

Automatyczne projektowanie układów antenowych za pomocą metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego

Anteny stanowią jedno z najważniejszych komponentów w systemach komunikacji bezprzewodowej, w tym technologii 5G, internetu rzeczy, RFID, urządzeń implantowalnych, czy też wirtualnej rzeczywistości. Projektowanie nowoczesnych układów antenowych jest pracochłonnym procesem, który w dużej mierze opiera się na wiedzy inżynierskiej. Z uwagi na interaktywność, opracowanie nowych struktur antenowych wymaga wielu tygodni oraz wkładu pracy wykwalifikowanych ekspertów. Z tego powodu w trakcie procesu projektowego możliwe jest wypróbowanie ograniczonej liczby dostępnych opcji, jeżeli chodzi o topologie anteny. W związku z tym, automatyzacja procesu doboru geometrii anteny leży w zakresie zainteresowania zarówno badaczy uniwersyteckich jak i przemysłu, gdzie czas opracowania produktu oraz koszty związane z czynnikiem ludzkim są niezwykle istotne. Do tej pory badania nad automatyzacją projektowania anten bez udziału czynników ludzkich były ograniczone. Dostępne metody wykorzystują struktury z dyskretyzacją przestrzenną metalizacji zawierające elementy, które mogą być włączane lub pozostawiane puste (bez metalizacji), czy też anteny zawierające macierze pikseli, które mogą być łączone w bardziej skomplikowane struktury za pomocą połączeń podlegających optymalizacji. W obu przypadkach liczba możliwych topologii anteny jest ograniczona. Inne metody to optymalizacja topologii wykorzystująca dedykowane algorytmy do analizy elektromagnetycznej w celu przyspieszenia procesu projektowania. Geometrie anten otrzymywane w ten sposób są również ograniczone, ponadto często trudne w prototypowaniu. W zasadzie dostępna literatura nie zawiera metod automatycznego projektowania, które zapewniałyby wystarczającą elastyczność, prostotę fabrykacji zrealizowanych geometrii oraz odpowiednią kontrolę nad wymiarami struktury.

Podstawowym celem projektu jest rozwój technik do automatycznego projektowania struktur antenowych dla nowoczesnych zastosowań. Najważniejsze zadania to: (i) opracowanie parametryzacji topologii anten, która jest wystarczająco elastyczna, a jednocześnie opisana relatywnie niewielką liczbą parametrów tak, aby mogła być efektywnie przetwarzana przez algorytmy modelowania i optymalizacji numerycznej, (ii) opracowanie algorytmów uczenia maszynowego do automatycznej generacji geometrii anteny oraz dostrajania jej wymiarów, (iii) opracowanie narzędzi opartych o sztuczną inteligencję (w tym modeli typu deep learning) do przyspieszania procesów projektowych. Techniki te pozwolą na projektowanie anten wyłącznie w oparciu o wymagania projektowe, bez angażowania czynników ludzkich (np. inżynierów). Wyniki metodologiczne będą poparte projektami struktur antenowych dla konkretnych zastosowań, np. wirtualnej rzeczywistości.

Projekt zawiera szereg wysoce innowacyjnych elementów, między innymi:

- Opracowanie parametryzacji anten zapewniającej elastyczność oraz możliwość efektywnego przetwarzania przez algorytmy optymalizacji kombinatorycznej (w celu ustalenia topologii struktury) oraz lokalnej, np. gradientowej (w celu dostrajania parametrów geometrycznych).
- Opracowanie modeli obliczeniowych implementujących parametryzację anteny, a także interfejsów pomiędzy środowiskiem programistycznym oraz komercyjnymi symulatorami pełnofalowymi.
- Opracowanie nowych procedur automatycznego projektowania anten wykorzystujących metody sztucznej inteligencji, współpracujących z opisaną wcześniej parametryzacją.
- Opracowanie metod modelowania surogatowego typu deep learning oraz uczenia maszynowego w celu przyspieszania procesów projektowych, które wykorzystują dużą liczbę symulacji pełnofalowych.
- Implementacja komputerowa opracowanych algorytmów zawierająca interfejsy do komercyjnych pakietów oprogramowania takich jak CST Microwave Studio oraz Ansys HFSS.
- Wykazanie praktycznej przydatności opracowanych metod poprzez zaprojektowanie układów antenowych dla konkretnych zastosowań (internet rzeczy, komunikacja 5G, wirtualna rzeczywistość).

Głównym rezultatem projektu będą nowe, niezawodne oraz efektywne obliczeniowo metodologie do automatycznego projektowania układów antenowych bez udziału ludzkich ekspertów. Spodziewane wyniki będą wykraczać poza to, co jest możliwe przy użyciu istniejących technik, a w związku z tym będą miały bezpośredni i znaczący wpływ na stan badań w zakresie projektowania systemów antenowych oraz układów wysokich częstotliwości. Będą one również stanowiły istotny wkład w rozwój technik projektowania wspomaganego komputerem w innych dziedzinach, w których wykorzystuje się kosztowne modele symulacyjne (inżynieria mechaniczna, lotnicza, itd.).

Ponadto wyniki projektu będą upublicznione w wiodących periodykach naukowych w dziedzinach związanych z inżynierią mikrofalową oraz antenową, a także w materiałach konferencji międzynarodowych. Techniki te będą również zaprezentowane producentom oprogramowania (Dassault Systemes, Sonnet Software Ltd.) w celu stymulacji dalszej współpracy z tymi podmiotami.