Спектрополяриметрия высокого разрешения

Single-dish измерения

Параметры Стокса — комбинации попарных корреляций двух ортогональных поляризаций:

$$I = \langle E_R \overline{E_R} \rangle + \langle E_L \overline{E_L} \rangle \equiv \mathbf{RR} + \mathbf{LL}$$

$$V = \langle E_R \overline{E_R} \rangle - \langle E_L \overline{E_L} \rangle \equiv \mathbf{RR} - \mathbf{LL}$$

$$Q = \langle E_R \overline{E_L} \rangle + \langle \overline{E_R} E_L \rangle \equiv \mathbf{RL} + \mathbf{LR}$$

$$U = i(\langle E_R \overline{E_L} \rangle - \langle \overline{E_R} E_L \rangle) \equiv \mathbf{RL} - \mathbf{LR}$$

Для получения спектра I(ν), V(ν), Q(ν), U(ν) корреляция вычисляется в фильтрованном по частоте сигнале, или с помощью преобразования Фурье вычисляется авто- и кросс-спектр:

$RR(\nu) = \langle |F[E_R]|^2 \rangle$ $RL(\nu) = \langle F[E_R]^* F[E_L] \rangle$

Разрешение по частоте и времени

Из принципа неопределённости $\Delta t\, \Delta\nu > 1$.
Приближаемся к пределу: например, $\Delta t \sim 0.1$ ms и $\Delta\nu \sim 10$ kHz.

При $\Delta t\, \Delta\nu = 1$ усреднение отсутствует вовсе:

$$RR(\nu) = \langle |F[E_R]|^2 \rangle$$

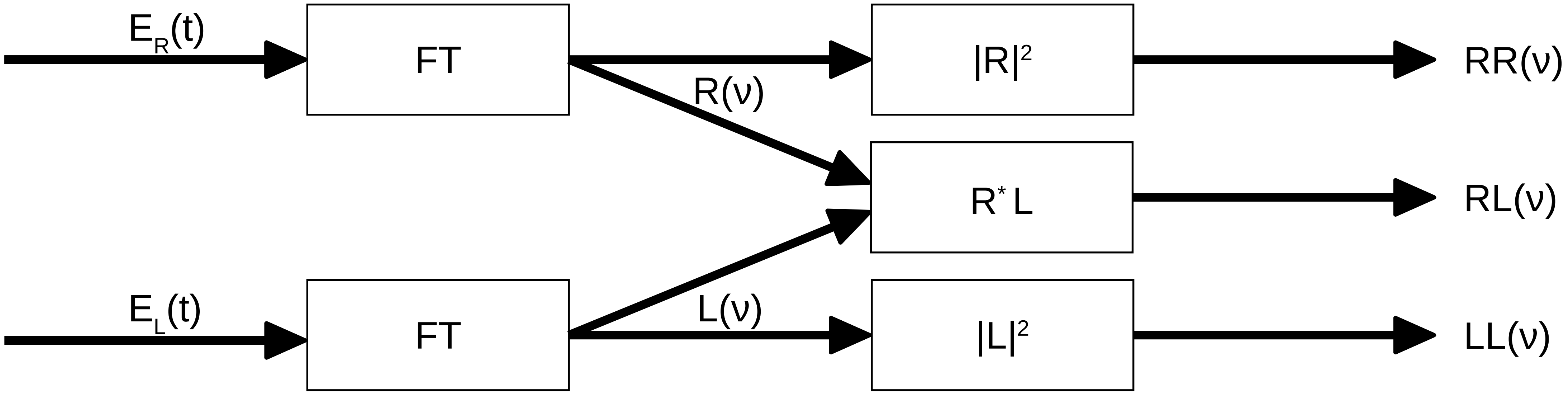
$$RL(\nu) = \langle F[E_R]^* F[E_L] \rangle$$

(в случае семплирования по Найквисту)

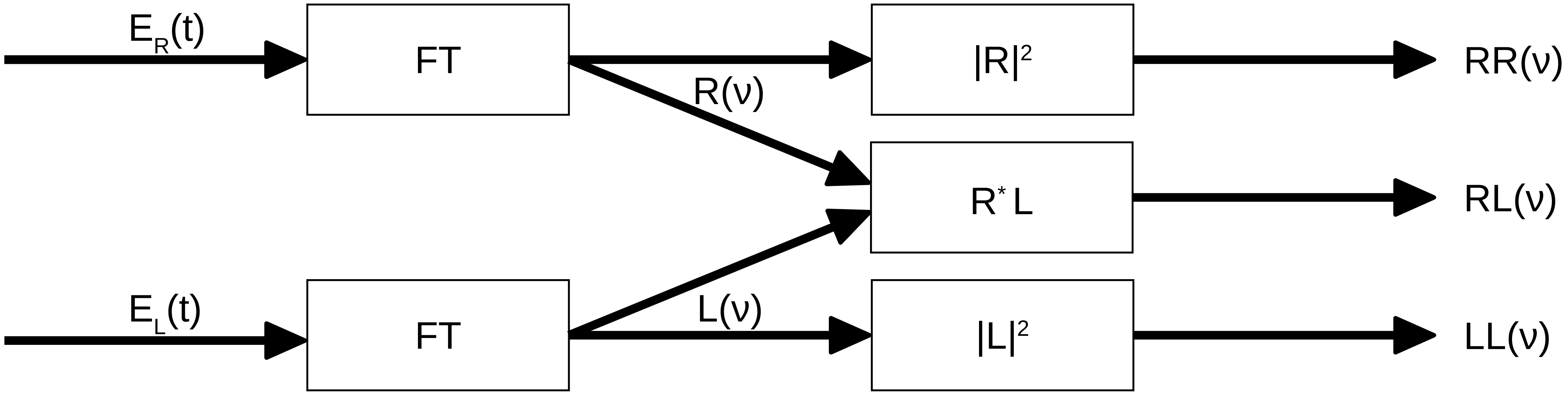
Типичные приближения перестают работать:

- Шум далёк от гауссова

- Амплитуда кросс-спектра некоррелированных сигналов (RL при неполяризованном источнике) близка к автоспектру (RR)

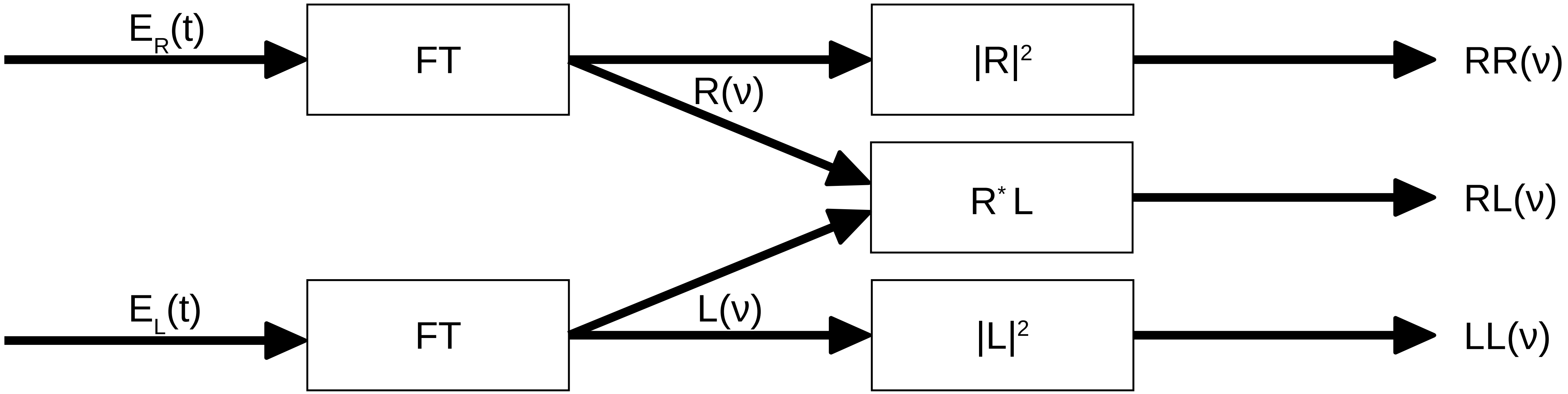


$E_R(t)$, $E_L(t)$: белый шум, $E(t) \sim N(0, \sigma^2)$



$E_R(t)$, $E_L(t)$: белый шум, $E(t) \sim N(0, \sigma^2)$

$R(\nu)$, $L(\nu)$: комплексный белый шум, **Re**$[R(\nu)] \sim N(0, \sigma^2)$ и **Im**$[R(\nu)] \sim N(0, \sigma^2)$

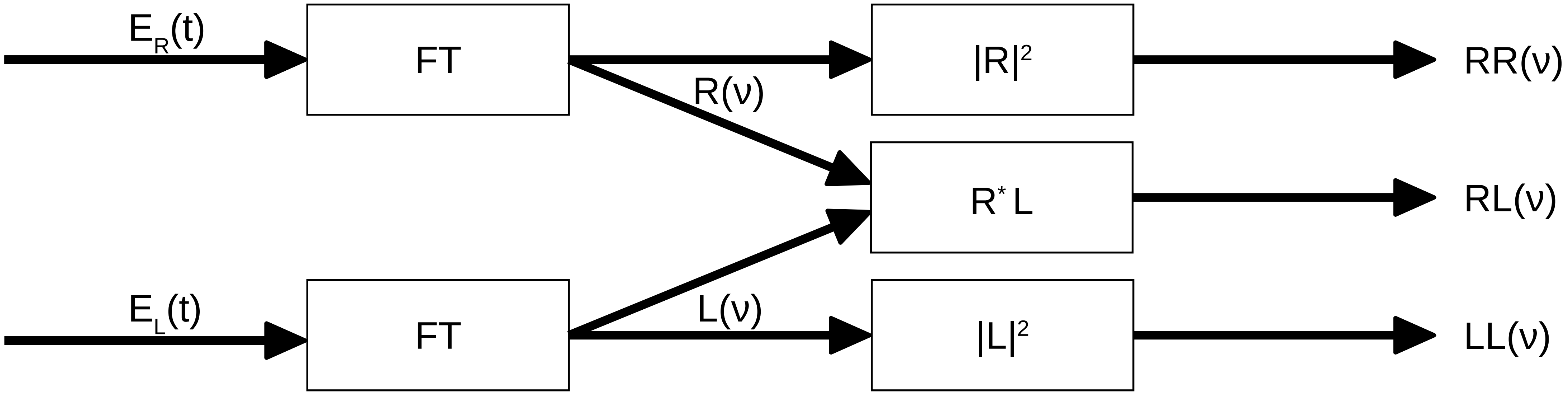


$E_R(t)$, $E_L(t)$: белый шум, $E(t) \sim N(0, \sigma^2)$

$R(\nu)$, $L(\nu)$: комплексный белый шум, **Re**$[R(\nu)] \sim N(0, \sigma^2)$ и **Im**$[R(\nu)] \sim N(0, \sigma^2)$

$RR(\nu)$, $LL(\nu)$: квадрат модуля белого шума, т.е. $RR(\nu) \sim \sigma^2 \cdot \chi^2$

► например, среднее $\langle RR \rangle = 2\sigma^2$, медиана $\approx 1.4\sigma^2$



$E_R(t)$, $E_L(t)$: белый шум, $E(t) \sim N(0, \sigma^2)$

R(ν), L(ν): комплексный белый шум, **Re**[R(ν)] ~ $N(0, \sigma^2)$ и **Im**[R(ν)] ~ $N(0, \sigma^2)$

RR(ν), LL(ν): квадрат модуля белого шума, т.е. RR(ν) ~ $\sigma^2 \cdot \chi^2$

► например, среднее <RR> = $2\sigma^2$, медиана ≈ $1.4\sigma^2$

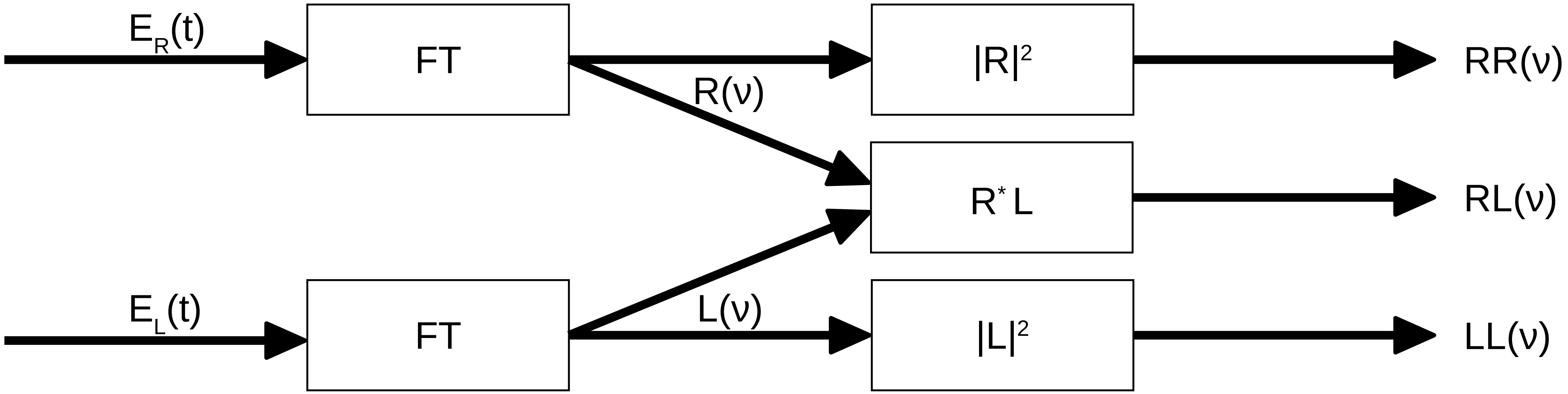
Для неполяризованного сигнала:
RL(ν): произведение двух независимых белых шумов, т.е. |RL(ν)| ~ $\sigma^2 \cdot \chi \cdot \chi$ и Arg[RL(ν)] ~ U(0, 2π)

► $\chi \cdot \chi$ не то же самое, что χ^2

► среднее <RL> = 0, как и привыкли в “обычном” случае с большим усреднением

► среднее <|RL|> ≈ 1.6 σ^2, медиана ≈ 1.25 σ^2

► отношение |RL| / |RR| в среднем ≈ 0.8



Для поляризованного сигнала:
$R(\nu) = \varepsilon_R + \varepsilon_{pol}$, $L(\nu) = \varepsilon_L + a\,\varepsilon_{pol}$
$RL(\nu) = \varepsilon_R^* \varepsilon_L + \varepsilon_R^* \cdot a\,\varepsilon_{pol} + \varepsilon_L^* \varepsilon_{pol} + \varepsilon_{pol}^* \cdot a\,\varepsilon_{pol}$

Состоит из двух частей:

- $\varepsilon_R^* \varepsilon_L + \varepsilon_R^* \varepsilon_{pol} + \varepsilon_L^* \varepsilon_{pol} \approx \varepsilon_R^* \varepsilon_L$ распределено равномерно по углу, $|\varepsilon_R^* \varepsilon_L| \sim \sigma_R \sigma_K \cdot \chi \cdot \chi$
- $\varepsilon_{pol}^* \cdot a\,\varepsilon_{pol} = a\,|\varepsilon_{pol}|^2 \sim a \cdot \sigma_{pol}^2 \cdot \chi^2$ - “сигнал”, искомая информация о поляризации

Спектрополяриметрия высокого разрешения

- Предел разрешения $\Delta t \, \Delta\nu \approx 1$.
- Нужно аккуратнее относиться к шуму: понимать его природу, не-нормальность.