



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0022692

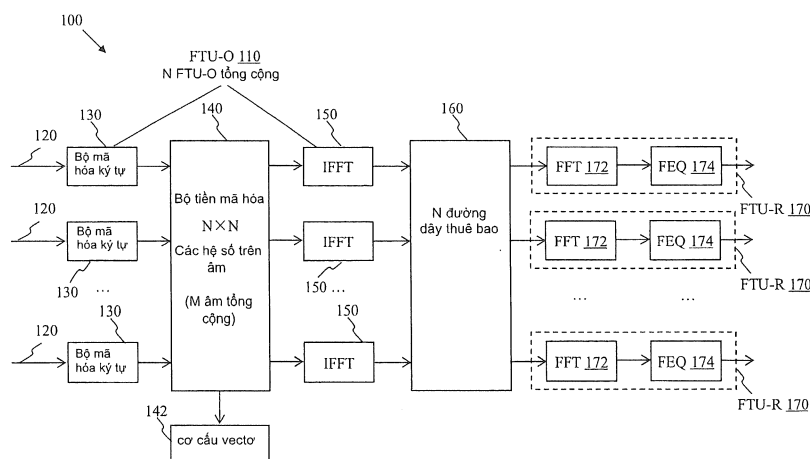
(51)⁷ **H04B 1/76**

(13) **B**

- (21) 1-2015-04630 (22) 24.04.2014
(86) PCT/CN2014/076088 24.04.2014 (87) WO2014/177009A9 06.11.2014
(30) 61/819,320 03.05.2013 US
14/132,207 18.12.2013 US
(45) 27.01.2020 382 (43) 25.02.2016 335
(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang, Shenzhen, Guangdong 518129, China
(72) LIU, Jianhua (CN), FAZLOLLAHI, Amir H. (US)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) **PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ ĐỂ TỰ ĐỒNG BỘ CHUỖI THĂM DÒ**

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp để tự đồng bộ chuỗi thăm dò bao gồm điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi chuỗi thăm dò trực giao (OPS - Orthogonal probe sequence) để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, trong đó OPS bao gồm cột phần tử 0 (phần tử 0) mà chỉ báo bắt đầu hoặc kết thúc của OPS, và truyền đồng thời, sử dụng một hoặc nhiều bộ truyền, các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên khoảng thời gian của số lượng ký tự đa âm rời rạc (DMT - Discrete multi-tone), trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu mà được ghép nối từ xa tới một hoặc nhiều bộ truyền thông qua nhóm được vectơ hóa của các đường dây thuê bao, và trong đó cột phần tử 0 làm cho tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến việc truyền thông mạng, và, trong các phương án cụ thể, đề cập đến chuỗi thăm dò tự đồng bộ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các kỹ thuật đường dây thuê bao số (Digital subscriber line - DSL) cung cấp băng thông rộng cho các truyền thông số trên các đường dây thuê bao đang tồn tại (ví dụ, các cặp dây đồng). Khi truyền dữ liệu trên các đường dây thuê bao, nhiễu xuyên âm có thể xảy ra giữa các tín hiệu được truyền trên các đường dây lân cận, ví dụ trong cùng bó đường dây hoặc bó đường dây lân cận. Sự xuyên âm, bao gồm xuyên âm đầu gần (near end crosstalk - NEXT) và xuyên âm đầu xa (far end crosstalk - FEXT), có thể làm giới hạn hiệu năng của các hệ thống DSL khác nhau, như các hệ thống được xác định bởi các tiêu chuẩn hiện tại bao gồm DSL bất đối xứng 2 (ADSL2), DSL tốc độ rất cao (VDSL), DSL tốc độ rất cao 2 (VDSL2), cũng như G.fast mà là tiêu chuẩn tương lai được ban hành bởi Ban tiêu chuẩn hóa viễn thông ủy ban viễn thông quốc tế (ITU-T) Nhóm nghiên cứu 15 (SG15).

Trong các hệ thống DSL được vector hóa, chuỗi thăm dò trực giao (đôi khi cũng được gọi là chuỗi hoa tiêu) được sử dụng để đánh giá ma trận kênh. Lấy hệ thống VDSL2 như là ví dụ: để cho bộ thu phát VDSL2 khởi tạo trên modem phía đầu xa (VTU-R) ghép nối vào tại chỉ số bit bên phải của chuỗi thăm dò đường lên, chuỗi thăm dò đường lên và chỉ số bit của nó có thể cần được truyền từ bộ thu phát VDSL2 trên phía nhà điều hành (VTU-O). Các chi tiết về làm thế nào dấu mốc chuỗi thăm dò đường lên được truyền từ VTU-O tới VTU-R có thể được xem trong Đề xuất ITU-T G.993.5 Mục 10.3.3.5 có tiêu đề là “Ký tự đồng bộ đường xuống và các mốc dấu chuỗi hoa tiêu đường lên”, mà được kết hợp ở đây nhằm mục đích viện dẫn.

Theo G.993.5 mà định nghĩa các giao thức tạo vector để loại bỏ FEXT trong các modem VDSL2, các bộ san bằng miền tần số dựa trên âm (FEQ) của bộ giải điều

chế đa âm rời rạc (DMT) có thể được huấn luyện chủ yếu. Trong các hệ thống DSL được vector hóa như G.fast, băng tần số được sử dụng có thể cao hơn nhiều và FEXT có thể mạnh hơn nhiều. Do đó, việc huấn luyện FEQ sử dụng các phương pháp truyền thống, bao gồm bình phương trung bình tối thiểu (LMS), LMS mù (BLMS), và lấy trung bình, có thể làm việc ít hiệu quả hơn (ví dụ, sự hội tụ có thể mất thời gian dài).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi chuỗi thăm dò trực giao (OPS) để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, trong đó OPS bao gồm phần tử 0 (phần tử 0) mà chỉ báo bắt đầu hoặc kết thúc của OPS, và truyền đồng thời, sử dụng một hoặc nhiều bộ truyền, các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên khoảng thời gian của số lượng ký tự đa âm rời rạc (DMT - Discrete multi-tone), trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu mà được ghép nối từ xa tới một hoặc nhiều bộ truyền thông qua nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao, và trong đó phần tử 0 làm cho tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất thiết bị bao gồm bộ xử lý có cấu trúc để điều chế các tín hiệu được đồng bộ sử dụng OPS để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế bao gồm các ký tự DMT, và một hoặc nhiều bộ truyền được ghép nối tới bộ xử lý và được tạo cấu hình để truyền đồng thời các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên các chu kỳ thời gian tương ứng với các ký tự DMT, trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu mà được ghép nối từ xa tới một hoặc nhiều bộ truyền thông qua nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao, và trong đó tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong chu kỳ thời gian thứ nhất hoặc cuối cùng của các chu kỳ thời gian.

Trong phương án khác, sáng chế đề xuất thiết bị bao gồm bộ thu được tạo cấu hình để thu tín hiệu trên các chu kỳ thời gian từ bộ truyền, trong đó mỗi chu kỳ thời

gian tương ứng với khoảng thời gian của ký tự DMT, trong đó mỗi ký tự DMT được điều chế bởi phần tử của chuỗi thăm dò, trong đó chuỗi thăm dò là trực giao với các chuỗi thăm dò khác của các bộ truyền khác trong các bộ truyền được đồng bộ, và bộ xử lý được ghép nối tới bộ thu và được tạo cấu hình để phát hiện ra chu kỳ thời gian trong đó tín hiệu thu được có biên độ không trong tất cả các kênh tín hiệu, đồng bộ mức 0 (phần tử 0) theo chu kỳ thời gian sao cho phần tử 0 đánh dấu bắt đầu của chuỗi thăm dò tham chiếu, được biết bởi bộ xử lý, và tách kênh trực tiếp từ tín hiệu thu được trên các chu kỳ thời gian ngay sau phần tử 0 nhờ sử dụng chuỗi thăm dò tham chiếu.

Các đặc điểm này và các đặc điểm khác sẽ được hiểu rõ ràng hơn từ phần mô tả chi tiết sau đây kết hợp với hình vẽ kèm theo và yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu hơn về sáng chế, sẽ thực hiện tham chiếu tới phần mô tả ngắn gọn sau đây, kết hợp với các hình vẽ kèm theo và phần mô tả chi tiết, trong đó số chỉ dẫn giống nhau ký hiệu các phần giống nhau.

FIG. 1 là sơ đồ giản lược minh họa phương án của bộ đường xuống của hệ thống đường dây thuê bao số (DSL).

FIG. 2 là sơ đồ giản lược minh họa phương án của bộ đường lên của hệ thống DSL.

FIG. 3 là sơ đồ giản lược khác minh họa phương án của hệ thống DSL.

FIG. 4A và 4B minh họa các ví dụ của các ma trận chuỗi thăm dò trực giao (OPS) truyền thống.

Các FIG. 4C-4F minh họa các phương án ví dụ của các ma trận OPS được bộc lộ ở đây.

FIG. 5A là sơ đồ giản lược minh họa mẫu điều chế ký tự chỉ báo chỉ số bit của chuỗi thăm dò đường lên từ VTU-O tới VTU-R được sử dụng chung G.993.5.

FIG. 5B là sơ đồ giản lược minh họa phương án ví dụ khác của mẫu điều chế ký tự mà có thể được sử dụng bởi G.fast.

Các FIG. 6A-6D là các sơ đồ minh họa các kết quả mô phỏng thu được bằng cách huấn luyện bộ san bằng miền tần số (FEQ) sử dụng thuật toán bình phương trung bình tối thiểu (LMS).

Các FIG. 7A-7D là các sơ đồ minh họa các kết quả mô phỏng thu được bằng cách huấn luyện FEQ sử dụng thuật toán như đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA) theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sẽ được hiểu lúc bắt đầu rằng, mặc dù phương án thể hiện minh họa của một hoặc nhiều phương án được mô tả dưới đây, các hệ thống và/hoặc phương pháp theo sáng chế có thể được thực hiện sử dụng các kỹ thuật bất kỳ, mà đã được biết đến hoặc đang tồn tại. Sáng chế sẽ không bị giới hạn ở các phương án minh họa, hình vẽ, và các kỹ thuật được minh họa dưới đây, bao gồm các thiết kế ví dụ và các phương án được minh họa và được mô tả ở đây, nhưng có thể được cải biến trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo cùng với toàn bộ phạm vi của phần tương đương.

Phụ thuộc vào tiêu chuẩn được hỗ trợ, hệ thống đường dây thuê bao số (DSL) đôi khi có thể được ký hiệu là hệ thống xDSL, trong đó 'x' có thể chỉ báo tiêu chuẩn DSL bất kỳ. Ví dụ, 'x' chỉ báo là 'A' trong DSL bất đối xứng 2 (ADSL2) hoặc các hệ thống ADSL2+, và 'V' trong DSL tốc độ rất cao (VDSL) hoặc các hệ thống VDSL2. Khi bộ thu phát nằm tại phía nhà điều hành của hệ thống DSL, như tổng đài điện thoại (CO), bộ ghép kênh đa truy nhập DSL (DSLAM), tủ máy, hoặc đơn vị điểm phân phối (DPU), bộ thu phát có thể được gọi là xTU-O. Mặt khác, khi bộ thu phát nằm tại đầu xa hoặc đầu người dùng như thiết bị thuộc nhà riêng thuê bao (CPE), bộ thu phát có thể được gọi là xTU-R. Lấy hệ thống G.fast làm ví dụ: bộ thu phát tại phía nhà điều hành có thể được gọi là bộ thu phát G.fast tại phía nhà điều hành (FTU-O), và bộ thu phát CPE có thể được gọi là FTU tại thiết bị đầu cuối từ xa (FTU-R), tức là, tại phía thuê bao.

Trong G.fast, sử dụng điều chế DMT, kênh trực tiếp có thể cần được đánh giá và được nghịch đảo đối với mỗi sóng mang con của DMT để thu được các hệ số FEQ nhờ sử dụng tập của các chuỗi thăm dò trực giao, tương tự với làm thế nào

kênh FEXT được đánh giá trong G.993.5. Mỗi kênh (công) có thể sử dụng chuỗi thăm dò mà có cùng độ dài như chuỗi thăm dò của các kênh (các công) khác nhưng trực giao với một trong số chúng. Mỗi chuỗi trực giao có thể được xem là vector hàng. Ma trận bao gồm chuỗi thăm dò của mỗi công như là mỗi hàng của nó cấu thành ma trận chuỗi thăm dò trực giao, mà có thể được gọi là OPS cho ngắn gọn. Các chuỗi thăm dò của OPS được sử dụng trong hệ thống được vector hóa có thể tắt cả bắt đầu tại cùng thời điểm; tức là, cột thứ nhất của OPS được truyền qua các công một cách đồng thời. Trong VDSL2-dựa trên G.993.5 trong đó mức FEXT được so sánh với kênh trực tiếp có thể là nhỏ, kênh trực tiếp được đánh giá với FEXT hiện có. Sau đó FEQ được tính toán và được sử dụng để đánh giá các kênh FEXT. Khi đánh giá kênh FEXT đường xuống (DS) trong G.993.5, VTU-R không cần phải biết về DS OPS hoặc chỉ số bit của nó, do VTU-R có thể báo cáo đơn giản lỗi được ghi trở lại VTU-O tương ứng. Tín hiệu lỗi được thu bởi mỗi FTU-O được xử lý tiếp bởi cơ cấu vector để đánh giá kênh DS FEXT được sử dụng trong bộ tiền mã hóa DS mà loại bỏ FEXT. Tuy nhiên, không giống G.993.5, FTU-R trong G.fast cần biết chỉ số bit của DS OPS để thực hiện đánh giá kênh trực tiếp DS. Việc đánh giá kênh FEXT đường xuống có thể được thực hiện tương tự như G.993.5.

Sáng chế đề cập đến các hệ thống, phương pháp, thiết bị, và các sản phẩm chương trình máy tính cho việc tự đồng bộ của xTU-R khởi tạo theo chuỗi thăm dò DS, ví dụ, ngay cả trong sự có mặt của FEXT mạnh. Nhờ sử dụng các chuỗi thăm dò trực giao trong DS của mỗi xTU-O, các kênh trực tiếp DS có thể được đánh giá tại xTU-R tương ứng trong khi các kênh FEXT được loại bỏ. Việc đồng bộ đạt được nhờ sử dụng các phần tử không (các phần tử 0) trong các chuỗi thăm dò được truyền đồng bộ bởi mỗi xTU-O. Cụ thể, khi OPS được sử dụng chung phía truyền để điều chế các tín hiệu được đồng bộ, phần tử 0 (đôi khi được gọi là ở đây là trạng thái Z, hoặc bit Z một cách hoán đổi) có thể được đưa vào OPS để đánh dấu sự bắt đầu hoặc kết thúc của OPS. Ký tự DMT được nhân với phần tử 0 có thể được cưỡng bức về không. Do đó, phần tử 0 có thể làm cho các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, mà được truyền bởi phía truyền, có biên độ không trong tất cả các công trong ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng. Do phía truyền của các đường dây ghép nối và tích

cực có thể sử dụng phần tử 0 trong ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng, có thể không có bất kỳ biên độ tín hiệu hoặc bất kỳ FEXT trong nhóm được vector hóa của các đường dây. Do đó, việc phát hiện ra ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng có thể được thực hiện mà không cần có FEQ. Để làm giảm đoạn đầu, phần tử 0 có thể được kết hợp vào mỗi N (bất kỳ số nguyên lớn hơn một) chu kỳ OPS thay vì mọi chu kỳ OPS, hoặc chỉ có thể được sử dụng khi đường dây mới ghép nối nhóm được vector hóa của các đường dây. Bằng cách tạo ra phần tử 0 trong OPS và sử dụng nó một cách đồng bộ trong các xTU-O, việc tự đồng bộ có thể đạt được bởi xTU-R mà không cần truyền đầu tiên chỉ số bit của OPS từ xTU-O tương ứng.

FIG. 1 là sơ đồ giản lược minh họa phương án của bộ DS 100 của hệ thống DSL. Giả thiết hệ thống DSL tuân theo tiêu chuẩn G.fast, nhưng người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rằng các cơ chế theo sáng chế ở đây có thể áp dụng tương tự tới bất kỳ hệ thống DSL khác. Trong cấu trúc hoặc bộ DS 100, N FTU-O 110 có thể thu các tín hiệu DS được tiền mã hóa từ N đường dây thuê bao 120, xử lý các tín hiệu, và truyền các tín hiệu DS được xử lý trên N đường dây thuê bao 160, trong đó N là số nguyên lớn hơn một. N đường dây thuê bao 160 có thể được xem là nhóm được vector hóa của các đường dây, do các tín hiệu của nó có thể được xử lý kết hợp bởi cơ cấu vector 142 nằm tại điểm phân phối trong đó các FTU-O 110 được bố trí, để loại bỏ DS FEXT sử dụng kỹ thuật tiền mã hóa. Mỗi FTU-O 110 có thể bao gồm bộ mã hóa ký tự 130 và bộ biến đổi ngược Fourier nhanh (IFFT) 150. Do đó, dòng bit đầu vào trong đường dây 120, mang dữ liệu từ nguồn mạng trong đường xuống, có thể được mã hóa bởi bộ mã hóa ký tự 130 tương ứng của nó. Bộ mã hóa ký tự 130 có thể chia dòng bit đầu vào thành các nhóm bit nhỏ, trong đó mỗi nhóm có thể được gán được điều chế trên sóng mang con của ký tự đa âm số (DMT). Số lượng sóng mang con trong mỗi đường dây có thể được ký hiệu ở đây là M , trong đó M là số nguyên.

Các ký tự được mã hóa trong nhóm của các đường dây có thể cấp vào bộ tiền mã hóa 140, mà được tạo cấu hình để kết hợp tuyến tính các tín hiệu từ mỗi đường dây và tạo ra các tín hiệu để cấp cho các bộ biến đổi Fourier ngược nhanh (IFFT) 150. Bộ tiền mã hóa 140 có thể được điều khiển bởi cơ cấu vector 142 và có thể

tính toán đa đầu ra từ đa đầu vào, do đó bộ tiền mã hóa 140 là hệ thống đa đầu vào đa đầu ra (MIMO) trong miền tần số. Do đa âm có thể được sử dụng, bộ tiền mã hóa 140 có thể có ma trận riêng biệt của hệ số đối với mỗi âm. Trong chiều DS, ma trận kênh có thể được tách đối với mỗi âm DS từ kênh ngược giữa FTU-O 110 và FTU-R 170. Ma trận kênh có thể được sử dụng trong bộ tiền mã hóa 140 để loại bỏ hoặc làm giảm FEXT trong DS. Cụ thể, bộ lọc méo trước hoặc ma trận tiền mã hóa có thể được sử dụng để làm méo trước tín hiệu, và nhờ đó làm giảm hoặc loại bỏ FEXT mà xuất hiện trong số các đường dây thuê bao 160, nhờ đó cho phép mỗi bộ thu DS tại các FTU-R 170 đạt được tốc độ dữ liệu cao hơn.

Mỗi bộ IFFT 150 có thể được sử dụng để điều chế DMT, mà chuyển đổi M ký tự trong miền tần số thành M tín hiệu trong miền thời gian. Các tín hiệu miền thời gian được truyền trên N đường dây thuê bao lõi ra 160, mà có thể được xem là nhóm được vectơ hóa của các đường dây, và các tín hiệu của nó được tạo ra bởi các FTU-O 110 và được dự định cho các FTU-R 170. Xuyên âm bao gồm NEXT và/hoặc FEXT có thể xảy ra khi các tín hiệu lan truyền trong các đường dây thuê bao 160. Mỗi bộ thu DS có thể có đường dây thuê bao tương ứng hoặc cặp dây đồng mà kết nối bộ thu DS tới FTU-O 110. Các đường dây thuê bao 160 có thể được bó cùng nhau trong bó cáp hoặc bộ liên kết.

Được hiểu bởi người có trình độ kỹ thuật trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật, mỗi bộ thu DS tại nhà riêng thuê bao, tức là, tại mỗi FTU-R 170 có thể được tạo cấu hình để thu tín hiệu tương ứng từ một trong các đường dây thuê bao 160. Ngoài ra, mỗi FTU-R 170 có thể bao gồm bộ biến đổi Fourier nhanh (FFT) 172 và FEQ 174. Bộ FFT 172 có thể được sử dụng để giải điều chế DMT, mà chuyển đổi các tín hiệu trong miền thời gian thành các ký tự trong miền tần số. FEQ 174 có thể được sử dụng để bù cho các méo tín hiệu gây bởi suy hao kênh trực tiếp của đường dây thuê bao.

Trong bộ đường xuống 100, FTU-O 110 có thể sử dụng OPS bao gồm phần tử 0 trong các đường dây thuê bao 160 để đồng bộ đường dây ghép nối (có thể là bất kỳ trong số N đường dây) theo OPS. N FTU-O 110 có thể điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS bao gồm phần tử 0 để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được

điều chế, và các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có thể được truyền đồng thời trong các cổng của N FTU-O 110 tới N FTU-R170 trong khoảng thời gian của các ký tự DMT.

Phần tử 0 cũng có thể được sử dụng để thực hiện các chức năng bổ sung, ví dụ, đánh giá FEXT, đánh giá kênh trực tiếp, và thu được các hệ số FEQ. Ví dụ, trong tầng sớm của việc huấn luyện trong đó các hệ số của FEQ thích nghi 174 có thể chưa được huấn luyện, sau khi đường dây ghép nối là để đồng bộ với chuỗi thăm dò, các phương án theo sáng chế có thể cho phép đường dây ghép nối thực hiện huấn luyện FEQ nhanh ngay cả trong sự có mặt của FEXT mạnh.

Trong G.993.5, việc đồng bộ chỉ có thể đạt được trong tầng sau đó sau khi các hệ số FEQ được huấn luyện, và việc huấn luyện FEQ sử dụng LMS truyền thông có thể không làm việc tốt khi FEXT mạnh xuất hiện. Với việc huấn luyện FEQ kém, hiệu quả vectơ hóa mà được thiết kế để loại bỏ FEXT cũng có thể kém như là hậu quả. Mặt khác, việc huấn luyện FEQ có thể sử dụng phương pháp giống như đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA) sử dụng OPS, mà ưu việt hơn so với LMS hoặc các thuật toán truyền thông khác về mặt độ chính xác và tốc độ hội tụ. Do các hệ thống DSL cải tiến hơn như G.fast đôi khi có thể có FEXT tương đối mạnh, việc huấn luyện FEQ theo sáng chế có thể chứng minh là hiệu quả hơn.

FIG. 2 là sơ đồ giản lược minh họa phương án của bộ US 200 của hệ thống DSL. Bộ đường lên 200 có thể tương ứng với bộ DS 100, do đó một vài khía cạnh là giống nhau. Nhằm mục đích ngắn gọn, các phần mô tả tiếp theo sẽ tập trung vào các khía cạnh mà là khác nhau hoặc chưa được mô tả. Trong bộ US 200, N FTU-O's 210 có thể thu các tín hiệu US từ N đường dây thuê bao lỗi vào 260, giải điều chế tín hiệu nhờ sử dụng FFT 250, và truyền tín hiệu tới bộ loại bỏ FEXT 240, trong đó N là số nguyên lớn hơn một.

Bộ US 200 bao gồm các FTU-R 270, mỗi chúng bao gồm bộ IFFT hoặc mô đun 272 và bộ mã hóa ký tự 274 đối với mỗi đường dây thuê bao 260. Do đó, dòng bit đầu vào mang dữ liệu US có thể được mã hóa bởi bộ mã hóa ký tự 274 tương ứng. Bộ mã hóa ký tự 274 có thể chia dòng bit đầu vào thành các nhóm bit nhỏ,

trong đó mỗi nhóm có thể được gán được điều chế trên âm hoặc sóng mang con của ký tự DMT.

Mỗi bộ IFFT 272 có thể được sử dụng để điều chế DMT, mà chuyển đổi các ký tự trong miền tần số thành các tín hiệu trong miền thời gian. Các tín hiệu miền thời gian được truyền trên N đường dây thuê bao lỗi ra 260, mà có thể được xem là nhóm được vector hóa của các đường dây, do các tín hiệu của nó được tạo ra bởi các FTU-R 270 và được đồng bộ thông qua các FTU-O 210 bởi cơ cấu vector 242. Các xuyên âm bao gồm NEXT và/hoặc FEXT có thể xảy ra khi các tín hiệu US lan truyền trong các đường dây thuê bao 260. Mỗi bộ thu US có thể có đường dây thuê bao tương ứng hoặc cặp đồng mà kết nối bộ thu US tới một trong các FTU-R 270. Các đường dây thuê bao 260 có thể được bó cùng nhau trong bó cáp hoặc bộ liên kết.

Các bộ FFT 250 có thể được sử dụng để giải điều chế DMT, mà chuyển đổi các tín hiệu trong miền thời gian thành các ký tự trong miền tần số. Các ký tự được giải điều chế có thể cấp vào bộ loại bỏ xuyên âm 240, mà được tạo cấu hình để kết hợp tuyến tính các tín hiệu từ mỗi đường dây, loại bỏ FEXT, và tạo ra các tín hiệu để cấp cho các bộ FEQ 230. Bộ loại bỏ 240 cũng là hệ thống MIMO trong miền tần số. Do đa âm có thể được sử dụng, bộ loại bỏ 240 có thể có ma trận riêng biệt của các hệ số loại bỏ đối với mỗi âm. Trong chiều US, ma trận kênh có thể được tách đối với mỗi âm US. Ma trận kênh có thể được sử dụng trong bộ loại bỏ 240 để loại bỏ hoặc làm giảm FEXT trong US. Các FEQ 230 có thể được sử dụng để bù cho các méo tín hiệu gây bởi suy hao kênh trực tiếp (ví dụ, suy hao chèn vào) của các đường dây thuê bao 260. Tương tự bộ DS 100, trong bộ US 200, mỗi FTU-R 270 có thể sử dụng chuỗi thăm dò tham chiếu bao gồm phần tử 0 để đồng bộ.

FIG. 3 là sơ đồ giản lược minh họa phương án của hệ thống DSL 300, mà có thể được tạo cấu hình để áp dụng cho bộ đường xuống 100, bộ đường lên 200, và các phương án khác theo sáng chế ở đây. Hệ thống DSL 300 bao gồm đơn vị điểm phân phối (DPU) 302 và các CPE 330 được ghép nối từ xa tới DPU 302 thông qua nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao. Đối với đồng bộ đường xuống, FTU-O nằm tại DPU 302 được xem xét phía truyền, và mỗi CPE 340 được xem xét

phía thu. Đối với đồng bộ đường lên, FTU-O được xem xét phía thu, và mỗi CPE 340 được xem xét phía truyền.

DPU 302 bao gồm bộ xử lý 310, bộ nhớ 320, và các bộ thu phát 330 được tạo cấu hình như được thể hiện trên FIG. 3 (có thể có N bộ thu phát, trong đó N là số nguyên lớn hơn một). Mặt khác, mỗi CPE 340 cũng bao gồm bộ xử lý 310, bộ nhớ 320, và bộ thu phát 342. Theo tiêu chuẩn G.fast, mỗi bộ thu phát 330 có thể là FTU-O, và mỗi bộ thu phát 342 có thể là FTU-R. Bộ xử lý 310 có thể được áp dụng như là một hoặc nhiều chip bộ xử lý trung tâm (CPU), các lõi (ví dụ, bộ xử lý đa lõi), các mảng cổng khả trình dạng trường (FPGA), các mạch tích hợp cụ thể ứng dụng (ASIC), và/hoặc các bộ xử lý tín hiệu số (DSP). Bộ xử lý 310 có thể được áp dụng nhờ sử dụng phần cứng hoặc kết hợp của phần cứng hoặc phần mềm.

Bộ nhớ 320 có thể bao gồm vùng nhớ đệm, bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (RAM), bộ nhớ chỉ đọc (ROM), bộ lưu trữ thứ cấp, hoặc kết hợp bất kỳ của chúng. Bộ lưu trữ thứ cấp điển hình bao gồm một hoặc nhiều ổ đĩa hoặc các ổ băng và được sử dụng cho việc lưu trữ cố định của dữ liệu và như là thiết bị lưu trữ dữ liệu tràn dòng nếu RAM không đủ lớn để lưu trữ tất cả dữ liệu làm việc. Bộ lưu trữ thứ cấp có thể được sử dụng để lưu trữ các chương trình mà được tải vào RAM khi các chương trình này được lựa chọn để thực hiện. ROM có thể được sử dụng để lưu trữ các lệnh và có thể lưu trữ các dữ liệu mà được đọc trong khi thực hiện chương trình. ROM là bộ nhớ cố định mà điển hình có dung lượng nhớ nhỏ so với dung lượng nhớ lớn hơn của bộ lưu trữ thứ cấp. RAM có thể được sử dụng để lưu trữ dữ liệu không cố định và có thể lưu trữ các lệnh. Truy nhập tới cả ROM và RAM một cách điển hình là nhanh hơn so với bộ lưu trữ thứ cấp.

Các bộ thu phát 330 có thể có cấu trúc để thực hiện điều chế và giải điều chế DMT. Các bộ thu phát 330 có thể đóng vai trò là các thiết bị đầu vào và/hoặc đầu ra của DPU 302. Ví dụ, nếu bộ thu phát 330 đang đóng vai trò là bộ truyền, nó có thể truyền dữ liệu ra khỏi DPU 302. Nếu bộ thu phát 330 đang đóng vai trò là bộ thu, nó có thể thu dữ liệu vào DPU 302. DPU 302 có thể có cấu trúc để thực hiện bất kỳ các phương pháp được mô tả ở đây, như việc truyền của OPS được thêm vào hoặc được bổ sung phần tử 0. Mặt khác, mỗi CPE 340 có thể đạt được việc tự đồng bộ

bằng cách thu OPS được thêm vào hoặc được bổ sung trạng thái Z như được mô tả ở đây.

Được hiểu rằng bằng cách lập trình và/hoặc tải các lệnh có thể thực hiện lên xTU-O hoặc CPE 340, ít nhất một trong bộ xử lý 310 và bộ nhớ 320 được thay đổi, biến đổi một phần xTU-O thành máy móc hoặc thiết bị cụ thể (ví dụ, xTU-O được tạo cấu hình để truyền OPS với phần từ 0 được bổ sung hoặc thêm vào). Các lệnh có thể thực hiện có thể được lưu trữ trên bộ nhớ 320 và được tải vào bộ xử lý 310 để thực hiện. Là cơ sở cho kỹ thuật điện và phần mềm có chức năng mà có thể được thực hiện bằng cách tải phần mềm có thể thực hiện vào máy tính có thể được chuyển đổi thành việc áp dụng phần cứng bởi các quy tắc thiết kế đã biết. Các quyết định giữa áp dụng khái niệm theo phần mềm so với phần cứng một cách điển hình dựa trên các xem xét của các tính ổn định của việc thiết kế và số lượng bộ phận cần được sản xuất ngoài bất kỳ vấn đề kéo theo trong việc phiên dịch từ miền phần mềm thành miền phần cứng. Nói chung, thiết kế mà vẫn áp dụng cho các thay đổi thường xuyên có thể được ưu tiên được áp dụng trong phần mềm, do việc quay lại áp dụng phần cứng là đắt hơn so với quay lại thiết kế phần mềm. Nói chung, thiết kế là ổn định mà sẽ được sản xuất với lượng lớn sẽ được ưu tiên áp dụng trong phần cứng, biểu diễn trong mạch tích hợp cụ thể ứng dụng (ASIC), do việc sản xuất lớn làm cho việc áp dụng phần cứng ít đắt đỏ hơn so với áp dụng phần mềm. Thông thường việc thiết kế có thể được phát triển và được kiểm tra dưới dạng phần mềm và được chuyển đổi sau đó, bởi các quy tắc thiết kế đã biết đến rộng rãi, thành áp dụng phần cứng tương đương trong mạch tích hợp cụ thể ứng dụng mà nổi cứng các lệnh của phần mềm. Theo cách tương tự khi máy móc được điều khiển bởi ASIC mới là máy móc hoặc thiết bị cụ thể, tương tự máy tính mà được lập trình và/hoặc được tải với các lệnh có thể thực hiện có thể được xem là máy móc hoặc thiết bị cụ thể.

Các phương án theo sáng chế có thể cho phép FTU-R khởi tạo tự đồng bộ bộ thu của nó theo chỉ số bit OPS của bộ truyền đường xuống trước khi huấn luyện FEQ. Do đó, việc tự đồng bộ có thể cho phép huấn luyện FEQ giống như CDMA nhanh, ngay cả dưới sự có mặt của FEXT mạnh. Ngoài ra, việc tự đồng bộ cũng có thể cho phép bộ truyền FTU-R khởi tạo đồng bộ theo chỉ số bit OPS đường lên.

Việc huấn luyện FEQ có thể sử dụng khái niệm tương tự như trong CDMA được sử dụng trong truyền thông không dây. Mô hình toán học được đơn giản hóa có thể được viết thành công thức:

$$Y = HX + Z \quad (1)$$

trong đó H biểu diễn ma trận kênh mà bao gồm kênh trực tiếp và một hoặc nhiều kênh FEXT, X là ma trận biểu diễn các tín hiệu được truyền mà là các tín hiệu trực giao giả hoặc trực giao tại ký tự đồng bộ. Z là ma trận biểu diễn các tạp âm, như tạp âm Gauss trắng cộng (AWGN) (lưu ý rằng các nguyên tắc tương tự áp dụng tới bất kỳ mẫu tạp âm khác), và Y là ma trận biểu diễn các tín hiệu thu được.

Để tính toán H, các hai vế của công thức (1) có thể được nhân với nghịch đảo của X như được thể hiện dưới đây:

$$\frac{Y \cdot X^H}{c} = H + \frac{Z \cdot X^H}{c} \quad (2)$$

trong đó X^H biểu diễn liên hợp của X, và C biểu diễn định thức của X.

Ma trận kênh H có thể bao gồm N x N phần tử (N ký hiệu số lượng đường dây thuê bao trong nhóm được vector hóa), và phần tử h_{ii} trong đó biểu diễn kênh trực tiếp với chỉ số hàng i và chỉ số cột i. Các hệ số FEQ có thể được tính toán như là nghịch đảo của kênh trực tiếp h_{ii} trong ma trận H. Để tính toán h_{ii} , sẽ ghi lại phương trình ma trận nêu trên theo các phần tử đường chéo để thu được công thức:

$$\frac{\sum_{k=1}^m y_{ik} \bar{x}_{ik}}{c} = h_{ii} + \frac{\sum_{k=1}^m z_{ik} \bar{x}_{ik}}{c}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

trong đó k biểu diễn chỉ số âm từ 1 đến m, y_{ik} biểu diễn phần tử tại hàng i và cột k của ma trận Y, và $\bar{x}_{ik}$ biểu diễn phần tử tại hàng i và cột k của ma trận X^H .

$\bar{x}_{ik}$ có thể được xem là nghịch đảo của tín hiệu được truyền, và $\bar{x}_{ik}$ có thể được sử dụng như là tín hiệu tham chiếu tại đầu bộ thu. $\bar{x}_{ik}$ được tạo thành từ một vài phần như được thể hiện trong công thức (với các chỉ số dưới được bỏ qua):

$$\bar{x} = \text{conjugate}(OPS * PRBS * (1 + 1j)) \quad (4)$$

Bộ tạo chuỗi nhị phân giả ngẫu nhiên (PRBS) có thể tạo ra giá trị ngẫu nhiên hoặc giả ngẫu nhiên, ví dụ, trong phổ hoặc các âm. PRBS có thể được thiết lập tại bắt đầu của mỗi ký tự DMT, và PRBS có thể được biết bởi phía bộ thu. PRBS có thể chỉ báo rằng bộ xáo trộn góc phần tư làm quay chòm điểm tín hiệu của mỗi âm từ điểm gốc, ví dụ, có giá trị “ $1+j$ ” hoặc “ $1-j$ ”, dựa trên hai bit của PRBS.

Trong công thức (4), nội dung của PRBS có thể là giá trị cố định và được biết tới phía bộ thu từ xa, mà là trường hợp trong G.993.5. Trong các hệ thống DSL có thể áp dụng khác như G.fast, nội dung của PRBS có thể được truyền thông tới phía bộ thu (ví dụ, FTU-R trong trường hợp DS) trong tầng bắt tay. Ngoài ra, trong G.fast, các bộ xáo trộn riêng biệt có thể được sử dụng cho các FTU-R khác nhau. Ngoài ra, bộ tạo PRBS có thể là giống nhau đối với mỗi FTU-R, nhưng trạng thái được thiết lập lại có thể là khác nhau đối với mỗi FTU-R. Trạng thái được thiết lập lại có thể được truyền thông tới mỗi FTU-R trong tầng bắt tay.

Trong phương pháp giống như trong CDMA để huấn luyện FEQ, để tách kênh trực tiếp, phía thu như FTU-R có thể cần chỉ số bit chính xác hoặc mốc dấu thời gian của OPS đối với tín hiệu thu được hiện tại. Một khi chỉ số bit hoặc mốc dấu thời gian được xác định, phía thu có thể thực hiện sự tương quan thích hợp với chuỗi thăm dò tham chiếu của chính nó để thu được kênh trực tiếp từ tín hiệu hoặc các tín hiệu thu được và từ chối các kênh FEXT. Điều này là có thể do chuỗi thăm dò được truyền tới mỗi bộ thu là trực giao với chuỗi thăm dò được truyền tới các bộ thu khác. Sau khi tách kênh trực tiếp, phía thu có thể nghịch đảo kênh trực tiếp để thu được các hệ số FEQ, nhờ đó hoàn thành huấn luyện FEQ.

Các phương án theo sáng chế ở đây có thể cho phép phía thu phát hiện trạng thái mức không (Z) được đánh dấu bởi một hoặc nhiều phần tử 0. Trạng thái Z có thể cho phép phía thu đồng bộ với chuỗi hoa tiêu của phía truyền trước khi huấn luyện FEQ. Nói cách khác, tương tự huấn luyện FEQ như trong CDMA, các phương án theo sáng chế có thể tìm được hoặc xác định ký tự hoặc vị trí thời gian hoặc chỉ số bit của OPS. Ký tự đồng bộ thứ nhất hoặc cuối cùng của OPS được sử dụng như là mốc dấu. Mốc dấu có thể bao gồm một hoặc nhiều ký tự âm. Ký tự

câm này có thể không được chứa trong tổng độ dài của OPS. Ví dụ, OPS có độ dài là 16 được sử dụng, chu kỳ thực tế của OPS là 17.

FIG. 4A minh họa ví dụ của OPS truyền thống 400 được sử dụng bởi các hệ thống xDSL hiện tại. Ở đây giả thiết OPS 400 có dạng của ma trận 4×4 tương ứng với bốn cổng đối với nhóm được vector hóa của bốn FTU-R. Mặc dù được hiểu rằng OPS theo sáng chế ở đây có thể có số lượng hàng và cột thích hợp bất kỳ. Lưu ý rằng OPS truyền thống 400 bao gồm các phần tử +1 và -1 với chỉ không có phần tử 0. OPS 400 là ma trận Hadamard (được ký hiệu là W), trong đó mỗi hàng trực giao với hàng khác; tức là, tích trong của mỗi hàng với hàng khác là không. Trong khi thuật ngữ OPS được sử dụng chủ yếu ở đây, người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ biết rằng các nguyên tắc tương tự áp dụng tới chuỗi thăm dò trực giao giả hoặc chuỗi thăm dò chung dạng chung hơn.

Trong OPS 400 (hoặc bất kỳ OPS khác theo sáng chế ở đây), mỗi hàng có thể được sử dụng cho cổng và mỗi phần tử, hoặc bit trong trường hợp này, có thể điều chế ký tự đồng bộ. Mỗi cột chỉ báo việc truyền của các ký tự đồng bộ trên các cổng khác nhau tại thời điểm đã định. Bit "+1" làm cho các điểm của chòm tín hiệu không thay đổi và bit -1 tạo dấu âm cả các phần thực và ảo của các điểm của chòm tín hiệu cho tất cả các âm, hoặc ngược lại. Nói cách khác, bit "+1" có thể tạo dấu âm cả các phần thực và ảo của các điểm của chòm tín hiệu, trong khi "-1" bit có thể giữ các điểm của chòm tín hiệu không thay đổi. OPS 400 có thể được truyền định kỳ trên các ký tự đồng bộ. Do đó, như được thể hiện trên FIG. 4B, ma trận OPS 400 có thể được quan sát như là lặp lại sang phải khi thời gian diễn tiến, tạo thành các ma trận OPS 420 theo thời gian. Lưu ý rằng trong khi phần tử chuỗi thăm dò có thể được xem là điều chế ký tự DMT với các điểm của chòm tín hiệu cố định trên mỗi sóng mang con trong đó mỗi sóng mang con của ký tự DMT được quay bởi giá trị đầu ra của bộ xáo trộn, phần tử chuỗi thăm dò có thể được xem là tương đương như ánh xạ điểm của chòm tín hiệu. Ví dụ, phần tử -1 có thể được ánh xạ tới điểm của chòm tín hiệu $1+j$, phần tử +1 có thể được ánh xạ tới điểm của chòm tín hiệu $-1-j$, và phần tử 0 có thể được ánh xạ tới điểm của chòm tín hiệu $0+0j$ (nói cách khác, được biểu diễn bởi sóng mang con được tạo mặt nạ hoặc bởi sóng mang con có hệ số khuếch đại là

không) trên tất cả các sóng mang con. Sau đó bộ xáo trộn có thể hoạt động trong các sóng mang con để làm ngẫu nhiên các chòm điểm tín hiệu. Hai phương pháp này là tương đương, và các tiêu chuẩn DSL có thể áp dụng một trong hai phương pháp (ví dụ, G.fast có thể áp dụng phương pháp thứ hai).

Ngược lại với OPS truyền thông 400 được thể hiện trên FIG. 4A, FIG. 4C minh họa ví dụ của OPS theo sáng chế 440, mà là tương tự với OPS 400 ngoại trừ rằng cột phần tử 0 bổ sung được thêm vào phần bắt đầu để chỉ báo sự bắt đầu của OPS 440. Theo phương án thực hiện, cột phần tử 0 chỉ báo rằng tất cả các cổng đối với tất cả các FTU-R có thể truyền không có tín hiệu hoặc các tín hiệu biên độ không (gây bởi phần tử 0) tại cùng thời điểm hoặc vị trí ký tự. Biên độ không trong nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao có thể được phát hiện bởi phía thu mà không có FEQ. Một khi phía thu phát hiện phần tử 0, phía thu có thể đồng bộ theo chu kỳ thời gian sao cho phần tử 0 đánh dấu bắt đầu hoặc kết thúc của chuỗi thăm dò tham chiếu. Phía thu đã biết nội dung của chuỗi thăm dò tham chiếu, mà có thể được lưu trữ trong phía thu trước đó hoặc được gửi từ phía truyền tới phía thu trong pha khởi tạo sớm hơn như trong pha bắt tay. Do đó, phía thu có thể đồng bộ với phía truyền dựa lên phần tử 0.

Một hoặc nhiều phần tử 0 có thể được thêm vào không chỉ phần bắt đầu (tức là, cột thứ nhất) của OPS, mà còn vào cột thích hợp bất kỳ khác. FIG. 4D minh họa ví dụ khác của OPS 460 theo sáng chế, mà bao gồm phần tử 0 trong cột cuối cùng để chỉ báo kết thúc của OPS 460. Phần tử 0 bổ sung có thể được chèn vào mọi chu kỳ OPS (bao gồm các khoảng thời gian ký tự DMT). Do đó, như được thể hiện trên FIG. 4E, ma trận OPS 440 hoặc 460 có thể được quan sát là lặp lại sang phải khi thời gian diễn tiến, tạo thành các ma trận OPS 480 theo thời gian. Lưu ý rằng, trên khoảng thời gian của N chu kỳ OPS, hiệu quả mạng của OPS 440 và OPS 460 có thể giống nhau, do các ma trận OPS 480 giống nhau có thể được tạo thành.

Thay vì thêm phần tử 0 vào mỗi ma trận OPS W , trong phương án khác như được thể hiện trên FIG. 4F, phần tử 0 có thể được chèn mọi N (bất kỳ số nguyên lớn hơn một) chu kỳ của ma trận W gốc. Việc sử dụng $N > 1$ có thể làm giảm đoạn đầu không cần thiết do phần tử 0. Do phần tử 0 có thể được sử dụng để hỗ trợ dòng khởi

tạo để đồng bộ bộ thu hoặc bộ truyền của nó theo chỉ số bit của DS OPS hoặc US OPS, một cách tương ứng, đôi khi có thể không cần thiết truyền phân tử 0 trong mỗi chu kỳ OPS.

Trong chế độ hoạt động bình thường, OPS có thể được sử dụng để ghi động và cập nhật các thay đổi kênh FEXT của các dòng tích cực. Việc truyền thường xuyên phân tử 0 (trạng thái Z) có thể ảnh hưởng đến các dòng tích cực bằng cách làm trễ việc cập nhật kênh FEXT của chúng và do đó bộ tiền mã hóa FEXT và bộ loại bỏ cập nhật. Để giảm thiểu hạn chế có thể này và làm giảm hơn nữa đoạn đầu gây bởi phân tử 0, trong phương án của sáng chế, phân tử 0 có thể được kích hoạt (kèm theo OPS) bởi cơ cấu điều khiển vector (VCE) khi dòng mới khởi tạo hoặc ghép nối nhóm được vector hóa của các dòng tích cực.

Mặc dù sáng chế hầu hết mô tả về chiều DS, các nguyên tắc tương tự cũng có thể được áp dụng tới chiều US. Do chiều đường xuống có thể sử dụng OPS thứ nhất, và chiều đường lên có thể sử dụng OPS thứ hai, lưu ý rằng OPS thứ nhất và OPS thứ hai có thể hoặc không thể giống nhau. Ngoài ra, các độ dài của OPS thứ nhất và OPS thứ hai có thể hoặc không thể bằng nhau. Tuy nhiên, việc đồng bộ có thể được đơn giản hóa nếu một trong độ dài của OPS thứ nhất hoặc thứ hai là bội nguyên của OPS còn lại.

Theo phương án của sáng chế, khi OPS thứ hai có cùng chu kỳ (hoặc cùng số lượng bit trong mỗi hàng) như OPS thứ nhất, việc truyền của chúng có thể được đồng bộ. Cụ thể, OPS thứ nhất và OPS thứ hai có thể bắt đầu tại cùng thời điểm hoặc chỉ số bit. Do đó, việc biết được thời điểm bắt đầu của OPS thứ nhất có thể dẫn đến việc biết được thời điểm bắt đầu của OPS thứ hai. Theo cách này, US OPS có thể được đồng bộ trong số nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao.

Nếu trạng thái Z (phân tử 0) được sử dụng đối với mọi N chu kỳ OPS, giá trị N có thể hoặc không thể giống nhau đối với các chiều DS và US. Ví dụ, trạng thái Z có thể được chèn mỗi 10 chu kỳ OPS trong chiều DS, nhưng có thể được chèn mỗi 20 hoặc số khác bất kỳ của chu kỳ OPS trong chiều US.

Ví dụ, khi sử dụng N chu kỳ OPS để làm cho US OPS và DS OPS bắt đầu tại cùng thời điểm hoặc với thời gian lệch đã biết, có thể giả thiết rằng độ dài của US

OPS và DS OPS là khác nhau. Trong trường hợp này, giá trị N cực tiểu là bội chung nhỏ nhất của độ dài US OPS và độ dài DS OPS, chia cho giá trị mà là ước số chung lớn nhất của độ dài US OPS và độ dài DS OPS.

Từ quan điểm phương án thực hiện, phần tử 0 trong OPS chỉ báo rằng điểm của chòm điểm tín hiệu (ví dụ, “1+j” hoặc số phức khác bất kỳ, trong đó $j = \sqrt{-1}$), được nhân với 0. Trong trường hợp này, tín hiệu bất kỳ được ánh xạ tới điểm của chòm điểm tín hiệu được loại bỏ hoặc được làm cho có biên độ không. Khi phần tử 0 được truyền trên các ký tự đồng bộ trên nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao, có thể không có tín hiệu hoặc FEXT trong số nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao. Do đó, chỉ số bit hoặc vị trí thời gian của phần tử 0 có thể được phát hiện ra bởi FTU-R khởi tạo trước khi huấn luyện FEQ. Sau khi phát hiện ra phần tử 0, FTU-R có thể xác định bắt đầu hoặc kết thúc của OPS, và tự đồng bộ theo chỉ số bit của OPS.

Trong hệ thống DSL (ví dụ, hệ thống 300), ma trận OPS giống nhau có thể được sử dụng trên các âm được sử dụng trong hệ thống DSL, do đó mô tả về một trong số các âm cũng có thể áp dụng tới các âm khác. Ngoài ra, ma trận OPS giống nhau có thể được chia sẻ bởi tất cả các bộ thu. Do đó, nếu bộ thu chỉ quan tâm đến kênh trực tiếp của nó, bộ thu có thể chỉ cần thu hàng tương ứng của nó (chuỗi thăm dò) của ma trận OPS. Hàng này có thể được gọi là chuỗi thăm dò tham chiếu hoặc tập của các bit chuỗi thăm dò (các phần tử). Trong bộ thu, bằng cách tương quan chuỗi thăm dò tham chiếu bởi các ký tự thu được trên chiều dài của hàng, kênh trực tiếp vẫn còn lại trong khi các hàng khác có thể bị loại bỏ trong thao tác tương quan, do các hàng khác là trực giao hoặc không tương quan với hàng kênh trực tiếp. Do đó, bất kỳ FEXT hiện diện có thể bị loại bỏ (hoặc khử). Ngoài ra, nếu bộ thu với chỉ số “i” quan tâm tới FEXT từ bộ truyền với chỉ số “j”, bộ thu “i” có thể cần tương quan tín hiệu thu được của nó với hàng “j” của ma trận OPS. Trong trường hợp này, kênh trực tiếp và FEXT từ các kênh khác ngoại trừ hàng “j” có thể được loại bỏ trong xử lý tương quan, và chỉ FEXT từ kênh “j” có thể còn lại. Tuy nhiên, trong trường hợp này bộ thu “i” cần biết nội dung hàng “j” của ma trận OPS.

FIG. 5A là sơ đồ giản lược minh họa mẫu điều chế ký tự 500 được sử dụng bởi G.993.5 đối với đồng bộ OPS đường lên, trong khi FIG. 5B là sơ đồ giản lược minh họa phương án của mẫu điều chế ký tự 540. FIG. 5A cũng được liệt kê như Fig 10-6 trong G.993.5 mục 10.3.3.5, do đó các chi tiết thực hiện liên quan đến mẫu điều chế ký tự 500 có thể được xem xét ở đó (không được lặp lại ở đây nhằm mục đích làm ngắn gọn phần mô tả). Mẫu 500 trên FIG. 5A chứa hai trạng thái ký tự được ký hiệu là 1 và 0. Theo G.993.5, việc sử dụng mẫu 500 có thể yêu cầu FEQ được huấn luyện và thực hiện chức năng trước đó. Ngoài ra, việc đồng bộ có thể tương đối phức tạp để thực hiện và có thể không hiệu quả dưới FEXT mạnh.

Mặt khác, mẫu 540 trên FIG. 5B thể hiện chuỗi thăm dò 8 phần tử lặp lại “+1 - 1 +1 +1 -1 -1 +1 -1” của công với phần tử 0 được thêm vào tại phần bắt đầu, do đó mẫu 540 bao gồm ba trạng thái ký tự được ký hiệu là 0, +1, và -1. So sánh mẫu điều chế ký tự 500 được sử dụng bởi G.993.5 với mẫu điều chế ký tự 540 theo sáng chế ở đây, người có kỹ thuật trung bình sẽ nhận biết rằng mẫu 540 bao gồm trạng thái Z hoặc phần tử 0 bổ sung, mà không nằm trong mẫu 500.

Tiêu chuẩn G.fast đồng ý rằng “G.fast sẽ chỉ rõ các tín hiệu thăm dò đánh giá kênh mà, ngoài các phần tử của các chuỗi thăm dò có các giá trị 1 và -1, cũng có phần tử 0 với giá trị 0, trong đó phần tử 0 chỉ báo không có công suất truyền, ví dụ, (các) âm thăm dò được tạo mặt nạ hoặc (các) ký tự được tạo mặt nạ.”

Sẽ được hiểu rằng các trạng thái 0, +1, và -1 trong mẫu 540 là ba phần tử riêng biệt và có thể yêu cầu hai bit để biểu diễn mỗi phần tử, do đó chúng khác với các trạng thái chỉ +1 và -1 truyền thống mà yêu cầu chỉ một bit để biểu diễn. Ví dụ, các phần tử của chuỗi thăm dò có thể được biểu diễn bởi hai bit là: 00 đối với phần tử 0, 01 đối với phần tử +1 và 10 phần tử -1; trong khi trong phương pháp truyền thống một bit là đủ để biểu diễn hai phần tử riêng biệt là +1 và -1. Thực tế, khi phần tử OPS được nhân với ký tự DMT, nếu phần tử OPS là +1, ký tự DMT sẽ nguyên vẹn; nếu phần tử OPS là -1, ký tự DMT được đổi dấu âm hoặc được quay pha 180 độ (ngoài ra, ký tự DMT có thể nguyên vẹn nếu phần tử OPS là -1 và được đổi dấu âm theo pha nếu phần tử OPS là +1); mặt khác, nếu phần tử OPS là 0, ký tự DMT được loại bỏ (tức là, được làm cho có biên độ không). Tín hiệu biên độ không (hoặc

không có tín hiệu) dẫn đến FEXT không trong số nhóm được vector hóa của các đường dây, mà có thể được phát hiện bởi phía thu mà không dựa vào FEQ nhờ sử dụng bộ phát hiện mức công suất hoặc các phương pháp khác. Kết quả là, so với phương pháp đồng bộ của G.993.5 theo OPS đường lên mà yêu cầu FEQ trước, việc đồng bộ theo OPS đường xuống sử dụng phương pháp theo sáng chế mà không yêu cầu FEQ có thể tương đối đơn giản hơn để thực hiện và có thể ổn định hơn dưới FEXT mạnh.

Theo phương án của sáng chế, trong tầng tìm kiếm kênh được ký hiệu là tầng tìm kiếm kênh 1-1, các FTU-O có thể truyền các ký tự đồng bộ được điều chế bởi OPS. OPS có thể bắt đầu từ một hoặc nhiều các phần tử 0 hoặc kết thúc với một hoặc nhiều phần tử 0, và có thể được xác định bởi tiêu chuẩn G.994.1 đối với mỗi đường dây, dựa trên khả năng được báo cáo từ FTU-R của đường dây ghép nối. OPS có thể không chứa bất kỳ các phần tử 0 ngoại trừ cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng của OPS. Hạt nhân xáo trộn riêng biệt trên đường dây có thể được áp dụng trên các ký tự dữ liệu và có thể là tương tự như được sử dụng trên các ký tự đồng bộ. Lưu ý rằng OPS này có thể khác với OPS được sử dụng trong tín hiệu được viện dẫn tới trong G.fast như O-P-VECTOR 1. Khoảng thời gian của tầng tìm kiếm kênh có thể được xác định bởi FTU-O theo G.994.1 dựa trên một hoặc nhiều yêu cầu (ví dụ, các yêu cầu đồng bộ) từ các FTU-R của các đường dây ghép nối.

FTU-R có hỗ trợ hay không việc sử dụng của chuỗi thăm dò đặc biệt theo sáng chế ở đây có thể được chỉ báo bởi bản tin yêu cầu danh sách các khả năng (CLR) được gửi từ FTU-R tới FTU-O trong tầng bắt tay G.994.1. Theo phương án của sáng chế, bản tin CLR chứa trường thông tin tiêu chuẩn được ký hiệu là bit Npar(2) tương ứng với bit G.fast SPar(1), trong đó bit Npar(2) có thể được thiết lập là không để chỉ báo rằng FTU-R không hỗ trợ việc sử dụng của chuỗi thăm dò đặc biệt cần được sử dụng, ví dụ, trong các tầng tìm kiếm kênh 1-1 và tìm kiếm kênh 1. Ngoài ra, bit Npar(2) có thể được thiết lập là một để chỉ báo rằng FTU-R hỗ trợ việc sử dụng của chuỗi thăm dò với một hoặc nhiều phần tử 0 đánh dấu sự bắt đầu của chuỗi thăm dò.

Các phương án theo sáng chế có thể sử dụng phần tử 0 trong mỗi chu kỳ OPS hoặc mọi N chu kỳ OPS để chỉ báo sự bắt đầu của chỉ số bit OPS. Do đó, không cần

phải truyền mốc đầu thời gian của chỉ số bit DS OPS trước đó từ FTU-O tới FTU-R. Trong song công phân chia theo thời gian (TDD) đồng bộ được sử dụng bởi G.fast, US OPS và DS OPS có thể bắt đầu tại cùng thời điểm hoặc với thời gian lệch đã biết. Do đó, có thể không còn cần phải truyền thông mốc đầu thời gian US OPS từ FTU-O tới FTU-R. Do các FTU-O của các đường dây ghép nối và tích cực có thể truyền phần tử 0, có thể không có bất kỳ tín hiệu nào (bao gồm tín hiệu kênh trực tiếp hoặc FEXT) trên đường dây. Do đó, việc phát hiện chu kỳ thời gian này có thể đạt được mà không cần có FEQ.

Để minh họa sự cải thiện hiệu năng của các phương án theo sáng chế so với các phương pháp truyền thông, các mô phỏng được thực hiện. Các FIG. 6A-6D là các sơ đồ minh họa các kết quả mô phỏng thu được bằng cách huấn luyện FEQ sử dụng thuật toán bình phương trung bình tối thiểu (LMS) khi FEXT được hiện diện, trong khi các FIG. 7A-7D là các sơ đồ minh họa các kết quả mô phỏng thu được bằng cách huấn luyện FEQ sử dụng thuật toán như trong CDMA theo sáng chế mà là có thể sử dụng phương án theo sáng chế mà loại bỏ FEXT trong khi huấn luyện FEQ. Các thiết lập khác là tương tự, và môi trường FEXT tương đối mạnh được giả thiết. Các FIG. 6A-6D thể hiện rằng FEXT mạnh làm giảm độ chính xác của hệ số FEQ sử dụng thuật toán LMS truyền thống.

Việc cải thiện hiệu năng đáng chú ý có thể được quan sát bằng cách so sánh các FIG. 6A-6D đến các FIG. 7A-7D, một cách tương ứng. Ví dụ, khi tần số tăng (lưu ý rằng trục ngang trong tất cả các kết quả mô phỏng chỉ báo chỉ số âm của DMT) tới gần 4000, độ lớn của FEQ trên FIG. 6A có sự gia tăng đột xuất (dấu hiệu mất ổn định), trong khi độ lớn của FEQ trên FIG. 7A thể hiện sự gia tăng nhẹ nhàng hơn. Ngoài ra, FIG. 6C thể hiện phép nhân của hàm kênh trực tiếp và FEQ (một cách lý tưởng có kết quả sẽ là một khi FEQ là nghịch đảo của kênh trực tiếp) có kết quả mà lệch đi so với một, trong khi FIG. 7C thể hiện phép nhân có kết quả nằm xung quanh một mặc dù tần số tăng.

FIG. 8 là lưu đồ của phương án của phương pháp 800, mà có thể được thực hiện trong hệ thống DSL, ví dụ, hệ thống DSL 300 hoặc bất kỳ hệ thống DSL bao gồm bộ đường xuống 100 và bộ đường lên 200. Phương pháp 800 bắt đầu trong

bước 810, trong đó một hoặc nhiều bộ truyền trong đầu truyền (ví dụ, DPU 302) có thể truyền OPS tới các bộ thu mà được ghép nối từ xa tới đầu truyền thông qua nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao. Trong các phương án khác, bước 810 có thể được bỏ qua nếu OPS được lưu trữ một cách thủ công vào các bộ thu.

OPS bao gồm cột của các phần tử 0 mà chỉ báo bắt đầu hoặc kết thúc của OPS. Theo phương án của sáng chế, cột phần tử 0 là cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng của OPS (nhưng không phải cả hai cột) bao gồm các phần tử 0, trong đó cột thứ nhất chứa chỉ các giá trị không hoặc các phần tử 0 chỉ báo bắt đầu của OPS, trong đó cột cuối cùng chứa chỉ phần tử 0 chỉ báo kết thúc của OPS. Ngoài ra, OPS có thể chứa các giá trị không phải không trong cột bất kỳ khác ngoại trừ cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng. Ví dụ, OPS có thể bao gồm các bit cộng một (+1) và các bit trừ một (-1) nằm trong các cột khác ngoại trừ cột phần tử 0. Phụ thuộc vào phương án thực hiện, mỗi bộ thu có thể thu toàn bộ OPS hoặc hàng tương ứng của OPS.

Trong bước 820, đầu truyền có thể điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế. Việc điều chế có thể được thực hiện theo cách thích hợp bất kỳ. Trong khi điều chế, mỗi ký tự DMT có thể được nhân với một trong phần tử +1, phần tử -1, và phần tử 0 mà tương ứng với ký tự DMT, trong đó phần tử +1 làm cho ký tự DMT nguyên vẹn trong khi điều chế, phần tử -1 làm nghịch đảo pha của ký tự DMT, và phần tử 0 làm cho ký tự DMT có biên độ không (ngoài ra, ký tự DMT có thể nguyên vẹn nếu phần tử OPS là -1 và được tạo dấu âm về pha nếu phần tử OPS là +1).

Trong bước 830, đầu truyền có thể truyền đồng thời các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên khoảng thời gian của số lượng DMT, trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu. Phần tử 0 có thể làm cho tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng. Ngoài ra, biên độ không của các tín hiệu đồng bộ có thể dẫn đến tín hiệu đầu xa không và FEXT không trong số nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng.

Trong chiều DS, mỗi bộ truyền có thể là FTU-O được bố trí trong DPU, và mỗi bộ thu có thể nằm trong CPE, mà có cấu trúc để thu tín hiệu được đồng bộ

được điều chế, phát hiện biên độ không của tín hiệu được đồng bộ được điều chế trong ký tự DMT, đánh dấu ký tự DMT như là bắt đầu của chuỗi thăm dò tham chiếu được biết bởi CPE, và tách hàm kênh trực tiếp từ tín hiệu được đồng bộ được điều chế dựa trên chuỗi thăm dò tham chiếu.

Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận ra rằng phương pháp 800 bao gồm chỉ một phần của các bước cần thiết trong việc truyền thông giữa đầu truyền và đầu thu, do đó các bước khác có thể được kết hợp nếu thích hợp, hoặc các bước có thể được cải biến phụ thuộc vào ứng dụng. Ví dụ, trong chiều US, phương pháp 800 có thể còn thu, từ đầu thu của đường dây ghép nối, yêu cầu đồng bộ trước khi điều chế các tín hiệu được đồng bộ, trong đó sử dụng phần tử 0 khi điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS được dựa trên khả năng được báo cáo bởi đầu thu của đường dây ghép nối trong pha bắt tay giữa một trong các bộ truyền và đầu thu của đường dây ghép nối.

Trong ví dụ khác, trong trường hợp của một phần tử 0 trên N chu kỳ OPS, OPS được sử dụng trong bước 820 có thể là OPS đầu tiên trong số các ma trận OPS, trong đó phần còn lại của các ma trận OPS là đồng nhất với OPS thứ nhất ngoại trừ rằng không có phần còn lại của các ma trận OPS chứa phần tử 0. Nhiều hơn các tín hiệu đồng bộ có thể được điều chế bởi phần còn lại của các ma trận OPS để tạo ra nhiều hơn các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, mà có thể sau đó được truyền đồng thời trên khoảng thời gian của nhiều ký tự DMT hơn có đích là các bộ thu. Sau đi vào trạng thái hoạt động bình thường, các tín hiệu được đồng bộ bổ sung có thể không còn cần được điều chế bởi phần tử 0, để giảm thiểu đoạn đầu.

Ít nhất một phương án theo sáng chế được mô tả và các thay đổi, kết hợp, và/hoặc cải biến của (các) phương án và/hoặc các đặc điểm của (các) phương án được thực hiện bởi người có trình độ kỹ thuật trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nằm trong phạm vi của sáng chế. Các phương án khác mà thu được từ việc kết hợp, tích hợp, và/hoặc bỏ qua các đặc điểm của (các) phương án cũng sẽ nằm trong phạm vi của sáng chế. Trong đó các phạm vi hoặc các giới hạn số học được thể hiện cụ thể, các phạm vi hoặc các giới hạn có thể được hiểu là bao gồm các phạm vi hoặc giới hạn lặp lại của độ lớn nằm trong các phạm vi hoặc giới hạn được thể hiện cụ thể

(ví dụ, từ khoảng 1 đến 10 bao gồm, 2, 3, 4, ...; lớn hơn 0,10 bao gồm 0,11, 0,12, 0,13, ...). Ví dụ, bất kỳ khi nào phạm vi số học có giới hạn dưới, R_l , và giới hạn trên, R_u , được mô tả, số bất kỳ nằm trong phạm vi này được mô tả cụ thể. Cụ thể, các số sau đây nằm trong phạm vi được mô tả cụ thể: $R = R_l + k * (R_u - R_l)$, trong đó k là biến nằm từ 1 phần trăm đến 100 phần trăm với số gia 1 phần trăm, tức là, k là 1 phần trăm, 2 phần trăm, 3 phần trăm, 4 phần trăm, 5 phần trăm, ..., 50 phần trăm, 51 phần trăm, 52 phần trăm, ..., 95 phần trăm, 96 phần trăm, 97 phần trăm, 98 phần trăm, 99 phần trăm, hoặc 100 phần trăm. Ngoài ra, phạm vi số học bất kỳ được xác định bởi hai số R như được xác định nêu trên cũng được mô tả cụ thể. Việc sử dụng thuật ngữ “khoảng” nghĩa là $\pm 10\%$ của số tiếp theo, trừ khi được giải thích khác. Việc sử dụng thuật ngữ “tùy chọn” đối với thành phần bất kỳ của yêu cầu bảo hộ nghĩa là thành phần này được yêu cầu, hoặc ngoài ra, thành phần này không được yêu cầu, cả hai phương án đều nằm trong phạm vi bảo hộ. Việc sử dụng các thuật ngữ rộng hơn như bao gồm, gồm có, và có có thể được hiểu là cung cấp sự hỗ trợ cho các thuật ngữ hẹp hơn như chứa, về cơ bản chứa, và về cơ bản bao gồm. Do đó, phạm vi bảo hộ không bị giới hạn bởi phần mô tả được mô tả nêu trên mà được xác định bởi bộ yêu cầu bảo hộ sau đây, mà phạm vi bao gồm tất cả các phần tương đương của đối tượng yêu cầu bảo hộ. Mỗi và mọi điểm yêu cầu bảo hộ được kết hợp như phần mô tả bổ sung vào bản mô tả và các điểm yêu cầu bảo hộ là (các) phương án của sáng chế. Phần mô tả của tài liệu tham chiếu trong sáng chế không phải là sự dẫn nạp mà là kỹ thuật đã biết, đặc biệt bất kỳ tài liệu tham chiếu mà có ngày công bố sau ngày ưu tiên của đơn này. Việc bộc lộ tất cả sáng chế, đơn xin cấp patent, và các công bố được trích dẫn trong sáng chế được kết hợp ở đây nhằm mục đích viện dẫn, tới phạm vi rằng chúng cung cấp sự bổ sung ví dụ, thủ tục, các chi tiết khác vào sáng chế.

Trong khi một vài phương án được đưa ra trong sáng chế này, có thể được hiểu rằng các hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể được mô tả theo nhiều dạng cụ thể khác nhau mà không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế. Các ví dụ được xem là minh họa và không bị giới hạn, và sáng chế không bị giới hạn ở những chi tiết được đưa ra ở đây. Ví dụ, các thành phần và chi tiết khác nhau có thể

được kết hợp hoặc được tích hợp trong hệ thống khác hoặc các đặc điểm nhất định có thể được bỏ qua, hoặc không được thực hiện.

Ngoài ra, các kỹ thuật, hệ thống, hệ thống con, và các phương pháp được mô tả và được minh họa trong các phương án khác nhau là cụ thể hoặc riêng biệt có thể được kết hợp hoặc được tích hợp với các hệ thống, mô đun, kỹ thuật, hoặc phương pháp khác mà không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế. Các mục khác được thể hiện hoặc được mô tả như được ghép nối hoặc được ghép nối trực tiếp hoặc truyền thông với nhau có thể được ghép nối không trực tiếp hoặc truyền thông thông qua một vài giao diện, thiết bị, hoặc thành phần trung gian theo kiểu điện tử, cơ học, hoặc kiểu khác. Các ví dụ khác về các thay đổi, thay thế, và bổ sung có thể được thực hiện bởi chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật và có thể được thực hiện mà không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp để tự đồng bộ chuỗi thăm dò bao gồm:

điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi chuỗi thăm dò trực giao (OPS - Orthogonal probe sequence) để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, trong đó OPS bao gồm cột phần tử 0 (phần tử 0) mà chỉ báo bắt đầu hoặc kết thúc của OPS; và

truyền đồng thời, sử dụng một hoặc nhiều bộ truyền, các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên khoảng thời gian của số lượng ký tự đa âm rời rạc (DMT - Discrete multi-tone), trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu mà được ghép nối từ xa tới một hoặc nhiều bộ truyền thông qua nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao, và trong đó cột phần tử 0 làm cho tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó cột phần tử 0 là cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng của OPS, trong đó cột thứ nhất chứa chỉ các phần tử 0 chỉ báo bắt đầu của OPS, trong đó cột cuối cùng chứa chỉ các phần tử 0 chỉ báo kết thúc của OPS, trong đó OPS không chứa phần tử 0 trong cột khác bất kỳ ngoại trừ cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng, và trong đó biên độ không của các tín hiệu đồng bộ dẫn đến tín hiệu đầu xa không và xuyên nhiễu đầu xa (FEXT - Far end crosstalk) không trong số nhóm được vector hóa của các đường dây thuê bao trong các ký tự DMT thứ nhất hoặc cuối cùng.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó cột phần tử 0 bao gồm các phần tử 0, trong đó OPS còn bao gồm các phần tử cộng một (+1) và các phần tử trừ một (-1) nằm trong các cột khác ngoại trừ cột phần tử 0, trong đó trong khi điều chế, mỗi ký tự DMT được nhân với một trong các phần tử +1, phần tử -1, và các phần tử 0 mà tương ứng với ký tự DMT, trong đó một trong phần tử +1 và phần tử -1 làm cho ký tự DMT nguyên vẹn và phần tử còn lại nghịch đảo pha của ký tự DMT trong khi điều chế, và trong đó phần tử 0 làm cho ký tự DMT có biên độ không.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó các phần tử +1, các phần tử -1, và các phần tử 0 được biểu diễn bởi các chòm điểm tín hiệu hai bit, trong đó phần tử -1 được ánh xạ

tới điểm của chòm điểm tín hiệu $1+j$, phần tử $+1$ được ánh xạ tới điểm của chòm điểm tín hiệu $-1-j$, và phần tử 0 được ánh xạ tới điểm của chòm điểm tín hiệu $0+0j$.

5. Phương pháp theo điểm 2, còn bao gồm bước truyền OPS tới các bộ thu trước khi điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS.

6. Phương pháp theo điểm 2, trong đó một hoặc nhiều bộ truyền nằm trong đơn vị điểm phân phối (DPU - Distribution point unit), trong đó các tín hiệu được đồng bộ được điều chế được truyền trên nhóm được vectơ hóa của các đường dây thuê bao trong chiều đường xuống, và trong đó mỗi bộ thu nằm trong thiết bị thuộc nhà riêng thuê bao (CPE - Customer premise equipment) mà có cấu trúc để thu tín hiệu được đồng bộ được điều chế, phát hiện biên độ không của tín hiệu được đồng bộ được điều chế trong ký tự DMT, đánh dấu ký tự DMT như là bắt đầu của chuỗi thăm dò tham chiếu được biết bởi CPE, và tách hàm kênh trực tiếp từ tín hiệu được đồng bộ được điều chế dựa trên chuỗi thăm dò tham chiếu.

7. Phương pháp theo điểm 2, trong đó cột phần tử 0 là cột thứ nhất của OPS, trong đó OPS là ma trận thứ nhất trong số các ma trận OPS, trong đó phần còn lại của các ma trận OPS là đồng nhất với OPS thứ nhất ngoại trừ rằng không có phần còn lại của các ma trận OPS chứa cột phần tử 0 , và trong đó nhiều tín hiệu được đồng bộ hơn được điều chế bởi phần còn lại của các ma trận OPS để tạo ra nhiều hơn các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, mà sau đó được truyền đồng thời trên khoảng thời gian của nhiều ký tự DMT hơn có đích tới các bộ thu.

8. Phương pháp theo điểm 2, còn bao gồm bước thu, từ đầu thu của đường dây ghép nối, yêu cầu đồng bộ trước khi điều chế các tín hiệu được đồng bộ, trong đó việc điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS dựa trên khả năng được báo cáo bởi đầu thu của đường dây ghép nối trong pha bắt tay giữa một trong các bộ truyền và đầu thu của đường dây ghép nối.

9. Thiết bị để tự đồng bộ chuỗi thăm dò bao gồm:

một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để điều chế các tín hiệu được đồng bộ nhờ sử dụng chuỗi thăm dò trực giao (OPS) để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế, trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế bao gồm các ký tự đa âm rời rạc (DMT); và

một hoặc nhiều bộ truyền được ghép nối tới một hoặc nhiều bộ xử lý và được tạo cấu hình để truyền đồng thời các tín hiệu được đồng bộ được điều chế trên các chu kỳ thời gian tương ứng với các ký tự DMT, trong đó mỗi tín hiệu được đồng bộ được điều chế được dự định cho một trong số nhiều bộ thu mà được ghép nối từ xa tới một hoặc nhiều bộ truyền thông qua nhóm được vectơ hóa của các đường dây thuê bao, và trong đó tất cả các tín hiệu được đồng bộ được điều chế có biên độ không trong chu kỳ thời gian thứ nhất hoặc cuối cùng của các chu kỳ thời gian.

10. Thiết bị theo điểm 9, trong đó mỗi trong số một hoặc nhiều bộ truyền còn được tạo cấu hình để truyền hàng tương ứng của OPS tới bộ thu tương ứng của nó trước khi truyền một trong số các tín hiệu được đồng bộ được điều chế.

11. Thiết bị theo điểm 9, trong đó OPS được biểu diễn bởi ma trận với các hàng và các cột, trong đó cột thứ nhất hoặc cột cuối cùng trong các cột là cột phần tử 0 (phần tử 0) chứa chỉ các giá trị không mà gây ra biên độ không, trong đó biên độ không của các tín hiệu đồng bộ dẫn đến tín hiệu đầu xa không và xuyên âm đầu ra (FEXT) không trong số nhóm được vectơ hóa của các đường dây thuê bao trong chu kỳ thứ nhất hoặc cuối cùng, và trong đó ít nhất một vài tín hiệu đồng bộ có các biên độ không phải không trong các chu kỳ thời gian khác ngoại trừ chu kỳ thời gian thứ nhất hoặc cuối cùng.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó ma trận biểu diễn OPS bao gồm các giá trị cộng một (+1) và các giá trị trừ một (-1) trong các cột khác ngoại trừ cột phần tử 0, trong đó trong khi điều chế mỗi ký tự DMT được nhân với một trong số giá trị +1, giá trị -1, và giá trị không mà tương ứng với ký tự DMT, trong đó một trong số giá trị +1 và giá trị -1 làm cho ký tự DMT nguyên vẹn và giá trị còn lại làm nghịch đảo pha của ký tự DMT trong khi điều chế, và trong đó giá trị không làm cho ký tự DMT có biên độ không.

13. Thiết bị theo điểm 11, trong đó các tín hiệu được đồng bộ được điều chế được truyền trên nhóm được vectơ hóa của các đường dây thuê bao trong chiều đường xuống, trong đó mỗi trong số một hoặc nhiều bộ truyền là một phần của bộ thu phát G.fast tại phía nhà điều hành (FTU-O), và trong đó mỗi bộ thu là một phần của bộ thu phát G.fast tại thiết bị đầu cuối từ xa (FTU-R).

14. Thiết bị theo điểm 11, trong đó cột phần tử 0 là cột thứ nhất của ma trận, mà là ma trận thứ nhất trong số các ma trận OPS, trong đó phần còn lại của các ma trận OPS là đồng nhất với ma trận thứ nhất ngoại trừ rằng không có phần còn lại của các ma trận OPS chứa bất kỳ cột phần tử 0, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để điều chế các tín hiệu được đồng bộ bổ sung bởi phần còn lại của các ma trận OPS để tạo ra các tín hiệu được đồng bộ được điều chế bổ sung, và trong đó một hoặc nhiều bộ truyền còn được tạo cấu hình để truyền đồng thời các tín hiệu được đồng bộ được điều chế bổ sung trên các ký tự DMT bổ sung có đích tới các bộ thu.

15. Thiết bị theo điểm 11, còn bao gồm một hoặc nhiều bộ thu được ghép nối tới một hoặc nhiều bộ xử lý và được tạo cấu hình để thu, từ bộ truyền nằm trong đầu thu của đường dây ghép nối, yêu cầu đồng bộ, trong đó việc điều chế các tín hiệu được đồng bộ bởi OPS dựa trên khả năng được báo cáo bởi đầu thu trong pha bắt tay giữa thiết bị này và đầu thu.

16. Thiết bị để tự đồng bộ chuỗi thăm dò bao gồm:

bộ thu được tạo cấu hình để thu tín hiệu trên các chu kỳ thời gian từ bộ truyền, trong đó mỗi chu kỳ thời gian tương ứng với khoảng thời gian của ký tự đa âm rời rạc (DMT - Discrete multi-tone), trong đó mỗi ký tự DMT được điều chế bởi phần tử của chuỗi thăm dò, trong đó chuỗi thăm dò là trực giao với các chuỗi thăm dò khác của các bộ truyền khác trong các bộ truyền được đồng bộ; và

bộ xử lý được ghép nối tới bộ thu và được tạo cấu hình để:

phát hiện chu kỳ thời gian trong đó tín hiệu thu được có biên độ không trong tất cả các kênh tín hiệu;

đồng bộ phần tử 0 (phần tử 0) theo chu kỳ thời gian sao cho phần tử 0 đánh dấu bắt đầu của chuỗi thăm dò tham chiếu, được biết bởi bộ xử lý; và

tách kênh trực tiếp từ tín hiệu thu được trên các chu kỳ thời gian ngay sau phần tử 0 nhờ sử dụng chuỗi thăm dò tham chiếu.

17. Thiết bị theo điểm 16, trong đó bộ thu còn được tạo cấu hình để thu chuỗi thăm dò tham chiếu trước khi thu tín hiệu, và trong đó chuỗi thăm dò tham chiếu được sử dụng trong việc tách kênh trực tiếp từ tín hiệu thu được, thiết bị này còn bao gồm bộ

nhớ được ghép nối tới bộ thu và được tạo cấu hình để lưu trữ chuỗi thăm dò tham chiếu.

18. Thiết bị theo điểm 17, trong đó chuỗi thăm dò tham chiếu bao gồm các giá trị cộng một (+1) và các giá trị trừ một (-1) ngoại trừ phân tử 0, trong đó bộ thu còn được tạo cấu hình để thu chuỗi nhị phân giả ngẫu nhiên (PRBS) tương ứng với tín hiệu thu được, và trong đó việc tách kênh trực tiếp còn được dựa trên PRBS.

19. Thiết bị theo điểm 16, trong đó tín hiệu thu được bao gồm thành phần tương ứng với kênh trực tiếp và một hoặc nhiều thành phần tương ứng với một hoặc nhiều kênh xuyên âm đầu xa (FEXT), và trong đó tất cả các kênh tín hiệu bao gồm kênh trực tiếp và các kênh FEXT có biên độ không trong chu kỳ thời gian được phát hiện.

20. Thiết bị theo điểm 16, trong đó bộ truyền mà truyền tín hiệu đường xuống nằm trong bộ thu phát G.fast tại phía nhà điều hành (FTU-O), trong đó bộ thu và bộ xử lý là các phần của bộ thu phát G.fast tại thiết bị đầu cuối từ xa (FTU-R), và trong đó FTU-R được kết nối tới FTU-O thông qua đường dây thuê bao.

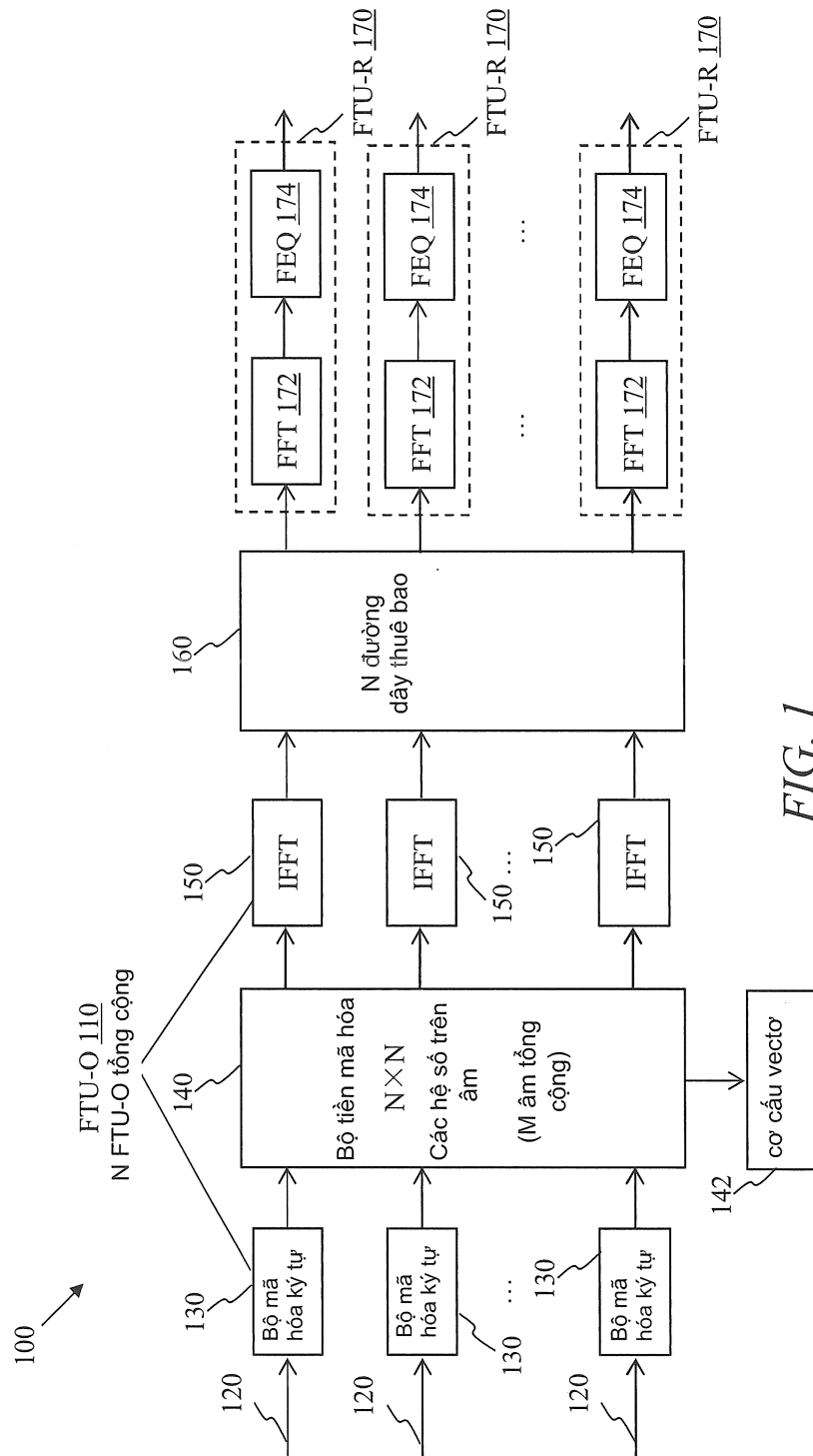


FIG. 1

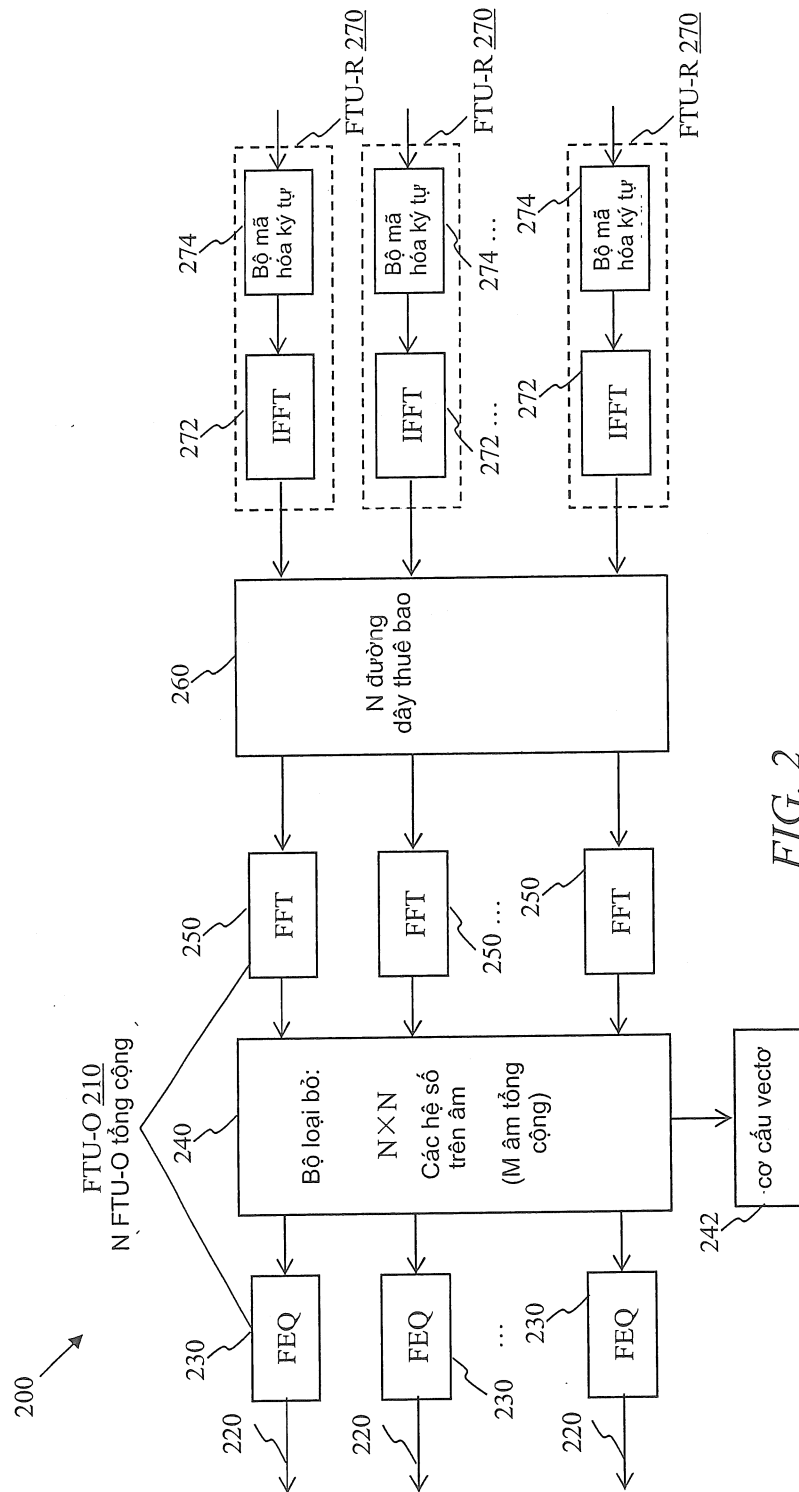
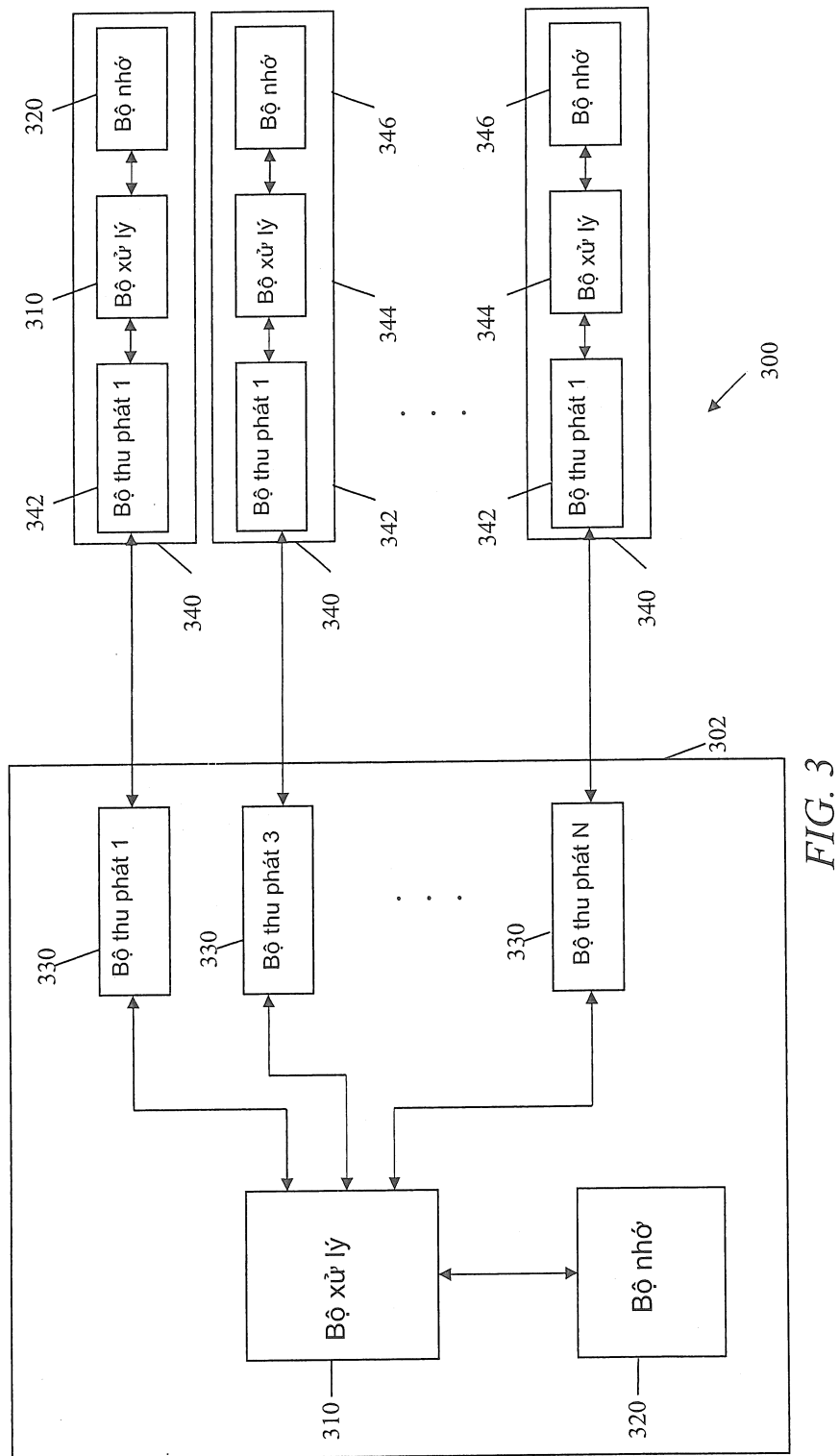


FIG. 2



400 

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG. 4A

420

FIG. 4B

440 

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG. 4C

460 
$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{matrix}$$

490

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

N Chu ký OPS

FIG. 4F

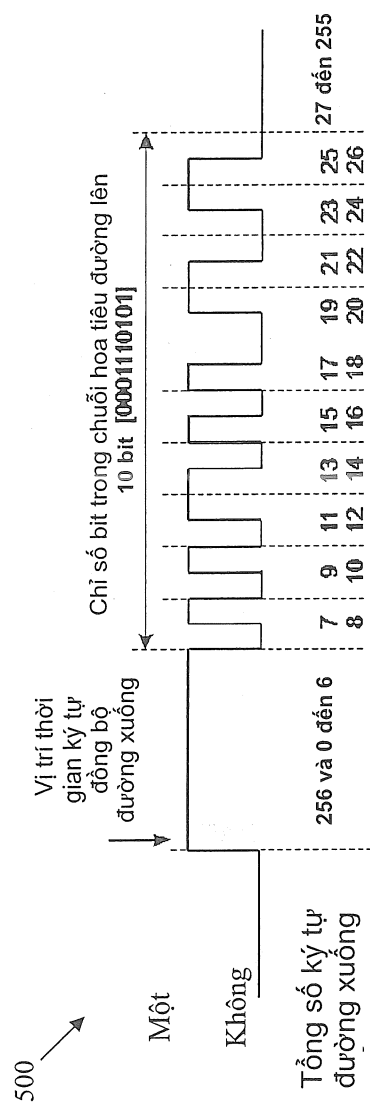


FIG. 5A

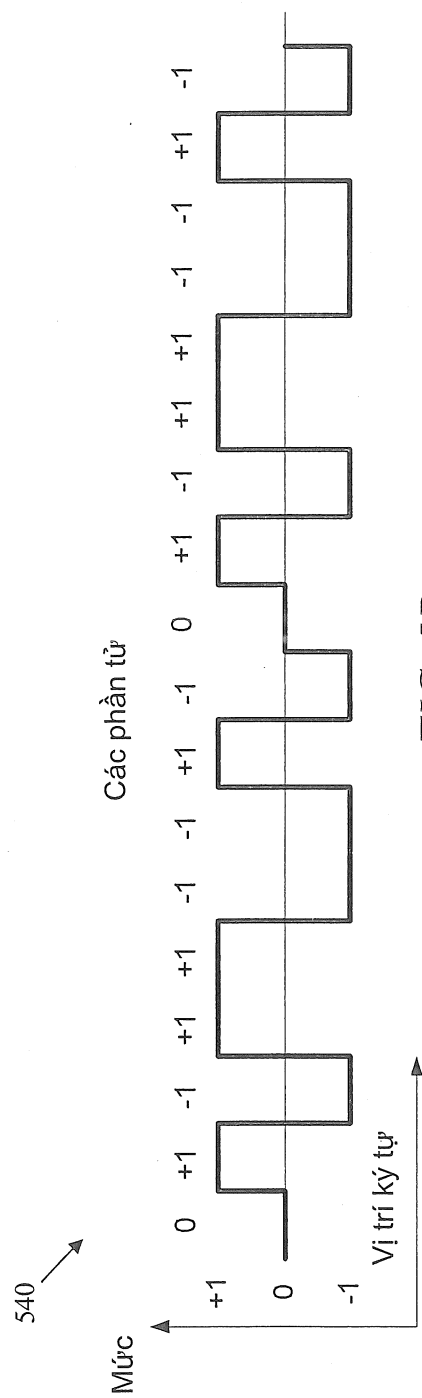


FIG. 5B

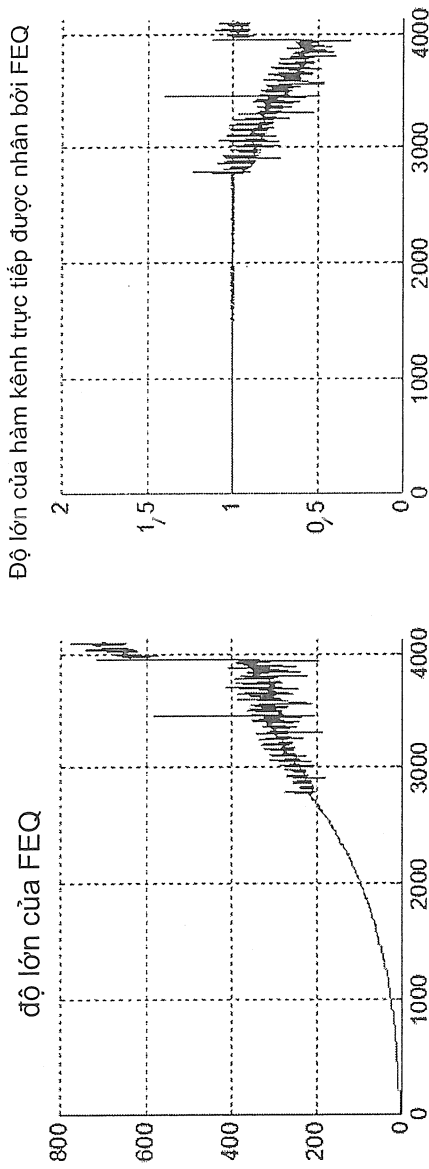
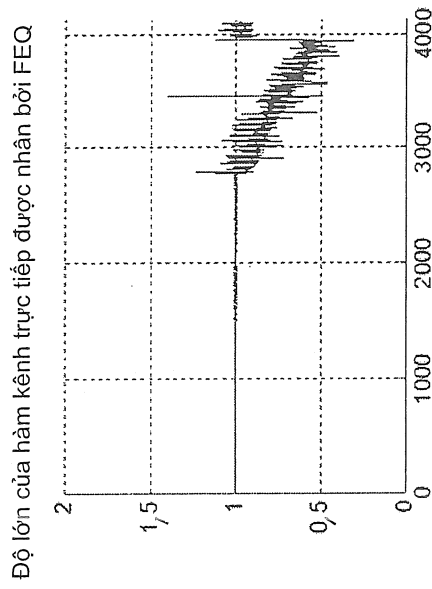


FIG. 6C



Góc của hàm kênh trực tiếp được nhân bởi FEQ

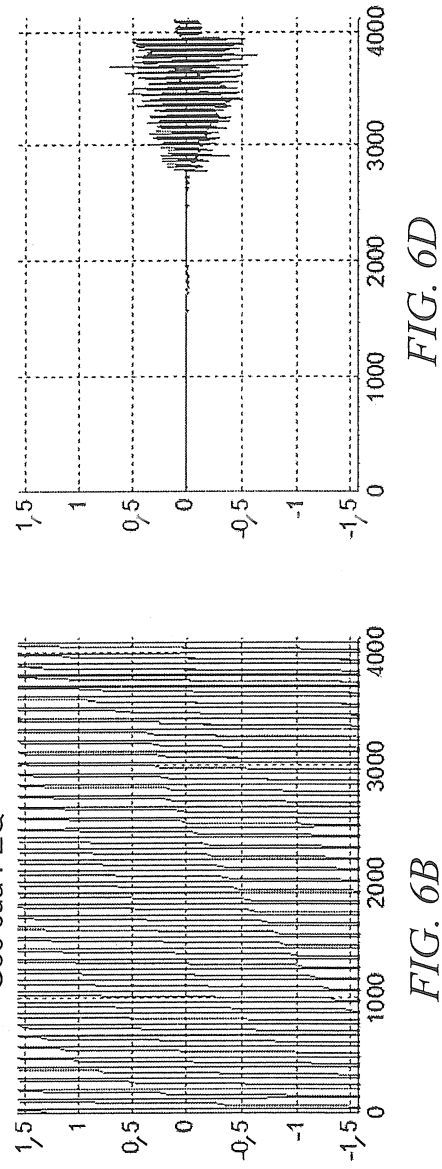
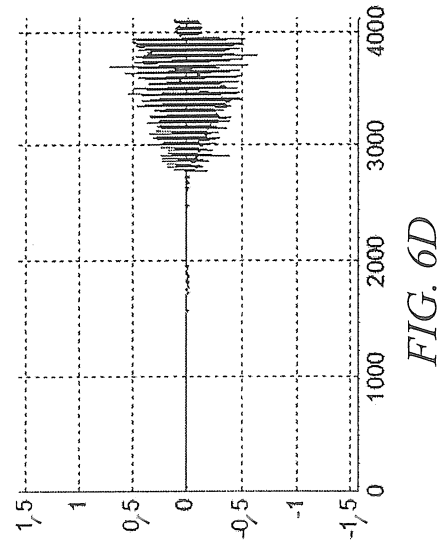


FIG. 6D



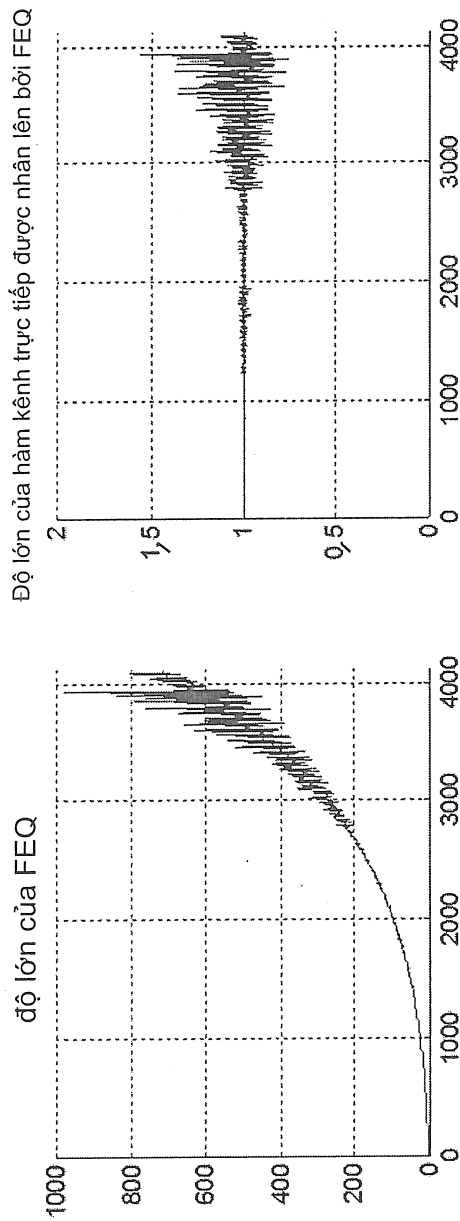


FIG. 7A

FIG. 7C

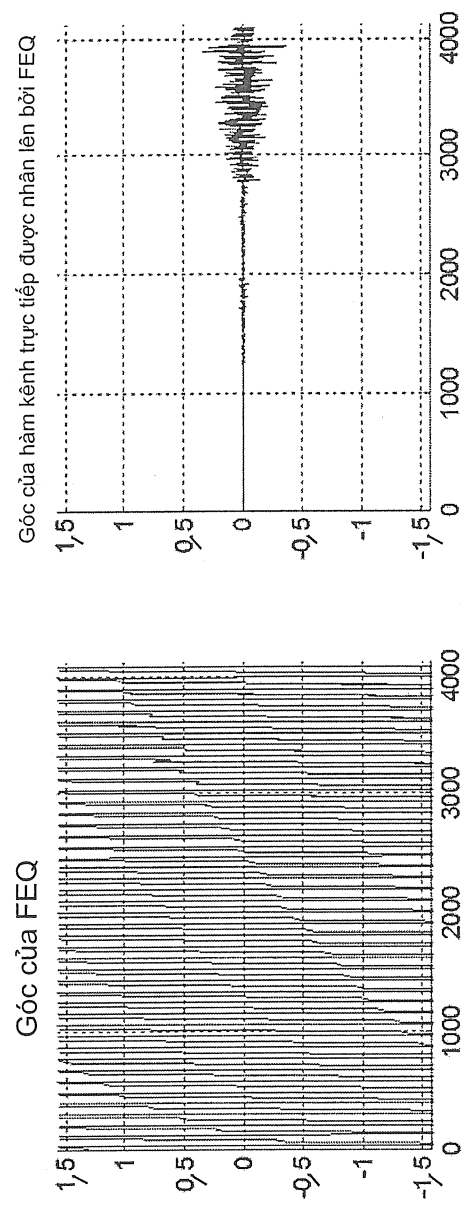
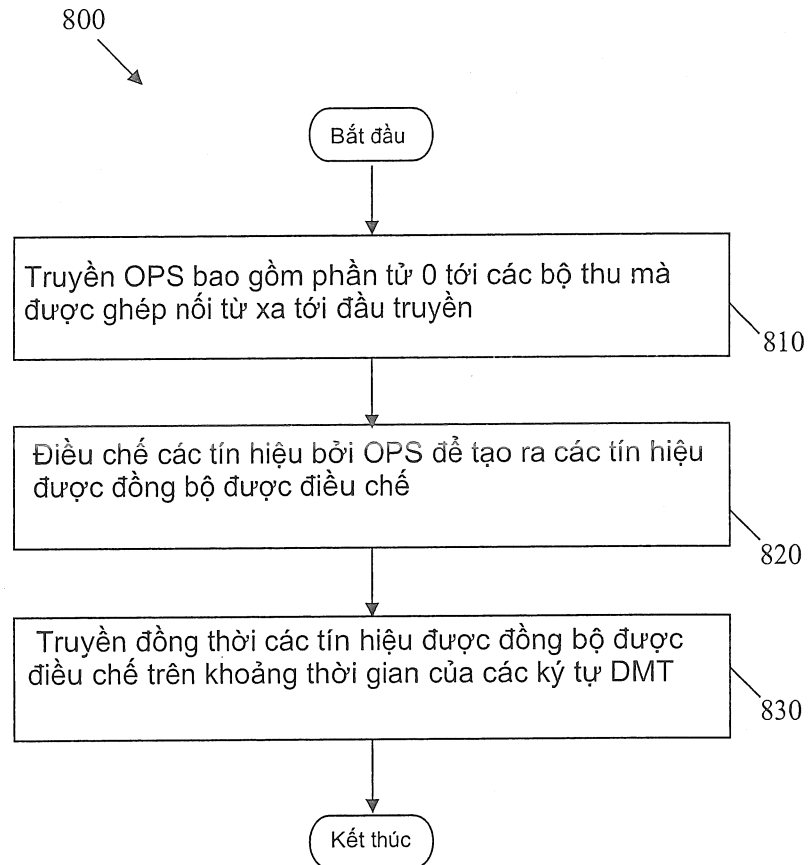


FIG. 7B

FIG. 7D

*FIG. 8*