Khi điện thoại thông minh đang trở nên rất phổ biến và hiệu suất của nó đang được cải thiện nhanh chóng, điện thoại thông minh cho thấy tiềm năng của nó như là một giải pháp đo lường sinh lý chi phí thấp, chính xác và có thể được sử dụng ngoài môi trường lâm sàng. Do xung tim dẫn đến sự thay đổi màu sắc tinh tế của da, nên tín hiệu xung có thể được mô tả là tín hiệu photoplethysmograp- hic (PPG) có thể được đo thông qua quay video khuôn mặt bằng máy ảnh kỹ thuật số. Trong bài báo này, chúng tôi khám phá tiềm năng rằng nhịp tim đáng tin cậy có thể được đo từ xa bằng video khuôn mặt được ghi bằng camera điện thoại thông minh. Đầu tiên, sử dụng camera mặt trước của điện thoại thông minh, video khuôn mặt đã được ghi lại. Chúng tôi đã phát hiện vùng mặt trên hình ảnh của từng khung bằng cách sử dụng tính năng nhận diện khuôn mặt và thu được tín hiệu theo dõi thô từ kênh màu xanh lá cây của hình ảnh. Để trích xuất tín hiệu xung tim chính xác hơn, chúng tôi đã áp dụng phân tích thành phần độc lập (ICA) cho tín hiệu theo dõi thô. Nhịp tim được trích xuất bằng phân tích tần số của tín hiệu theo dõi thô và tín hiệu được phân tích từ ICA. Độ chính xác của nhịp tim ước tính được đánh giá bằng cách so sánh với nhịp tim từ tín hiệu điện tâm đồ tham chiếu (ECG). Cuối cùng, chúng tôi đã phát triển FaceBEAT, một ứng dụng iPhone để đo nhịp tim từ xa, dựa trên nghiên cứu này

Khi công nghệ phổ biến như điện thoại thông minh phát triển nhanh chóng và gánh nặng về nguồn lực y tế hạn chế tăng lên, cần có giải pháp đo lường sinh lý chi phí thấp, chính xác và có thể được sử dụng ngoài môi trường lâm sàng. Một điện thoại thông minh đang trở nên rất phổ biến và hiệu suất của nó đang được cải thiện nhanh chóng. Một điện thoại thông minh không chỉ nắm bắt thông tin đa dạng như chụp ảnh và tăng tốc bằng cảm biến tích hợp mà còn xử lý thông tin theo thời gian thực và chuyển dữ liệu đến bất cứ nơi nào sử dụng Internet. Những màn trình diễn của điện thoại thông minh cho thấy tiềm năng của nó như là một giải pháp đo lường sinh lý [1] [2] [3]. Tim mạch dẫn đến sự thay đổi màu sắc tinh tế của da. Bởi vì sự thay đổi màu sắc tinh tế có thể được phát hiện thông qua việc theo dõi hình ảnh da bằng máy ảnh kỹ thuật số, tín hiệu xung có thể được mô tả là tín hiệu quang xúc tác (PPG) có thể được đo [3] [4]. Các điện thoại thông minh hiện đại được trang bị camera HD độ phân giải cao. Một số nghiên cứu trước đây đã nghiên cứu trích xuất nhịp tim đáng tin cậy dựa trên PPG chỉ sử dụng hệ thống camera trên điện thoại thông minh. Scully và cộng sự [3] và Jonathan và cộng sự [4] đã thử đo tín hiệu PPG từ video của cạnh ngón tay bằng camera của điện thoại thông minh và trích xuất nhịp tim đáng tin cậy. Các ứng dụng di động để đo nhịp tim dựa trên các phương pháp của họ được khởi chạy trên Apple AppStore và Android Market Poh et al. cho thấy tiềm năng đo nhịp tim từ xa bằng cách sử dụng hình ảnh video và tách nguồn mù [5]. Họ đã quay video khuôn mặt bằng webcam tích hợp trong máy tính xách tay chỉ với ánh sáng mặt trời là chiếu sáng. Họ đã trích xuất tín hiệu xung tim bằng phân tích thành phần độc lập (ICA) và đo nhịp tim từ phân tích tần số. Trong bài báo này, chúng tôi khám phá tiềm năng rằng nhịp tim đáng tin cậy có thể được đo từ xa bằng cách quay video khuôn mặt bằng camera tích hợp của điện thoại thông minh. Chúng tôi đã theo phương pháp Pho Pho [5] để trích xuất tín hiệu nhịp tim và nhịp tim. Đầu tiên, video khuôn mặt được ghi lại bằng camera mặt trước của iPhone 4. Vùng khuôn mặt của mỗi khung hình sau đó được phát hiện là vùng quan tâm (ROI) bằng thuật toán nhận diện khuôn mặt. Chúng tôi thu được tín hiệu theo dõi thô từ kênh màu xanh lá cây của hình ảnh. Để trích xuất tín hiệu xung tim chính xác hơn, chúng tôi đã áp dụng phân tích thành phần độc lập (ICA) cho tín hiệu theo dõi thô. Nhịp tim được trích xuất bằng phân tích tần số của tín hiệu theo dõi thô và tín hiệu được phân tích từ ICA. Độ chính xác của nhịp tim ước tính được đánh giá bằng cách so sánh với nhịp tim từ tín hiệu điện tâm đồ tham chiếu (ECG). Cuối cùng, chúng tôi đã phát triển FaceBEAT, một ứng dụng iPhone để đo nhịp tim từ xa, dựa trên nghiên cứu này.

II. PHƯƠNG PHÁP

A. Cài đặt thử nghiệm Máy ảnh mặt trước và ứng dụng quay video được tích hợp trong điện thoại thông minh (iPhone 4 của Apple Inc.) được sử dụng để quay video. Video được ghi ở 29,99 khung hình mỗi giây ở màu RGB 24 bit (3 kênh × 8 bit / kênh) với độ phân giải 640 × 480 pixel và được lưu ở định dạng MOV (Apple QuickTime Movie) trên các đối tượng iPhone.10 (8 nam, 2 nữ) từ Trung tâm nghiên cứu sinh trắc học nâng cao (ABRC) đã tham gia thí nghiệm này với sự đồng ý. Tuổi của họ là từ 23-30 tuổi.

Để lấy tín hiệu điện tâm đồ (ECG) làm tham chiếu, một hệ thống đo ECG được FDA phê chuẩn, mô-đun BIOPAC MP150 ECG (BIOPAC, USA [6]) với các điện cực Ag / AgCl thông thường, đã được sử dụng. Các tín hiệu ECG tham chiếu đã thu được ở tốc độ lấy mẫu 1000Hz để xác nhận. Các thí nghiệm được tiến hành trong nhà và chỉ có đủ lượng ánh sáng mặt trời được sử dụng làm chiếu sáng mà không cần bất kỳ ánh sáng nào khác. Hình 1 cho thấy thiết lập thử nghiệm. Các đối tượng được ngồi vào bàn và cầm điện thoại thông minh bằng tay phải ở khoảng cách 0,3m giữa camera tích hợp và mặt của họ. Mỗi lần quay video được tiến hành một phút. Chúng tôi yêu cầu các đối tượng ngồi mà không di chuyển và nhìn chằm chằm vào giữa màn hình của điện thoại thông minh trong khi ghi âm. B. Phương pháp trích nhịp tim Trong chu kỳ tim, sự thay đổi thể tích trong các mạch máu trên khuôn mặt gây ra những thay đổi tiếp theo về lượng ánh sáng phản xạ. Các cảm biến màu RGB nhận các thay đổi nhỏ và các thay đổi cho biết tín hiệu phản xạ. Để ước tính nhịp tim từ các video đã ghi và tín hiệu ECG tham chiếu, chúng tôi đã triển khai phương pháp của Poh [5] và phát triển thuật toán phát hiện cực đại bằng MATLAB 2012a (The MathWorks, Inc.) Hình 2 minh họa tổng quan về các phương pháp trích nhịp tim mà chúng tôi đã sử dụng trong phần này học. Đầu tiên, chúng tôi tách từng khung hình khỏi video khuôn mặt được ghi bằng công cụ VideoReader do MATLAB cung cấp và vùng quan tâm (ROI) được phát hiện bằng thuật toán phát hiện khuôn mặt bằng thư viện Open Computer Vision (OpenCV) [Hình 2 (a)]. ROI được phân tách thành các kênh màu đỏ, xanh lục và xanh lam và chúng tôi đã mang lại điểm đo xr (t), xg (t) và xb (t) từ mỗi kênh màu bằng cách lấy trung bình trên tất cả các pixel trong mỗi ROI [Hình 2 (b ), (c)]. Các dấu vết thô xr (t), xg (t) và xb (t) đã được chuẩn hóa như sau:

với mỗi ch = đỏ, lục, lam trong đó μ ch và σ ch lần lượt là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của xch (t) [Hình 2 (d)].

 Ba tín hiệu nguồn độc lập đã được tạo ra bằng cách phân tách ba dấu vết thô bằng ICA [Hình 2 (e)]. Trong nghiên cứu này, thuật toán chéo gần đúng của thuật toán bản địa (JADE) đã được sử dụng cho ICA, được phát triển bởi Cardoso [7]. Tham khảo các nghiên cứu về trích xuất PPG dựa trên máy ảnh [3] [4] và nghiên cứu Poh, [5], điển hình là dấu vết thô của kênh màu xanh lá cây và tín hiệu nguồn độc lập thứ hai có chứa tín hiệu plethysmographic mạnh tương đối. Cuối cùng, để trích xuất tần số nhịp tim, chúng tôi đã áp dụng biến đổi Fourier nhanh (FFT) trên dấu vết thô của kênh màu xanh lá cây và tín hiệu nguồn độc lập thứ hai [Hình 2 (f)]. III. KẾT QUẢ Hình 3 cho thấy tín hiệu theo dõi thô của ba kênh màu trong khoảng thời gian 30 giây. Như các nghiên cứu đo lường PPG dựa trên máy ảnh trước đây, tín hiệu theo dõi thô của kênh màu xanh lá cây chứa tín hiệu plethysmographic mạnh tương đối. Tuy nhiên, chất lượng tín hiệu không đủ cao để có được tất cả các khoảng giữa mỗi xung.

 Hình 4 cho thấy ba tín hiệu nguồn độc lập thu được bằng cách áp dụng ICA cho bộ tín hiệu theo dõi thô được hiển thị trong Hình 3. Không giống như nghiên cứu của Pho, độ rõ của đỉnh xung trong tín hiệu nguồn độc lập thứ hai tương tự hoặc tệ hơn tín hiệu theo dõi thô của màu xanh lá cây kênh Chúng tôi đã tìm thấy tần số công suất tối đa trong mỗi tín hiệu bằng FFT và ước tính nhịp tim trung bình từ tần số. Bảng I cho thấy nhịp tim ước tính và tỷ lệ lỗi giữa ước tính và nhịp tim. Tỷ lệ lỗi trung bình của dấu vết thô và nguồn độc lập lần lượt là 1,04% và 1,47%. Tỷ lệ lỗi rất thấp có nghĩa là nhịp tim trung bình đáng tin cậy có thể được đo từ xa bằng hệ thống camera tích hợp của điện thoại thông minh. Kết quả của việc áp dụng FFT cho hai tín hiệu được hiển thị trong hình 5. Tần số công suất tối đa được thể hiện rõ ràng trong trường hợp dấu vết thô màu xanh lá cây, nhưng độ rõ ràng trở nên tồi tệ hơn sau ICA

IV. FACEBEAT - ỨNG DỤNG IPHONE CHO DỰ ÁN LÃI SUẤT SỬ DỤNG GIỚI THIỆU VIDEO GIỚI THIỆU Chúng tôi đã phát triển FaceBEAT, ứng dụng iPhone để ước tính nhịp tim bằng cách quay video khuôn mặt. Ứng dụng điện thoại thông minh này ghi lại khuôn mặt của người dùng trong 20 giây và ước tính nhịp tim của anh ấy / cô ấy thông qua việc áp dụng phương pháp được minh họa trong Hình 2 cho video được ghi lại. Chúng tôi đã loại bỏ ICA từ việc xử lý đơn đăng ký của chúng tôi. Mặc dù chi phí xử lý lớn trong môi trường điện toán di động, ICA không giúp tìm thấy tần số năng lượng tối đa rõ ràng trong nghiên cứu này. Ảnh chụp màn hình của FaceBEAT được hiển thị trong Hình 6. Để bảo mật nhiều hơn kích thước khuôn mặt đủ trong video, FaceBEAT hiển thị chế độ xem hướng dẫn được phủ lên trên bản ghi [Hình 6. (a)]. Sau khi ghi, FaceBEAT hiển thị nhịp tim ước tính và kết quả FFT cho người dùng [Hình 6. (b)].

V. THẢO LUẬN Để đảm bảo phương pháp được giới thiệu trong bài viết này có thể được áp dụng cho hệ thống camera của điện thoại thông minh khác, chúng tôi đã phân tích các video được ghi bằng điện thoại thông minh khác bao gồm HTC Desire HD, Samsung Galaxy S và Galaxy Tab. Hình 7 cho thấy các tín hiệu theo dõi thô từ video được ghi bằng Samsung Galaxy Tab. Hầu hết dữ liệu từ điện thoại thông minh khác cho thấy kết quả tương tự iPhone, nhưng dấu vết thô của kênh màu xanh lá cây từ Galaxy Tab cho thấy nhịp tim rất rõ ràng và không mất mát cao. Nếu tín hiệu chất lượng cao như Hình 7 với tốc độ khung hình đủ cao có thể được ghi lại, điện thoại thông minh có thể đo từ xa các thông số tim mạch khác cần đo xung chính xác cao như biến thiên nhịp tim (HRV).

VI. KẾT LUẬN VÀ CÔNG VIỆC TƯƠNG LAI

Trong bài báo này, chúng tôi đã đánh giá nhịp tim đáng tin cậy có thể được trích xuất từ xa bằng hệ thống camera trên điện thoại thông minh. Từ kết quả của nghiên cứu sơ bộ này, chúng tôi hy vọng mọi người có thể đo nhịp tim ở mức độ tin cậy về mặt y tế chỉ bằng cách ghi lại khuôn mặt của họ trong vài giây bằng camera điện thoại thông minh mà không giới hạn địa điểm và thời gian. Để tìm đủ điều kiện của hệ thống camera trên điện thoại thông minh để đo nhịp tim từ xa, chúng tôi dự định so sánh các thông số kỹ thuật của các hệ thống camera trên điện thoại thông minh khác nhau. Mối quan hệ giữa kích thước ROI và chất lượng tín hiệu sẽ được nghiên cứu. FaceBEAT sẽ được cập nhật để theo dõi nhịp tim theo thời gian thực và quản lý đo lường lịch sử sẽ được thêm vào ứng dụng. Sau khi cập nhật để theo dõi thời gian thực, chúng tôi sẽ nghiên cứu về việc theo dõi nhịp tim từ xa bằng hệ thống camera trên điện thoại thông minh.