

## Praktikum 11

### Frequenz-Offset-Korrektur

**Abgabe:** Bis 01.02.2018 23:59 Uhr (per e-mail). Die Praktikumsaufgaben sollten möglichst in Gruppen von 2 bis 3 Personen bearbeitet werden, damit nur eine Abgabe erfolgen muss. Die Simulationen haben mit Matlab Simulink 2016a zu erfolgen.

Bei ausreichender Bearbeitung der Aufgaben gibt es 1 Punkt.

Beachten Sie auch die aktuellen Hinweise auf der Vorlesungswebsite unter:

<http://www.informatik.hu-berlin.de/forschung/gebiete/bbk>

#### Aufgabe 1 (Frequenzverschiebung - Schätzung)

Erstellen Sie eine neue Simulationsdatei namens *Praktikum11.slx* und benutzen Sie die in Praktikum 10 erstellte Simulation als Grundlage. Da in der Regel Sender und Empfänger unabhängige Oszillatoren nutzen, enthält das empfangene Signal nach der Demodulation am Empfänger eine Frequenzverschiebung, die während der Synchronisation geschätzt und entsprechend korrigiert werden muss. Erzeugen Sie dazu ein Subsystem namens *Frequency Offset Estimation* innerhalb des Subsystems *OFDM-Synchronizer* und schließen Sie das samplebasierte Signal an seinem Eingang an, um die Frequenzverschiebung innerhalb dieses Subsystems zu schätzen. Führen Sie die Autokorrelation des samplebasierten Signals mit einem Abstand von 64 Abtastwerten durch und verwenden Sie einen *Digital Filter* Block mit endlicher Impulsantwort (FIR-Filter) um einen gleitenden Mittelwert der Autokorrelation über 64 Abtastwerte zu berechnen. Danach berechnen Sie den *arctangent* von dem Winkel des gleitenden Mittelwerts und normalisieren Sie das Ergebnis mit der Länge des Schätzintervalls. Tasten Sie dieses Signal mit einem *Sample and Hold* Block immer dann ab, wenn der Autokorrelator ein Plateau am Anfang eines OFDM-Frames detektiert hat (Zusatzblatt). Führen Sie danach das Ergebnis namens *CFO Estimate* aus dem Subsystem.

$$\Delta f = \frac{\tan^{-1} \left( \angle \left( \frac{1}{N} \sum_1^N y(n-N) \overline{y(n)} \right) \right)}{2\pi N T_s}$$

Mathematisch lässt sich der Frequenzoffset  $\Delta f$  mit der obigen Formel ermitteln mit  $\angle$  – Winkeloperator,  $N$  – Anzahl der Samples,  $T_s$  – Abtastzeit und  $\overline{(\cdot)}$  als Operator für die komplexe Konjugation. Diese sollte von Ihrem Subsystem *Frequency Offset Estimation* realisiert werden.

#### Aufgabe 2 (Frequenzverschiebung - Korrektur)

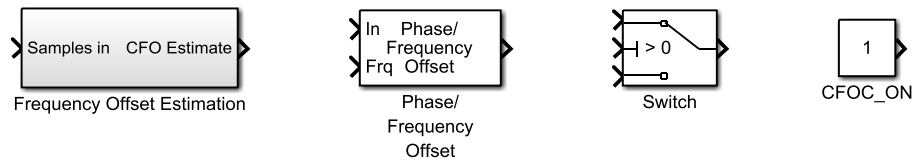
Fügen Sie einen *Phase/Frequency Offset* Block innerhalb des *OFDM-Synchronizer* Subsystems hinzu, um die Frequenzverschiebungskorrektur durchzuführen. Schließen Sie das samplebasierte Signal am Eingang des Blocks an und verbinden Sie das frequenzkorrigierte Signal zu den Subsystemen *Frame Parsing* und *Fine Synchronisation*. Wählen Sie den *Frequency offset from port* Parameter und nutzen Sie dazu die Schätzung der Frequenzverschiebung *CFO Estimate*.

#### Aufgabe 3

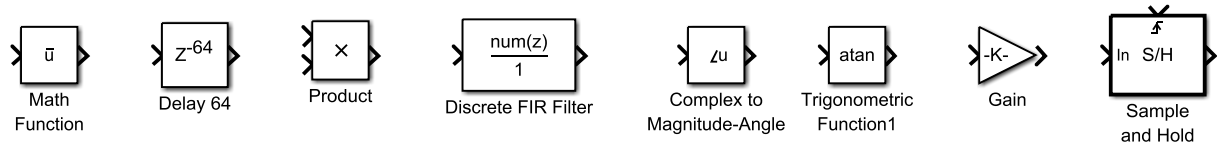
Um die Funktionsweise der Schätzung zu überprüfen, fügen Sie einen *Switch* und einen *Constant* Block nach dem *Phase/Frequency Offset* Block ein, sodass Sie während der Simulation die Frequenzverschiebungskorrektur an- und ausschalten können. Testen Sie die Funktionsweise Ihrer Frequenzverschiebungskorrektur mithilfe geeigneter Parameter (Zusatzblatt) und beobachten Sie die QAM-Konstellationsdiagramme der OFDM-Datensymbole vor und nach der Korrektur.

## Zusatzblatt zum Praktikum 11 – Nützliche Simulink Blöcke

### Frequenzverschiebung - Schätzung:

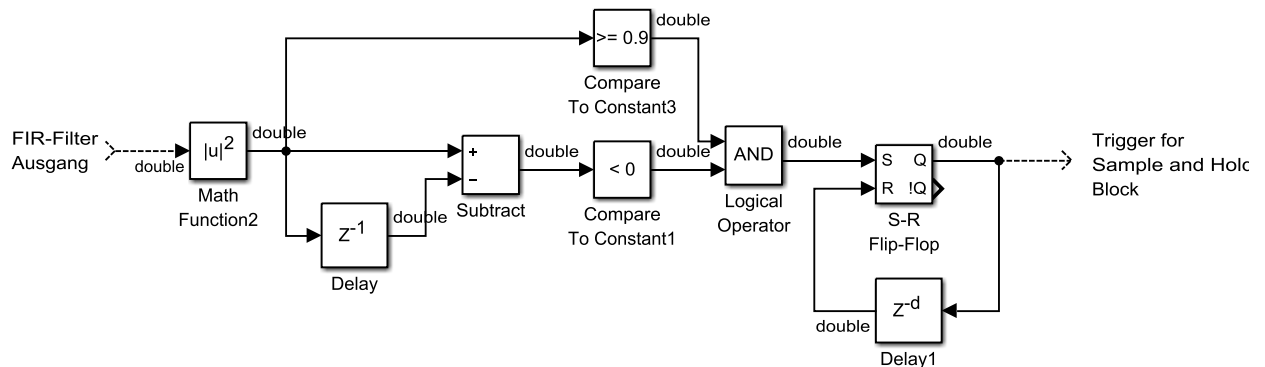


### Frequenzverschiebung - Korrektur



### Abtastung der geschätzten Frequenzverschiebung

#### Peak Detection für die Abtastung der geschätzte Frequenzverschiebung



### BBK-Kanal Parameter:

- Model Abtastrate: 20 MHz,  
Simulationsdauer: 1 s
- BBK-Kanal:  
EnableMultipath = 0,  
SNR = 20 to 30 dB,  
FrequencyOffset = -10 to 10 kHz