**1. Giới thiệu về tín hiệu Photoplethysmography (PPG)**

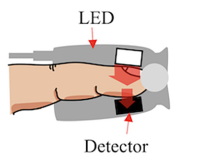
**1.1 Tín hiệu Photoplethysmography (PPG)**

Photoplethysmography (PPG) là một phương pháp không xâm lấn để đo lường sự thay đổi về khối lượng máu trong mạch dưới da, dựa vào các đặc tính quang học của cơ thể người như khả năng hấp thụ và phản xạ ánh sáng từ mô mạch máu trong cơ thể. Dựa trên sự thay đổi về lượng máu trong cơ thể được truyền tải bởi lượng ánh sáng, tín hiệu PPG và phân tích, nó có thể cung cấp thông tin về nhịp tim, nồng độ oxy trong máu và các thông số khác liên quan đến sự hoạt động của hệ tuần hoàn.

Một hệ thống đo lường PPG có cấu trúc cơ bản gồm LED để chiếu sáng và cảm biến ánh sáng (Photodiode) để đo lường lướng ánh sáng được truyền qua hoặc phản xạ từ cơ thể, ngoài ra còn có bộ điều khiển LED, bộ lọc loại bỏ nhiễu, bộ chuyển đổi tương tự sang số và vi xử lý. Với thiết kế phần cứng đơn giản và chi phí cho hệ thống thấp nên kỹ thuật đo PPG thường được dùng trong nhiều ứng dụng khác nhau.

Với hệ thống như trên thì có hai loại cấu hình thiết bị để đo PPG là: truyền qua (transmissive) và phản xạ (reflection)

* Loại truyền qua (transmissive type): LED và PD được đặt đối diện nhau



* Loại phản xạ (reflection type): LED và PD được đặt gần với nhau

A close-up of a finger

Description automatically generated

**1.2 Nguyên lý hoạt động của tín hiệu PPG**

Hoạt động để đo đạc PPG có thể chia thành các giai đoạn khác nhau như chiếu sáng, hấp thụ và phản xạ, thu thập ánh sáng, xử lý tín hiệu.

Chiếu sáng là lúc mà nguồn sáng từ LED dùng để chiếu lên vùng da gần mạch máu, ánh sáng có thể là ánh sáng với các bước sóng khác nhau. Bước sóng 470, 570 và 660 nm hoặc cao hơn có thể đạt được tới biểu bì với mạch máu nhỏ, da thượng bì với các mạch nhỏ và các động mạch trong mô dưới da, các mạch máu chính và các động mạch có nhịp đập mạnh chủ yếu nằm ở lớp thượng bì hoặc mô dưới da. Do đó, ánh sáng có bước sóng màu đỏ từ 640-660 nm và bước sóng hồng ngoại từ 880-940 nm thường được sử dụng chủ yếu để đo PPG.

Hấp thụ và phản xạ là lúc mà ánh sáng chiếu qua da, nó sẽ gặp phản xạ và hấp thụ từ các mạch máu nằm gần bề mặt da. Mạch máu chứa các chromophore, chẳng hạn như hồng cầu chứa hemoglobin, có khả năng hấp thụ ánh sáng. Sự hấp thụ này tạo ra một phổ hấp thụ đặc trưng của máu, trong đó nồng độ oxyhemoglobin và deoxyhemoglobin ảnh hưởng đến sự hấp thụ ánh sáng. Ví dụ, trong giai đoạn giãn tâm, thể tích máu, đường kính động mạch và nồng độ hemoglobin trong vùng đo đạt giá trị nhỏ nhất. Do đó, độ hấp thụ ánh sáng cũng đạt giá trị nhỏ nhất, trong khi lượng ánh sáng được cảm biến ánh sáng phát hiện là lớn nhất. Ngược lại, trong giai đoạn co bóp tim, độ sáng ánh sáng được phát hiện bởi cảm biến ánh sáng giảm xuống mức tối thiểu.

Thu thập ánh sáng là khi ánh sáng phản xạ từ mạch máu được thu thập bởi một cảm biến ánh sáng (Photodiode), có khả năng chuyển đổi ánh sáng thành tín hiệu điện.

Xử lý tín hiệu là giai đoạn tín hiệu điện từ cảm biến ánh sáng được chuyển đổi thành dạng số bằng một bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC - Analog-to-Digital Converter). Sau đó, tín hiệu số này được xử lý bởi một vi xử lý hoặc các thuật toán tính toán để trích xuất các thông tin quan trọng như nhịp tim, huyết ap, nồng độ oxy trong máu (SpO2) và nồng độ oxyhemoglobin, …

**1.3 Dạng sóng của tín hiệu PPG**

Dạng sóng PPG được thu được từ lượng hấp thụ ánh sáng thông qua việc đảo ngược độ sáng được ghi lại bằng cảm biến ánh sáng sau khi ánh sáng được truyền qua hoặc phản xạ từ mô tế bào con người. Nói chung, dạng sóng PPG được chia thành hai thành phần chính là thành phần có nhịp (AC) và thành phần không có nhịp (DC).

Thành phần có nhịp thường gọi là thành phần dòng điện xoay chiều (AC) liên quan đến sự thay đôi lượng máu trong mạch, đồng bộ với chu kỳ tim mạch, liên quan đến quá trình co giãn của cơ mạch.

Thành phần không có nhịp là thành phần dòng điện một chiều (DC) thường bị ảnh hưởng bới các đặc điểm sinh học, chẳng hạn như thành phần mô và khối lượng máu cơ bản của vùng đo, cũng như các yếu tố bên ngoài, như ánh sáng môi trường và thông số thiết bị đo.

A picture containing text, screenshot, diagram, font

Description automatically generatedDạng sóng PPG thay đổi theo hoạt động của tim và còn bị ảnh hưởng bởi hô hấp, hoạt động của hệ thần kinh tự động, hoạt động động mạch và hoạt động tĩnh mạch. Nó có hai đường cong chính: một đường cong tăng dần và một đường cong giảm dần. Đường cong tăng dần tương ứng với giai đoạn tâm thu, khi lượng máu trong các mạch nhỏ tăng do tim co bóp. Đường cong giảm dần tương ứng với giai đoạn tâm trương, khi lượng máu trong các mạch nhỏ giảm do tim giãn ra.

Đỉnh tâm thu (Systolic peak) được định nghĩa tại điểm máu đạt giá trị tối đa tại tâm thu, Sự tăng và giảm tạm thời của dạng sóng PPG trong giai đoạn tâm trương xảy ra khi lượng máu trong các mạch máu nhỏ tăng lên tạm thời do sự tạo ra của một áp suất ngược lại hướng chảy máu, ngay trước khi van động mạch chủ đón. Tại thời điểm này, điểm lõm được định nghĩa là một điểm gọi là "dicrotic notch", và còn lại là điểm đỉnh tâm trương (Diastolic peak).