

OFDM用シンボル同期方式における周波数オフセットの影響

Effect of Frequency Offset on Symbol Synchronization for OFDM

大矢貴文
Takafumi Oya

小川明
Akira Ogawa

名城大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology Meijo University

1 まえがき

我々は、FFT を利用したシンボル同期方式を提案してきた [1]。しかし、周波数オフセットなしの状態を想定していた。実際には送信・受信間の局部発信器の周波数ずれやドップラー効果により、周波数オフセットが発生し、キャリア間干渉により特性劣化を招く。ここでは、周波数オフセットによりシンボル同期回路が受ける影響を評価する。

2 シンボル同期回路

シンボル同期回路を図 1 に示す。シンボル同期回路では、パケットの先端に設けたプリアンブル内で FFT、移相器群、相関回路 (CC) により同期を行う。同期タイミングを得るため、FFT を全てのタイミングで行うが、ここでは等価な移相器群を用いる [1]。このために、1 シンボル周期で全てのタイミングの FFT 出力が得られる。移相器群を通した後、図 2 に示す相関回路へと入力される。相関回路では、累算回路により相関値を所定回数累算する。プリアンブル長はこの累算回数により決まる。プリアンブル系列 d_p に全て “1” を想定し、周波数オフセットが存在する場合、1 シンボル目の FFT 出力 $R_0^1(n)$ は

$$R_0^1(n) = e^{j\theta} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1 - e^{j2\pi(i+\Delta f)}}{1 - e^{j2\pi(i+\Delta f)/N}} = e^{j\theta} \frac{(1 - e^{j2\pi\Delta f})N}{1 - e^{j2\pi\Delta f}} = Ne^{j\theta} \quad (1)$$

のように表される。これは、累算を行わない場合、周波数オフセットの影響を受けないことを意味する。2 シンボル目の FFT 出力 $R_0^2(n)$ は

$$R_0^2(n) = Ne^{j(2\pi\Delta f + \theta)} \quad (2)$$

のように表され、周波数オフセットの影響を受ける。

3 計算機シミュレーション結果

計算機シミュレーション結果を図 3 に示す。累算を行わない場合、周波数オフセットに対して誤検出確率の増加はない。しかし累算を行うにつれ、周波数オフセットが大きい場合、誤検出確率の増加が確認できる。

4 まとめ

OFDM 用シンボル同期方式における周波数オフセットの影響を評価した。± 5% 程度であれば、累算が有効に働くことがわかった。

参考文献

- [1] 大矢, 小川, “OFDM 用シンボル同期方式の誤検出確率,” SITA2004, pp29-32, Dec. 2004.

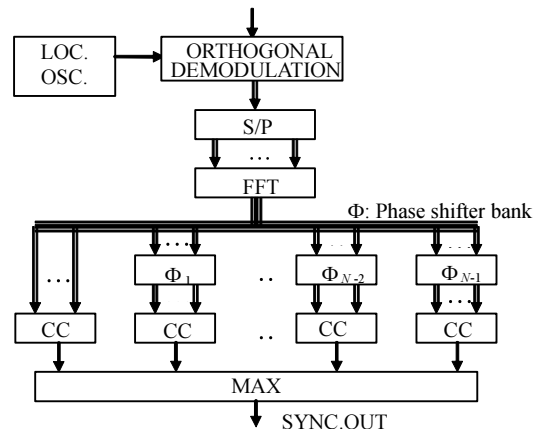


図 1 シンボル同期回路

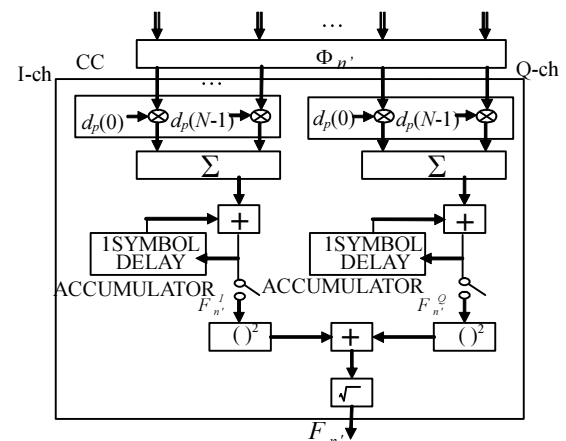


図 2 相関回路

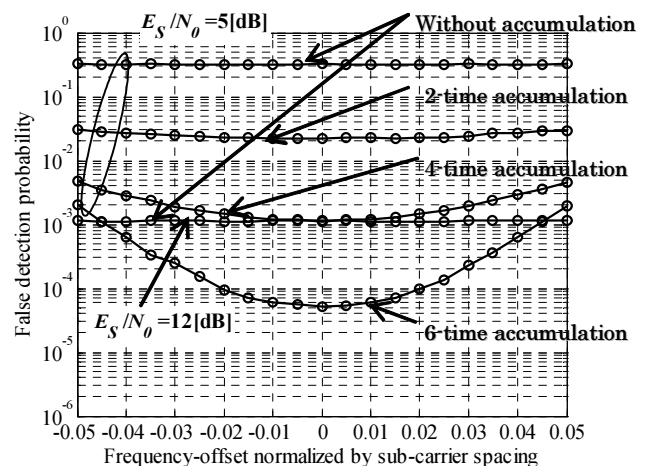


図 3 正規化周波数オフセットに対する誤検出確率

OFDM用シンボル同期方式における 周波数オフセットの影響

名城大学大学院 理工学研究科
大矢貴文 小川明

研究背景

無線通信への要求

- 広帯域マルチメディア通信(高速性)
- マルチパスフェージングに対する頑健性



➤ マルチキャリアパケット通信システム

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)
- MC-SS (Multi-Carrier Spread-Spectrum)

目的

今までの研究

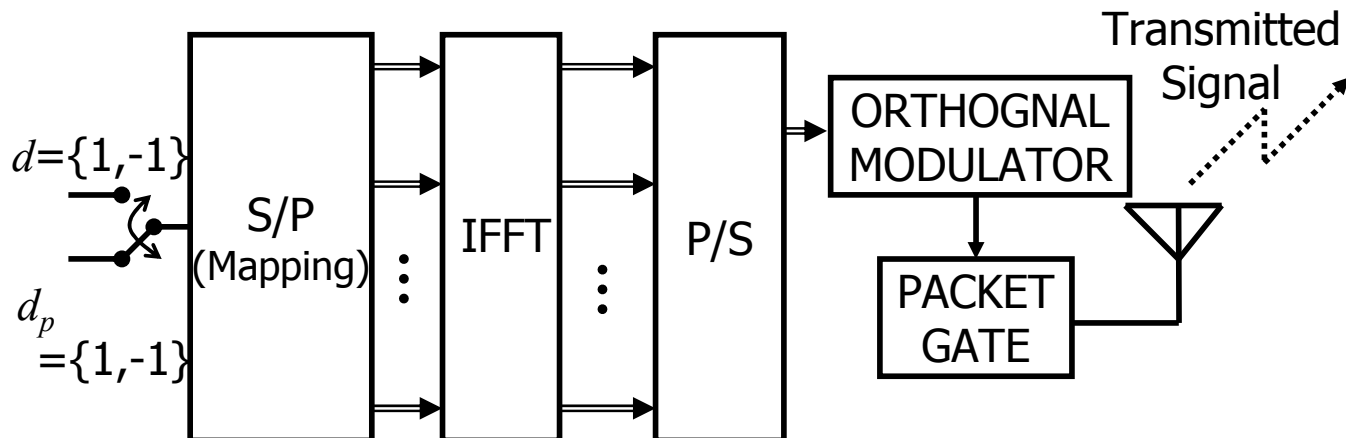
プリアンブル内でFFTを行い,
シンボル同期タイミングを得る方式を提案
⇒しかし, 周波数オフセットの影響は検討していない



本発表

シンボル同期方式の周波数オフセットの影響を
明らかにする

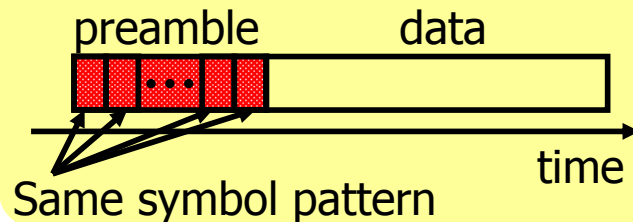
送信回路構成



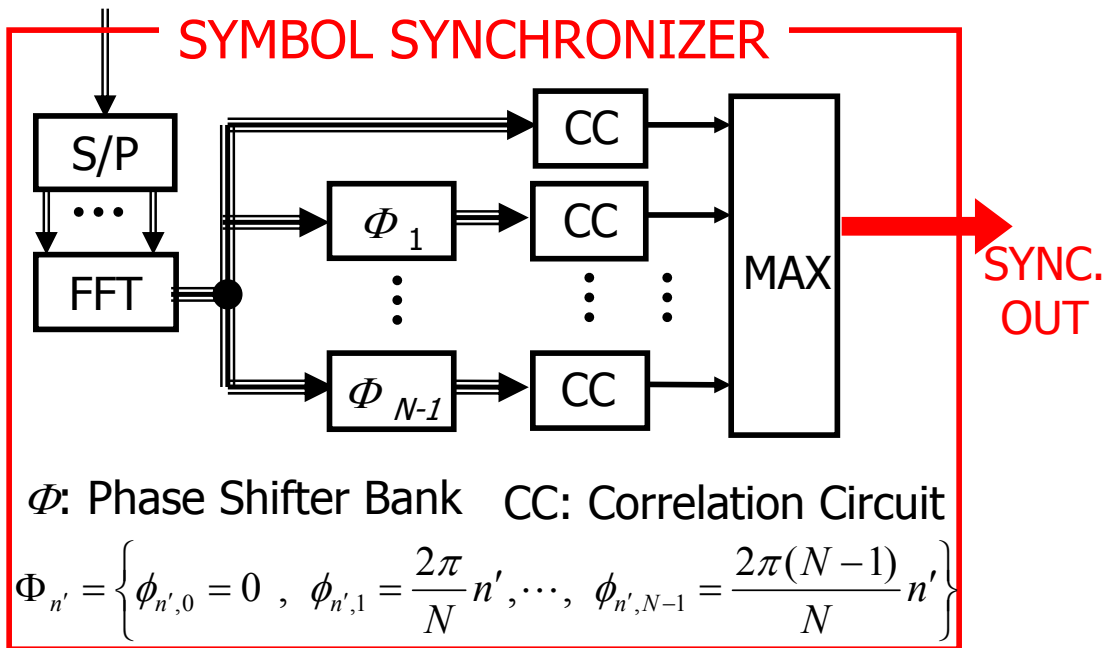
パケットの構成

d : 送信ビット系列

d_p : プリアンブル生成系列

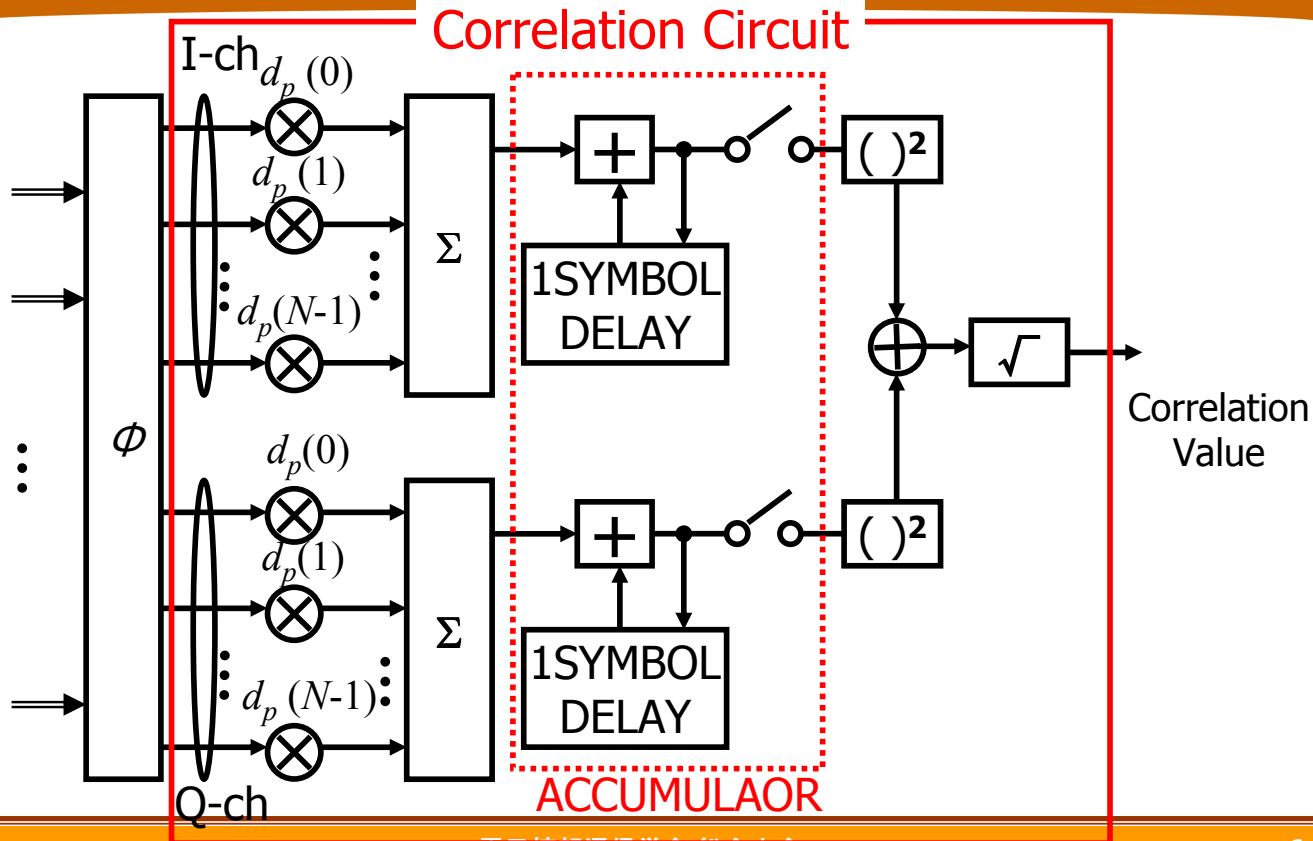


シンボル同期回路

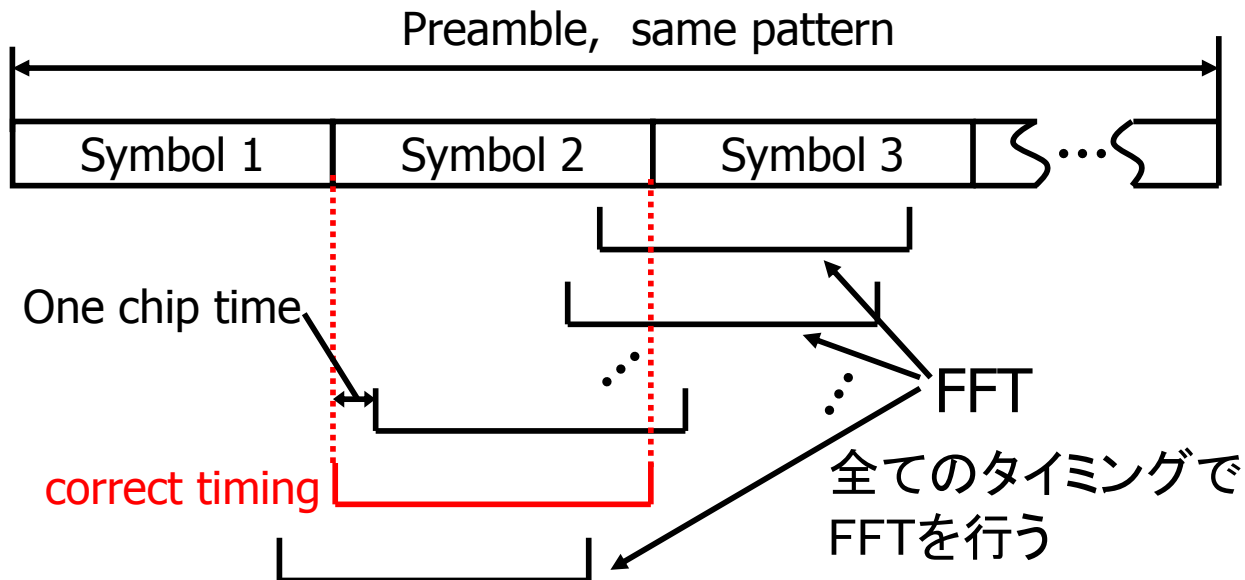


N 個のFFT $\Rightarrow$ 1個のFFT + $(N-1)$ 個の移相器群

相関回路



シンボル同期タイミングの検出の原理



➤ 正しいタイミング
⇒ 相関値が大きい

周波数オフセットの影響

- プリアンブル系列に全て1を用いた場合,
1シンボル目のFFT出力 $R_0^1(n)$ は,

$$R_0^1(n) = e^{j\theta} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{1 - e^{j2\pi(i+\Delta f)}}{1 - e^{j\frac{2\pi}{N}(i+\Delta f)}} = e^{j\theta} \frac{(1 - e^{j2\pi\Delta f})N}{1 - e^{j\frac{2\pi}{N}\Delta f N}} = Ne^{j\theta}$$

ただし, θ は位相オフセット, N はサブキャリア数である
2シンボル目のFFT出力 $R_0^2(n)$ は,

$$R_0^2(n) = Ne^{j(2\pi\Delta f + \theta)}$$

周波数オフセットの影響

$$R_0^1(n) = Ne^{j\theta}$$

$$R_0^2(n) = Ne^{j(2\pi\Delta f + \theta)}$$

- 累算を行わない場合，周波数オフセットの影響を受けない
- 累算を行う場合， $R_0^1(n)$ と $R_0^2(n)$ を足しあわせることに相当し，周波数オフセットの影響を受ける

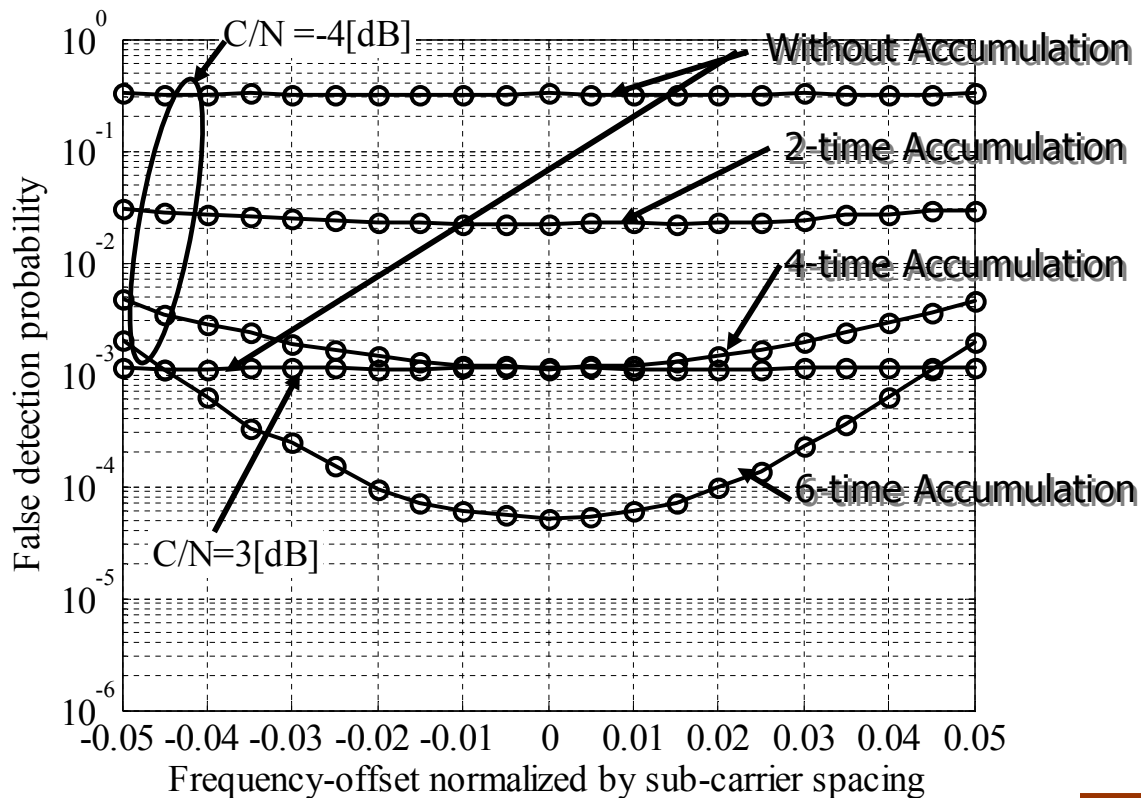
特性評価

- C/N を-4[dB],3[dB]に固定
- クロックタイミングは理想的
- $N=8$
- プリアンブル系列= $\{1,1,1,1,1,1,1,1\}$
- サブキャリア間隔で正規化した
周波数オフセットに対する誤検出確率

✓ 誤検出

誤ったシンボル同期タイミングを検出
正しくないタイミングの相関値 > 正しいタイミングの相関値

数値例



まとめ

- シンボル同期方式における周波数オフセットの影響について検討した
- その結果, 累算を行わない場合, あるプリアンブル系列を用いると, 周波数オフセットの影響を受けずにシンボル同期が行えることがわかった
- また, 正規化周波数オフセットが $\pm 5\%$ 程度でも累算が有効に働き, 誤検出を減少させることがわかった
- 今後の課題として, 提案しているシンボル同期方式にマッチングの良い周波数オフセット推定法の検討があげられる

数値例(AWGN)

