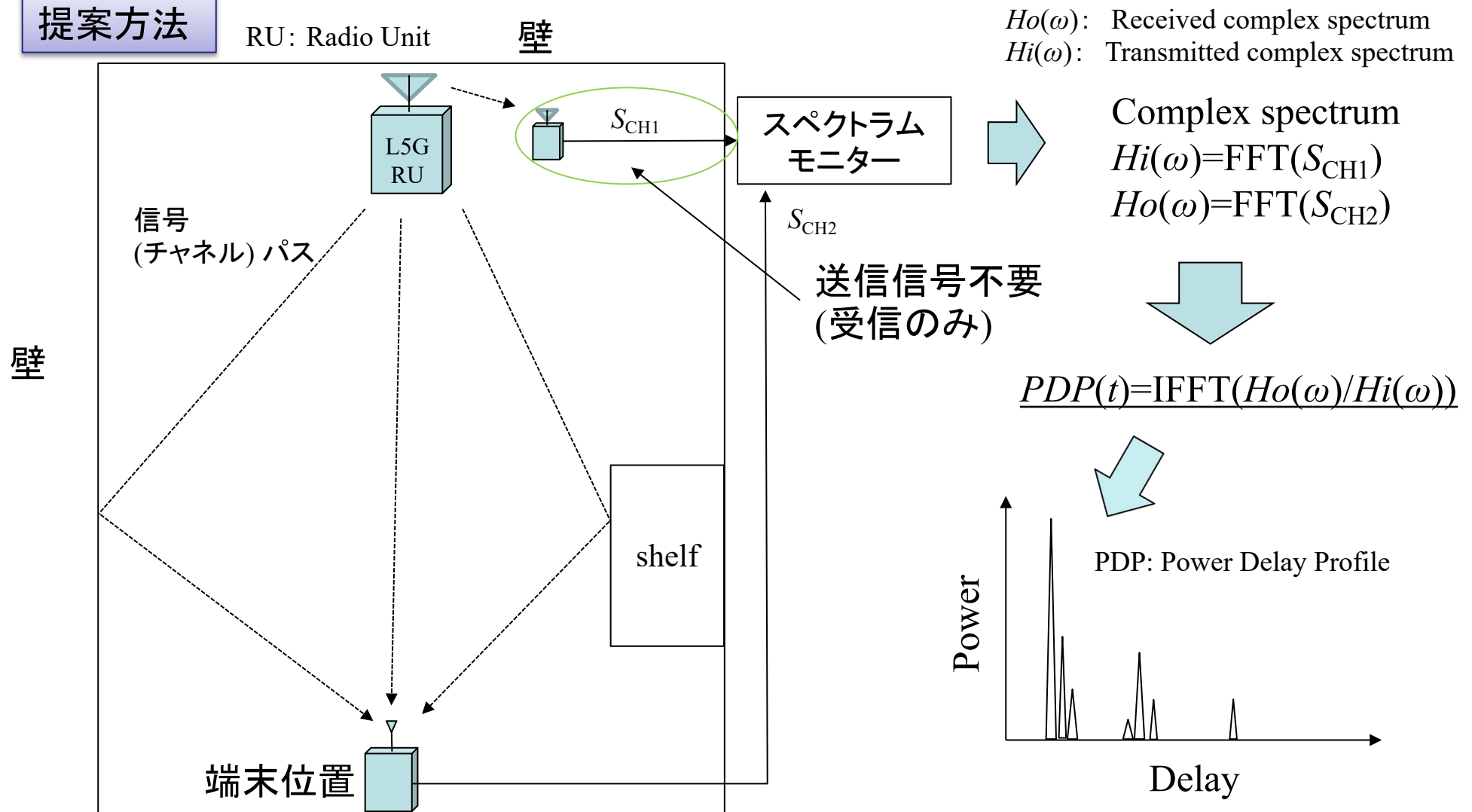
欠点: 特殊な送信信号を測定システム側からTx側に送らなければならない。

システム運用前の試験時では問題ないが、システム運用中では送信信号の変調方式が決められているため、この方式の適用は難しい。

図 特殊な送信信号を用いる従来のPDP測定法

提案： システム運用中のPDP測定法

提案方法



特殊な送信信号をTx側に送る必要がない。伝達関数の比を取るため、システム運用時でも、PDP測定可能である。従って、ローカル5Gシステムで、本方式は有効。

図 参照信号用の受信アンテナを配置した提案PDP測定法

運用中のローカル5GのPDP測定環境

測定環境

ローカル5Gテストベッド
のRU

RU: Radio Unit



Antenna
for S_{CH1}

場所: 東北大学
電気通信研究所
の玄関ホール



Antenna
for S_{CH2}



図 ローカル5Gテストベッドを用いたPDP測定環境

IFFT法による結果と課題

PDP測定に成功

しかし、下記課題あり。

(2) 低時間分解能
 $\Delta T = 1/B$

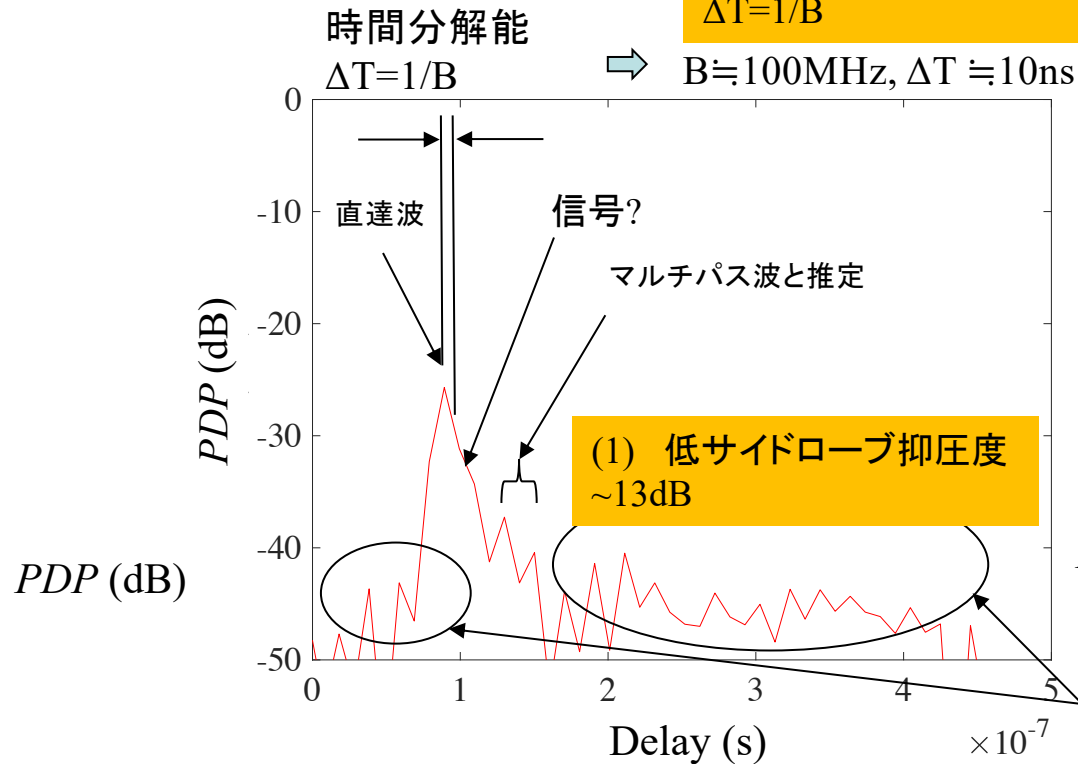
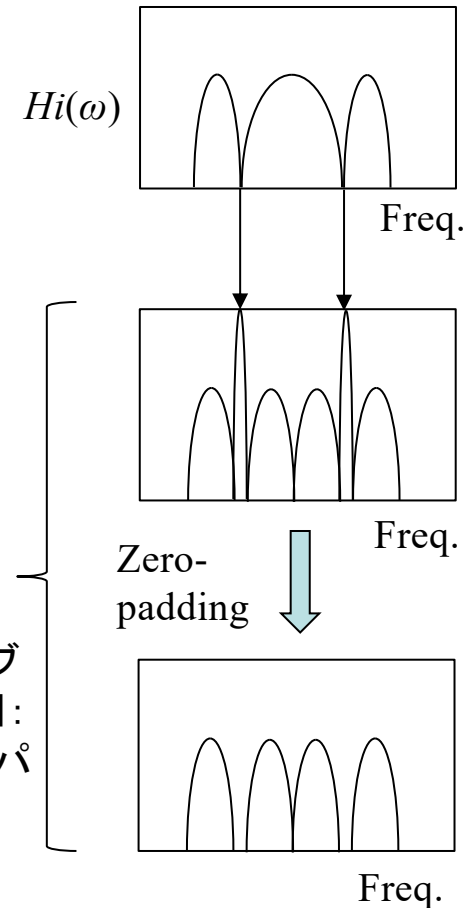


図 IFFTを用いた国内のType2チャネルモデル(PDP)の測定結果

$H_o(\omega)/H_i(\omega)$

サイドローブ
の主な原因:
雑音、ゼロパ
ディング



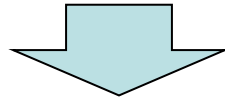
課題:

- (1) 低サイドローブ抑圧度
- (2) 低時間分解能

改良必要。

課題:

- (1) 低サイドローブ抑圧度
- (2) 低時間分解能



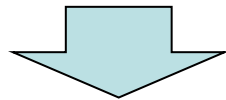
MUSIC法の適用

MUSIC: Multiple Signal Classification

参考文献: T. Shiba, T. Furuichi, and N. Suematsu, "Measurement of Power Delay Profile for Local 5G System," URSI GASS 2023, Sapporo, Japan, 19 – 26 August 2023.

1 Data (1 ms)

従来 (IFFT)



10分割

MUSIC



条件 A,C
1 data

条件 B,D
46 data

Snapshotから相関行列を求める。

相関行列から固有ベクトル求め、
MUSICにより、PDPを求めた。

固有ベクトルの信号限界値

$$PDP_{music}(t) = \frac{1}{\sum_{k=p+1}^N |v_k^H e(t)|^2} \text{music}(x, p, nfft)$$

時間サンプル
リング数

固有ベクトル 周波数—時間変換子

MUSIC信号処理条件

参考文献: T. Shiba, T. Furuichi, and N. Suematsu, "Power Delay Profile Measurement Applied MUSIC for Local 5G System," in Proc. 2023 6th World Symposium on Communication Engineering (WSCE2023), pp.49-55, Sept. 2023.

IFFT法

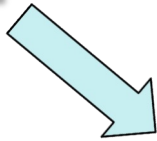
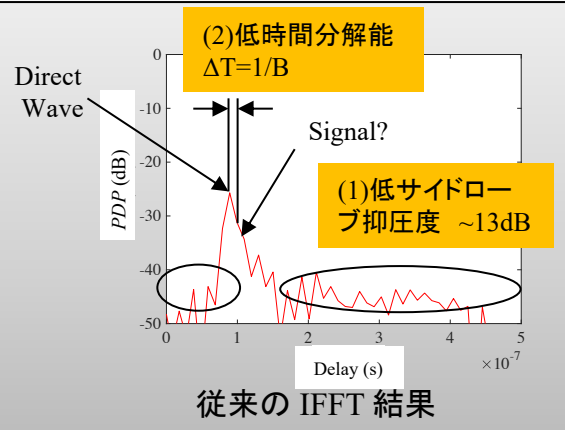


表 MUSIC法の検討条件

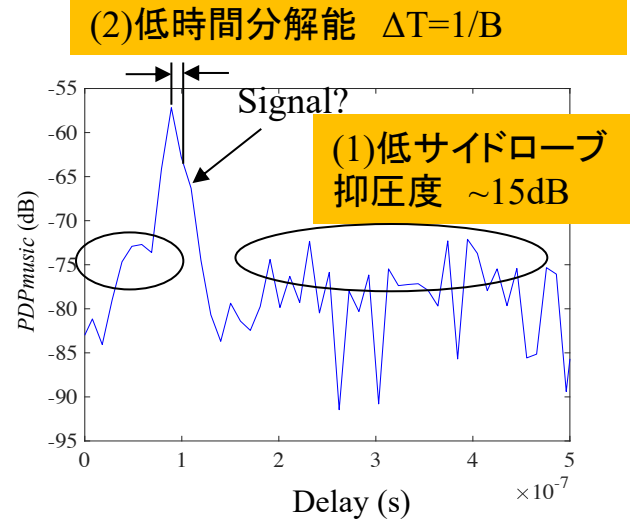
	1 個のデータ (10 snapshots)	46個のデータ (460 snapshots)
オーバーサンプル 無し (元と同じ)	条件 A	条件 B
オーバーサンプル (10 倍)	条件 C	条件 D

MUSIC法の適用結果



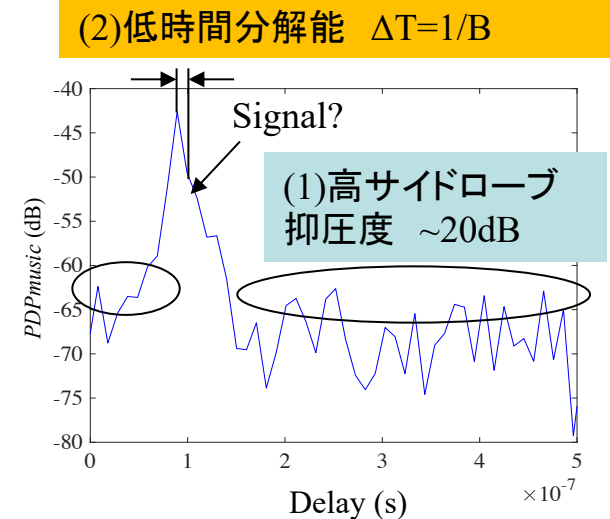
オーバーサンプル
無し(元と同じ)

1個のデータ (10 snapshots)



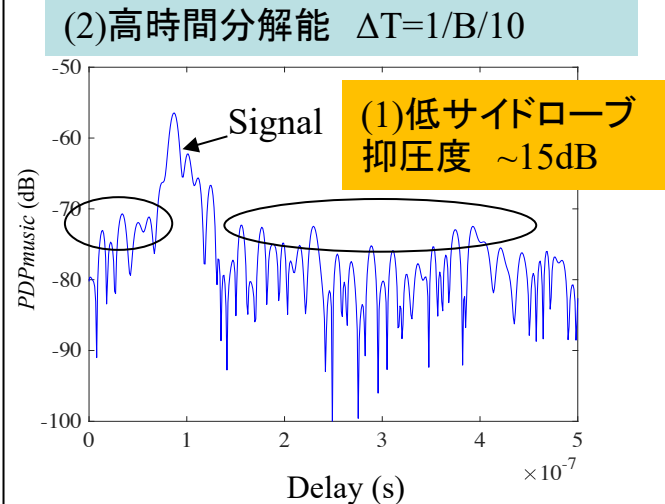
条件: A

46個のデータ
(460 snapshots)

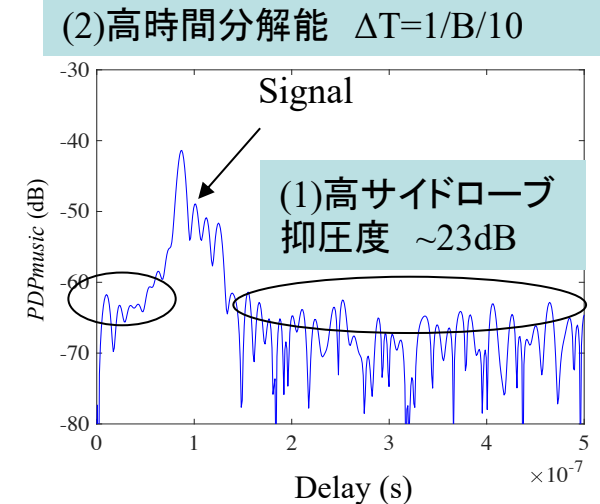


条件: B

オーバーサンプル
(10倍)



条件: C

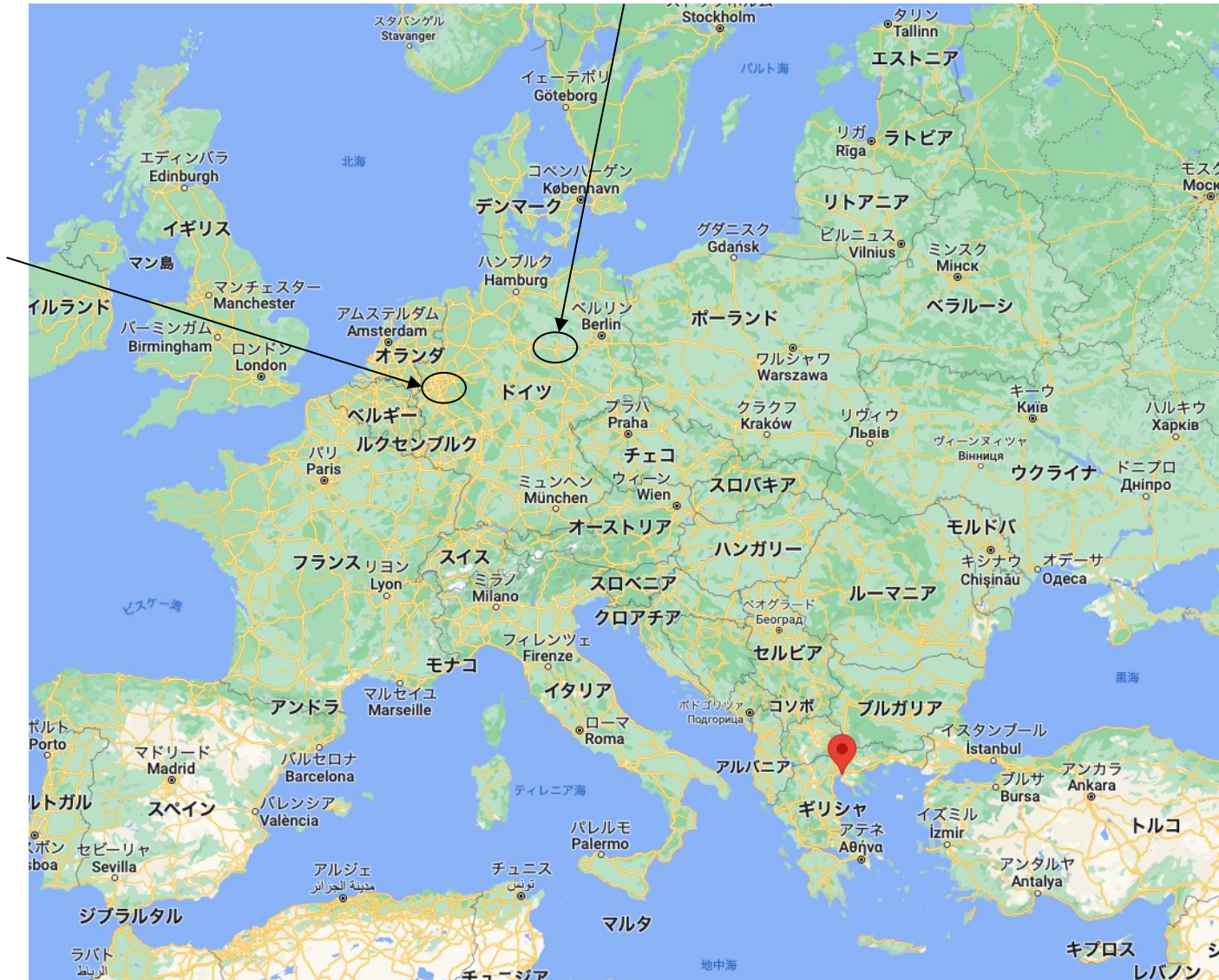


条件: D

今回実験を行った事業所

IFAK at Magdeburg (ドイツ)

DEMAG at
Herdecke
(ドイツ)



ifak
Institut für Automation und Kommunikation

Das Institut Forschung Produkte Aktuelles Kontakt

FORSCHUNG SCHAFFT VORSPRUNG
Wir entwickeln Technologien von morgen

MESSTECHNIK & LEISTUNGSELEKTRONIK

Das Institut für Automation und Kommunikation

Das 1991 aus der Universität heraus gegründete ifak - Institut für Automation und Kommunikation ist ein selbstständiges ingenieurwissenschaftliches Forschungsinstitut in der Landeshauptstadt von Sachsen-Anhalt. Es ist Mitglied der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. mit ihren deutschlandweit mehr als 75 Instituten. Seine Wirkungsstätte hat das ifak in der Denkfabrik im Wissenschaftshafen Magdeburg.

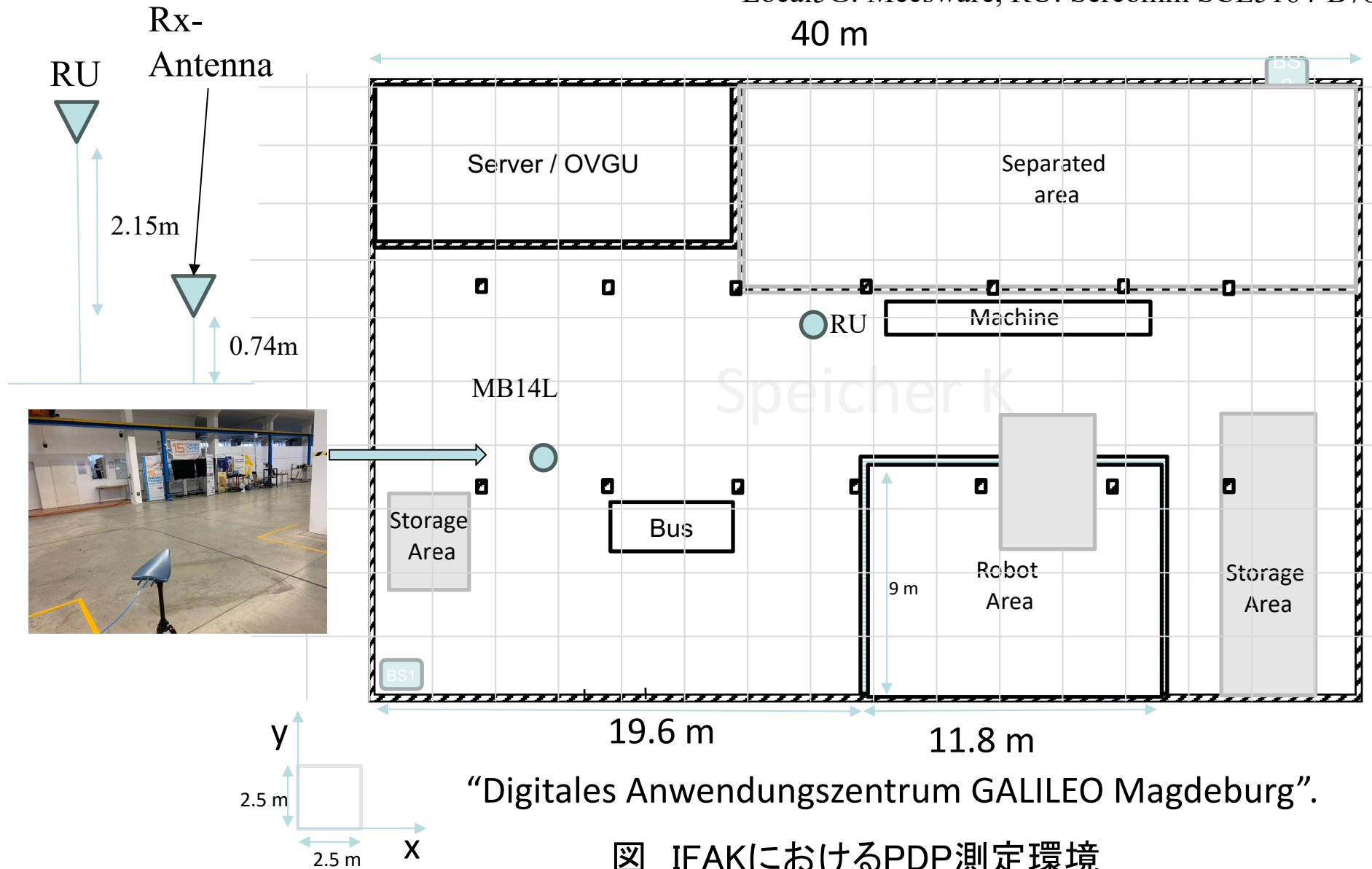
Mehr erfahren

DENKFABRIK

産業、通信関連
の研究所

IFAKでのPDP測定環境

Local5G: Mecsware, RU: Sercomm SCE5164-B78
40 m



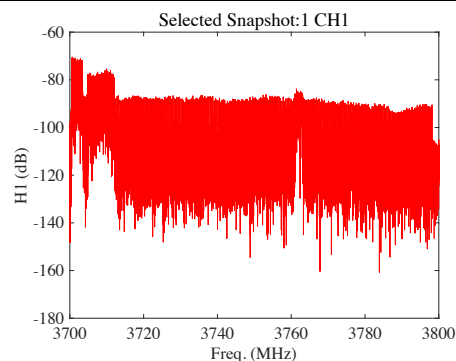
“Digitales Anwendungszentrum GALILEO Magdeburg”.

図 IFAKにおけるPDP測定環境

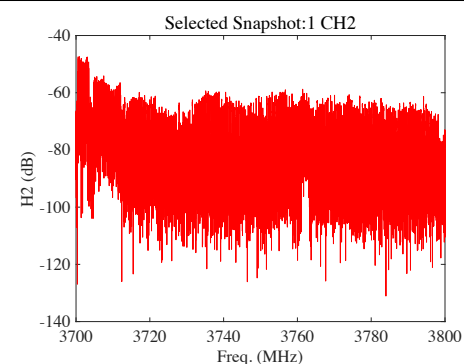
IFFT法を用いたIFAKでのPDP測定結果



RU



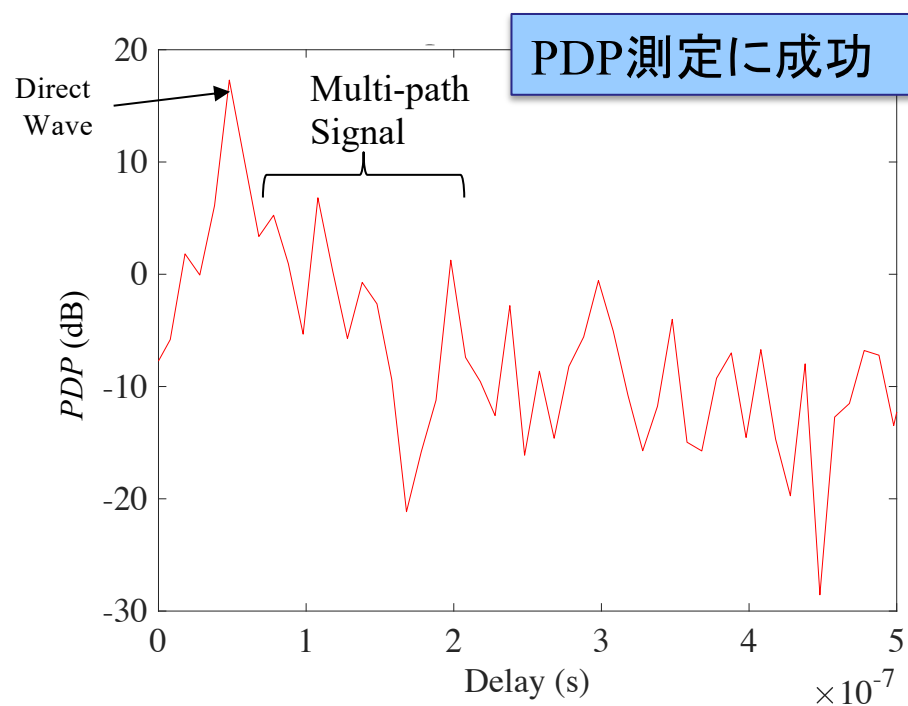
(a) H_i (CH1)



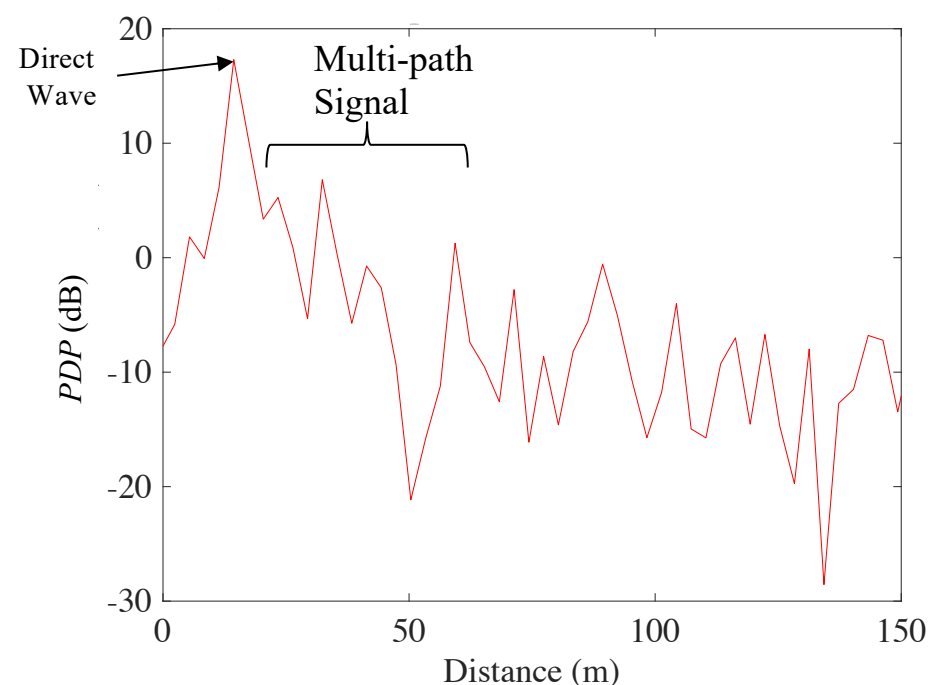
(b) H_o (CH2)

図 IFAKにおけるPDP測定状況

図 周波数特性(H_i, H_o)



(a) X-axis: Delay



(b) X-axis: Distance

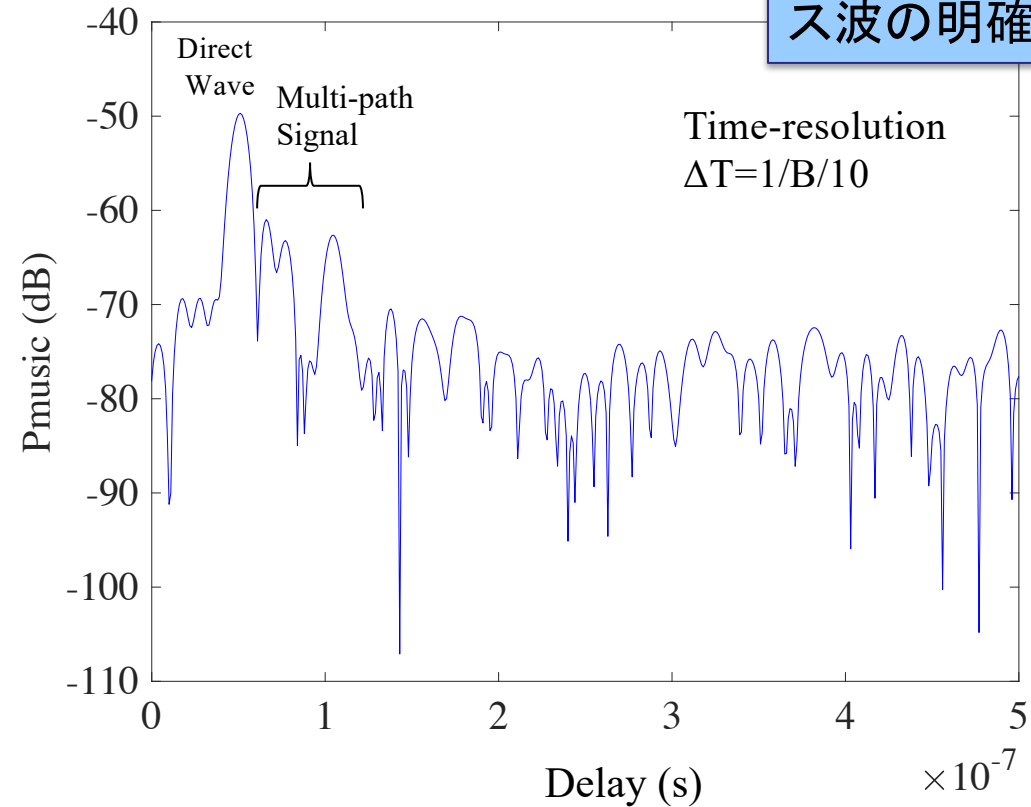
図 IFFTを用いたIFAKにおけるPDPの測定結果

MUSIC法を用いたIFAKでのPDP測定結果



RU

図 IFAKにおけるPDP測定状況



時間分解能向上
によるマルチパ
ス波の明確化

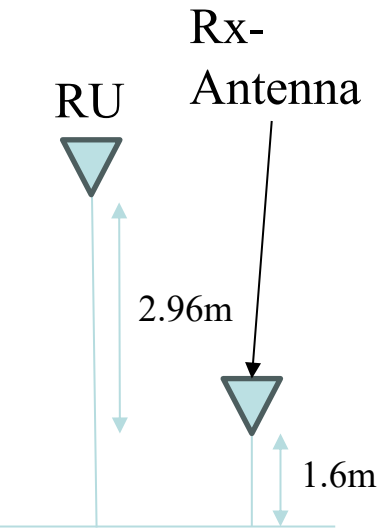
図 MUSIC法を用いたIFAKにおけるPDPの測定結果



Visitor information

DEMAG

DEMAGでのPDP測定環境



Local5G: Nokia , RU: Nokia AirScale Micro RRH 4T/4R 20W B43 AZQR

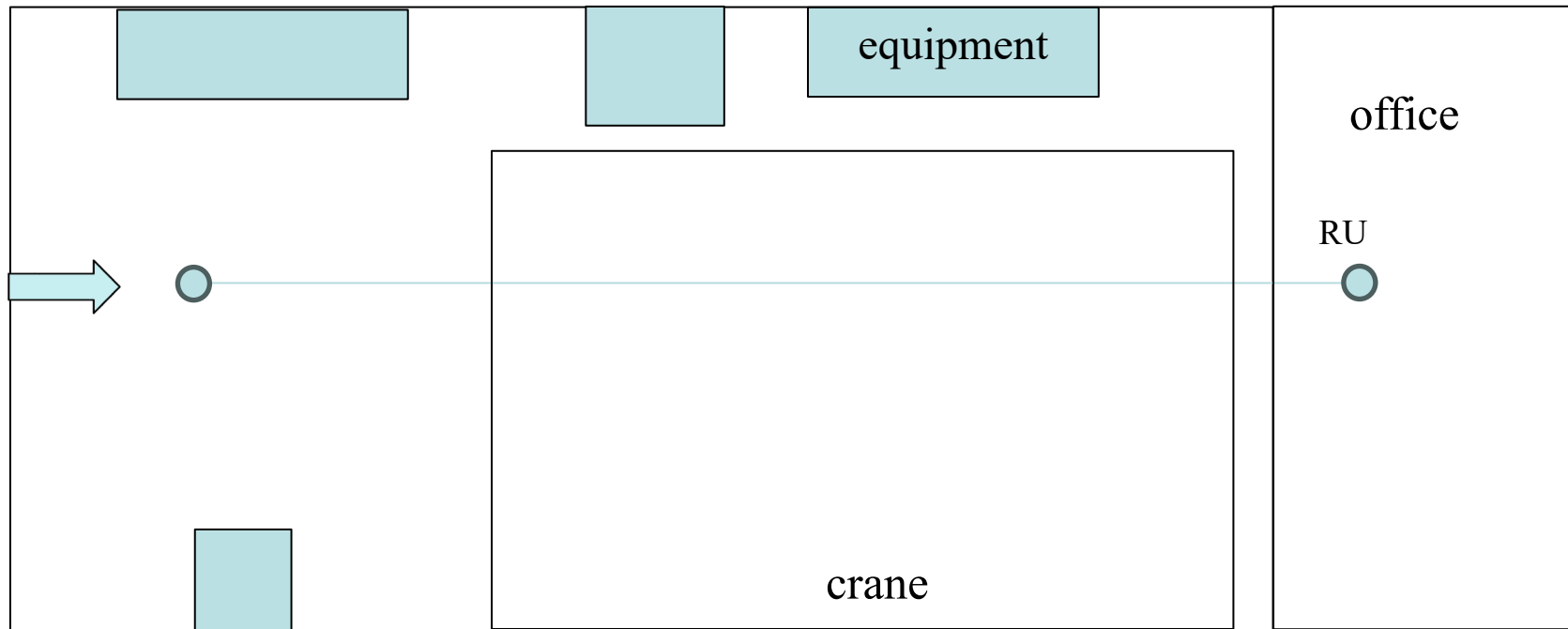
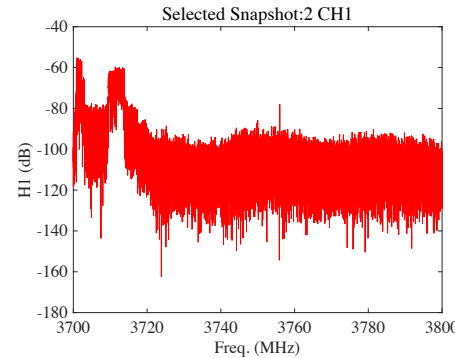


図 DEMAGにおけるPDP測定状況

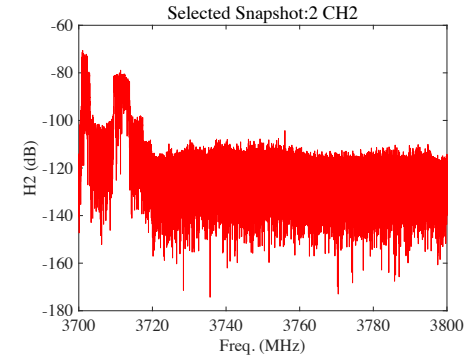


RU

図 DEMAGにおけるPDP測定状況



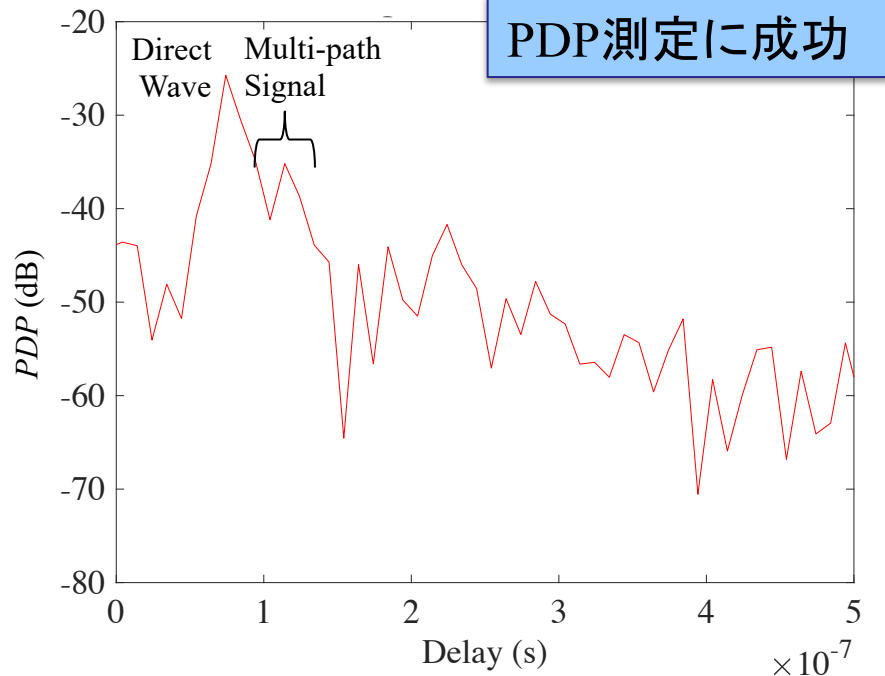
(a) H_i (CH1)



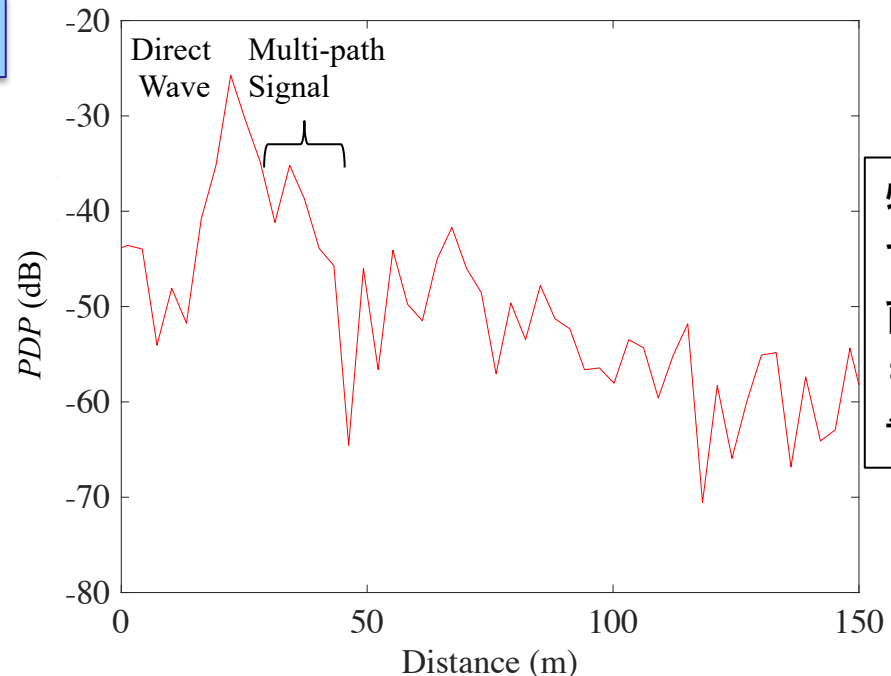
(b) H_o (CH2)

図 周波数特性(H_i , H_o)

送信信号
帯域幅:
20MHz



(a) X-axis: Delay



(b) X-axis: Distance

特殊な方法
で時間分解
能向上
=> 別途報
告予定

図 IFFTを用いたDEMAGにおけるPDPの測定結果



RU

図 DEMAGにおけるPDP
測定状況

時間分解能向上
によるマルチパ
ス波の明確化

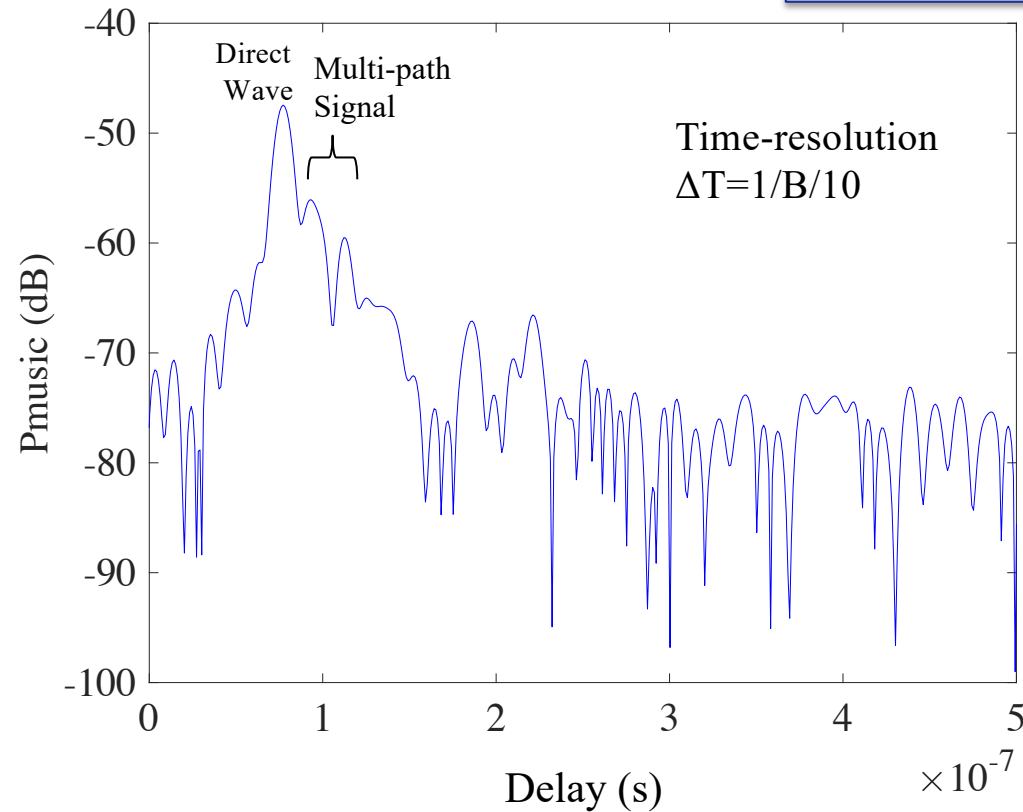


図 MUSIC法を用いたDEMAGにおけるPDPの測定結果

運用中システムでのPDP測定として、法RU近傍に、参照信号用アンテナを配置し、ターミナル位置に端末信号受信用アンテナを配置し、両方の位置で取得した周波数特性の比のIFFTをとる事でPDP特性を得る方法を提案した。さらに、時間分解能向上、サイドローブ抑圧度向上のため、MUSIC法の適用を行った。その結果、下記の結論を得た。

- (1) Local 5Gテストベッドを用いて、上記手法にてシステム運用中のPDP特性が得られる事を確認。
- (2) Local 5Gテストベッドを用いて、上記手法とMUSIC法の適用により時間分解能向上、サイドローブ抑圧度向上を確認。
- (2)さらに、ドイツの2事業所(IFAK、DEMAG)において、提案法によるPDP測定を行い、良好なPDP測定結果を取得。

謝辞

本研究開発は総務省SCOPE（国際標準獲得型）JPJ000595の委託研究「製造分野における5G高度化技術の研究開発」により実施した成果を含みます．また，Local5G実験環境設置にご協力頂いた，東北大学電気通信研究所の技術職員，太田憲治氏をはじめとする，やわらかい情報システムセンターの皆様に感謝致します．



ご清聴有り難う御座居ました。